# PUBLICATIONS SELECTIONNEES

Bernard Legras

Pendant toute ma carrière, j'ai été l'auteur principal ou coauteur de plus de 200 publications qui comprennent aussi mes deux thèses, mon diplôme de biologie humaine et sept rapports.

La liste complète est présentée dans un premier ouvrage intitulé « Titres et travaux » réalisé en auto-édition (système KDP).

Dans ce second document, figure un certain nombre de publications qui m'ont paru assez représentatives de mes travaux hospitalo-universitaires réalisés entre 1967 jusqu'à ma retraite en 2003.

Ces publications sont regroupées selon six catégories : Médecine nucléaire : scintigraphies ; Médecine nucléaire : gestion ; Radiothérapie ; Bactériologie ; PMSI ; Autres.

# TABLE DES MATIERES

**LISTE DE LA TOTALITE DES PUBLICATIONS**..... 7

**166 - Informatisation globale par microordinateurs du laboratoire de microbiologie du CHRU de Nancy.**..... 20

MEDECINE NUCLEAIRE : SCINTIGRAPHIES..... 25

Un traitement sur ordinateur des scintigrammes numériques avec contrôle statistique : la méthode des écarts ..... 26

Statistical verification of the quality of the smoothing of low scanning values..... 32

Intérêt de la simulation pour l'étude des méthodes de traitement sur ordinateur des scintigrammes ..... 39

Lissage par ordinateur de divers lissages des scintigraphies numériques ..... 53

Une nouvelle technique de correction de collimation des scintigraphies numériques..... 54

A new display technique for computer processed scans ..... 69

A new fast mathematical technique for resolution enhancement applied to simulated scans of the thyroid phantom ..... 73

Un nouvel algorithme de reconstruction en tomographie d'émission. Application à l'étude expérimentale de divers paramètres ..... 79

MEDECINE NUCLEAIRE : GESTION ..... 87

Gestion administrative et médicale par ordinateur d'un Service de Médecine Nucléaire ..... 88

Intérêt clinique de l'utilisation en temps différé de l'ordinateur en exploration fonctionnelle isotopique..... 97

Ensemble de programmes informatiques pour les explorations fonctionnelles métaboliques et hématologiques par les radio-isotopes..... 103

Gestion médicale et administrative par ordinateur du Service de Médecine Nucléaire ..... 108

Bilan descriptif et évaluation sommaire de quatre ans d'activité d'un Service de Médecine Nucléaire ..... 115

Recueil et exploitation informatique de données de morbidité hospitalière dans différents services du CHR de Nancy ..... 121

Evaluation de l'activité médicale du Service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy de 1975 à 1982 ..... 127

Gestion médicale et administrative sur micro-ordinateur d'un service de Médecine Nucléaire ..... 132

Gestion sur micro-ordinateur de tests thyroïdiens radio-immunologiques ..... 136

Mise au point d'une solution simple et économique de gestion, d'archivage et de traitement d'images en Médecine Nucléaire sur micro-ordinateur ..... 142

Gestion de dossiers médicaux avec consultations sous intranet ..... 149

RADIOTHERAPIE ..... 153

Intérêt médical de l'utilisation de l'ordinateur en radiothérapie ..... 154

Différentes méthodes d'optimisation par ordinateurs des traitements en télécobalthérapie ..... 159

Présentation d'une exploitation sur ordinateur de dossiers radiothérapiques ..... 165

Intérêt d'un programme de courbes iso-effet en radiothérapie externe ..... 175

Une méthode originale d'optimisation des traitements radiothérapiques externes adaptée à un petit système informatique ..... 180

Optimisation linéaire puis non linéaire de la distribution des doses en radiothérapie externe..... 186

Software for linear and non-linear optimization in external radiotherapy ..... 191

The use of microcomputer for non-linear optimisation of doses in external radiotherapy ..... 202

BACTERIOLOGIE ..... 210

Intérêt dans les hôpitaux d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes.. 211

Présentation d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes aux antibiotiques..... 220

Evaluation par ordinateur de la sensibilité des germes aux antibiotiques en milieu hospitalier. Bilan sur 19300 antibiogrammes ..... 225

Evolution de l'antibiothérapie dans un service de maladies infectieuses de 1967 à 1979..... 229

Intérêt de la tenue à jour d'un fichier informatique dans l'évaluation des prescriptions ..... 229

Un logiciel sur micro-ordinateur pour la microbiologie ..... 235

Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier..... 241

Utilisation d'un progiciel dans un service de microbiologie pour la gestion d'examens de laboratoire. Applications aux tests immunologiques des hépatites virales A, B, nA-nB..... 249

Le micro-ordinateur dans les laboratoires hospitaliers. Quelques réflexions à propos de sept réalisations au CHU de Nancy ..... 254

Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons ..... 260

Bactec G : un logiciel de gestion sur micro-ordinateur des hémocultures réalisées avec l'automate Bactec ..... 267

Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie ..... 273

Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie..... 279

Evaluation des infections nosocomiales à partir des examens de bactériologie. Etude rétrospective du système informatique ALERTE ..... 286

Bactério : Un logiciel sur microordinateur pour la bactériologie avec une validation des antibiogrammes et une aide à la détection des infections nosocomiales ..... 292

Informatisation globale par microordinateurs du laboratoire de microbiologie du CHRU de Nancy 298

Bactério-Expert : Un système intégré d'aide à la validation des antibiogrammes. Application rétrospective sur 4053 staphylocoques ..... 302

ALERTE : un système d'aide à la détection des infections acquises dans le CHRU de Nancy en 1989 à partir des examens de laboratoire ..... 306

Estimation à partir de la Bactériologie de l'évolution des infections nosocomiales entre 1989 et 1991 dans un hôpital universitaire ..... 310

Système de surveillance informatisée des infections nosocomiales à partir du laboratoire de bactériologie ..... 315

L'aide de l'informatique en bactériologie pour la détection des épidémies hospitalières et des germes multirésistants ..... 320

PMSI ..... 327

Le résumé médical de sortie. Un outil de communication pour les partenaires de santé ..... 328

PMSI et résumé standardisé de sortie ..... 338

Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy en 1986. Comparaison avec la base nationale ..... 345

Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy. Contrôles et validations des résultats obtenus sur le fichier 1986 ..... 353

Le PMSI au Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Nancy ..... 356

Le nouveau système d'informations PMSI du CHU. Quelques statistiques pour 1991 ..... 364

Une expérience originale de valorisation des données du PMSI ..... 372

AUTRES ..... 375

Premiers essais de traitement des rhumatismes par injection intra-articulaire de radium 224 ..... 377

Appréciation par la thermographie de l'état inflammatoire d'une articulation ..... 386

Effets d'une hypouricémie aigue sur la synthèse endogène des purines ..... 398

Les mesures du potassium et du sodium échangeables par la méthode radioisotopique ..... 405

Le test de dégranulation des basophiles humains. Leucoconcentration et calcul statistique appliqué au taux de dégranulation ..... 414

Le test de dégranulation des basophiles humains (TDBH). Intérêt d'une leucoconcentration et du calcul statistique appliqué au taux de dégranulation ..... 419

L'évaluation objective des techniques de diagnostic. Application à la captation thyroïdienne à la 20ème minute dans l'hyperthyroïdie traitée par les antithyroïdiens de synthèse ..... 426

Analyse par informatique de 130000 dossiers d'anesthésie ..... 431

Question à réponse ouverte et courte (CROQ) et informatique. Application sur micro-ordinateur. 435

Les résultats en PCEM1 à Nancy. Vue d'ensemble sur 10 ans ..... 439

Traitement des données de l'internat B'inter-région Nord-Est ..... 444

Un logiciel sur microordinateur de gestion d'analyses non médicales d'un service d'hygiène hospitalière..... 448

Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie pour le médecin généraliste. Une application du générateur du système SELF ..... 452

Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie sur microordinateur ..... 460

Un logiciel pour l'étude comparative des mesures ambulatoires de pression artérielle ..... 466

# LISTE DE LA TOTALITE DES PUBLICATIONS

## Publications sélectionnées en gras

Thèses, diplômes et rapports en italiques

1- La "méthode des écarts" en scintigraphie numérique. Mise en évidence de petites différences locales de la radioactivité d'un organe.
LEGRAS B.
*Thèse de Médecine, Nancy, 1967 (110 pages).*

2 - Un moyen de traitement sur ordinateur des scintigrammes.
LEGRAS B, POTDEVIN M, GEST J, MARTIN J.
XIème Table Ronde sur l'exploration fonctionnelle par les radioisotopes. Lausanne, 1969.

**3 - Premiers essais de traitement des rhumatismes par injection intra-articulaire de radium 224 (Thorium X).**
LOUYOT P, MONTET Y, LEGRAS B, DIEBOLD F, POUREL J.
Journal Belge de Rhumatologie et de Médecine Physique, 1969, 24, 6, 265-272.

**4 - Appréciation par la thermographie de l'état inflammatoire d'une articulation.**
BERTRAND A, MONTET Y, ROBERT J, LEGRAS B, POUREL J, LOUYOT P.
Journal Belge de Rhumatologie et de Médecine Physique, 1969, 24, 6, 265-272.

5 - La thérapeutique médicamenteuse de la spondylarthrite ankylosante.
LOUYOT P, MOUGIN G, LEGRAS B, MONTET Y, COMBESIAS J-F, POUREL J, SIMON J-M, DIEBOLD P.
Revue du Rhumatisme, 1970, 37, 4, 281-307.

6 - Utilisation du radium 224 (Thorium X) en injection intra-articulaire dans les rhumatismes inflammatoires.
LOUYOT P, LEGRAS B, MONTET Y, DIEBOLD P, POUREL J, BERTRAND A.
Annales médicales de Nancy, 1970, 9, 423-430.

**7 - Un traitement sur ordinateur des scintigrammes numériques avec contrôle statistique : la méthode des écarts.**
LEGRAS B, POTDEVIN M, GEST J, MARTIN J.
Computers in Radiology, Brussels, 1969, Ed. Karger, Basel 1970, 428-432.

8 - Contrôle par simulation des méthodes de lissage en scintigraphie numérique.
POTDEVIN M, LEGRAS B, MARTIN J.
Computers in Radiology, Brussels, 1969, Ed. Karger, Basel 1970, 433-438.

9 - Contrôles statistiques de techniques de lissage utilisées en scintigraphie. Etude par simulation et sur fantôme.
LEGRAS B, POTDEVIN M, MARTIN J.
*Rapport du Service d'Exploration Fonctionnelle par les radioisotopes, 1970 (100 pages)*

**10 - Statistical verification of the quality of the smoothing of low scanning values. A study by simulation and with a phantom.**
LEGRAS B, POTDEVIN M, MARTIN J.
Journal of Nuclear Medicine, 1972, 13, 7, 528-533.

**11 - Intérêt de la simulation pour l'étude des méthodes de traitement sur ordinateur des scintigrammes.**
LEGRAS B, POTDEVIN M, MARTIN J.
Revue d'Informatique Médicale, 1972, 3, 2, 119-122.

**12 - Effets d'une hypouricémie aigue sur la synthèse endogène des purines.**
LEGRAS B, ROYER R-J, THOMAS J-L.

Annales Médicales de Nancy, 1972, 11, 517-526.

13 - Appréciation par la thermographie de l'état inflammatoire d'une articulation au cours des synoviorthèses par le Radium 224.
LOUYOT P, MONTET Y, BERTRAND A, LEGRAS B, STINES D, POUREL J.
Revue du Rhumatisme, 1972, 39, 3, 175-181.

14 - Résultats de la synoviothérapie par le radium 224.
LOUYOT P, MONTET Y, BERTRAND A, LEGRAS B, STINES D, POUREL J.
Revue Rhumatologique, 1972, 2, 125-133.

15 - Détection par ordinateur de baisses locales de la fixation radioactive. Etude par simulation et premiers essais cliniques.
LEGRAS B, MARTIN J, PORTMANN M-C.
Colloque sur les applications des méthodes et techniques de l'Electronique, Grenoble 1971

16 - Premier état d'un ensemble de programme de traitement sur ordinateur des scintigraphies numériques.
PORTMANN M-C, LEGRAS B, LEGRAS J, MARTIN J.
Journal de Biologie et de Médecine Nucléaire, 1972, 7, 27, 22-30.

17 - Description d'un ensemble de programmes de traitement sur ordinateur des scintigraphies numériques..
PORTMANN M-C, LEGRAS B, MARTIN J.
*Rapport de l'UER de Mathématiques et du Service des Isotopes, 1972 (53 pages).*

**18 - Lissage par ordinateur de divers lissages des scintigraphies numériques.**
MARTIN J, LEGRAS B, PORTMANN M-C.
International Journal of Nuclear Medicine and Biology, 1973, 1, 45-49.

19 - Contrôle statistique de divers lissages des scintigraphies numériques. Résultats obtenus en pratique médicale.
LEGRAS B, MARTIN J, PORTMANN M-C.
Medical Radioisotopes Scintigraphy, 1973, I.A.E.A., 1, 678-680.

**20 - Gestion administrative et médicale par ordinateur d'un Service de Médecine Nucléaire.**
LEGRAS B, MARTIN J, VIARD D.
Journal de Biologie et de Médecine Nucléaire, 1974, 9, 35, 47-54.

**21 - Les mesures du potassium et du sodium échangeables par la méthode radioisotopique.**
GEORGES F, LEGRAS B.
Le Pharmacien Biologiste, 1974, 7, 91, 881-888.

22 - Le lissage par ruban : une nouvelle méthode de lissage polynomial des scintigraphies numériques.
LEGRAS B, LAMBERT J-P, PORTMANN M-C, MARTIN J.
Les Isotopes Radioactifs en Clinique et en Recherche : compte-rendu du Symposium International de Bad-Gastein. Ed. Urban et Schwargenberg, 1975, 445-454.

**23 - Une nouvelle technique de correction de collimation des scintigraphies numériques.**
LEGRAS J, CHAU N, LEGRAS B.
Etude par simulation. Annales de Physique Biologique et Médicale, 1974, 8, 221-236.

24 - Infrasons et vibrothérapie.
NAOUN A, LEGRAS B.
Feuillets d'Electrologie, 1974, 84, 3-12.

**25 - Intérêt clinique de l'utilisation en temps différé de l'ordinateur en exploration fonctionnelle isotopique.**
LEGRAS B, MARTIN J, GEORGES F.
Annales Médicales de Nancy, 1975, 14, 341-348.

**26 - Intérêt médical de l'utilisation de l'ordinateur en radiothérapie.**
LEGRAS B.
Annales Médicales de Nancy, 1975, 14, 359-362.

27 - Analyse de différentes représentations des scintigraphies traitées par ordinateur (cartographie numérique).
LEGRAS B.
*Diplôme d'Etude et de Recherche en Biologie Humaine, Nancy, 1975 (70 pages).*

28 - Introduction aux méthodes mathématiques et informatiques en médecine nucléaire.
MARTIN J, MONOT C, LEGRAS B.
*Livre de MEYNIEL G. et coll (Médecine Nucléaire - tome 1), 147-157. Ed. Flammarion, 1975.*

29 - Programmes d'explorations fonctionnelles et de gestion administrative et médicale utilisées dans les Services de Médecine Nucléaire de Nancy.
LEGRAS B, EDMOND P, SIRANTOINE B, MONOT C, GEORGES F, LAURENS M-H.
*Rapport 1975, (43 pages).*

30 - Présentation d'un ensemble de programmes d'exploitation de dossiers de radiothérapie. Application à la totalité des traitements de l'année 1975 du Centre Alexis Vautrin.
LEGRAS B, LAMBERT J-P, POTDEVIN M, CHAU N, SCHOUMACHER P, PERNOT M, BEY P.
*Rapport 1976, (50 pages).*

31 - Ensemble de programmes Fortran pour explorations fonctionnelles hématologiques et métaboliques par radio-isotopes.
LEGRAS B, CHAU N, MARTIN J.
*Rapport 1976, (48 pages).*

32 - Gestion médicale et administrative par méthodes informatiques d'un Service de Médecine Nucléaire.
LEGRAS B, MARTIN J, CHAU N, LAMBERT J-P, BARBAZANGES D.
*Rapport 1977, (130 pages).*

**33 - A new display technique for computer processed scans.**
LEGRAS B, MALLET J-L, CHAU N, LAMBERT J-P, LEGRAS J.
European Journal of Nuclear Medicine, 1977, 2, 129-131.

**34 - Ensemble de programmes informatiques pour les explorations fonctionnelles métaboliques et hématologiques par les radio-isotopes.**
LEGRAS B, CHAU N, MARTIN J.
Journal Français de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1977, 2, 147-151.

**35 - A new fast mathematical technique for resolution enhancement applied to simulated scans of the thyroid phantom.**
CHAU N, LEGRAS B, LEGRAS J, MARTIN J.
European Journal of Nuclear Medicine, 1977, 2, 147-151.

**36 - Gestion médicale et administrative par ordinateur du Service de Médecine Nucléaire.**
LEGRAS B, CHAU N, LAMBERT J-P, MARTIN J, BERTRAND A .
Journal Français de Biophysique et de Médecine Nucléaire, 1977, 5, 225-230.

**37 - Différentes méthodes d'optimisation par ordinateurs des traitements en télécobalthérapie.**
LEGRAS B, POTDEVIN M, LEGRAS J, CHAU N, SCHOUMACHER P.
Journal français de Biophysique et de Médecine Nucléaire, 1977, 5, 219-223.

**38 - Présentation d'une exploitation sur ordinateur de dossiers radiothérapiques.**
LEGRAS B, LAMBERT J-P, POTDEVIN M, SCHOUMACHER P.
Journal Belge de Radiologie, 1977, 60, 473-482.

**39 - Intérêt d'un programme de courbes iso-effet en radiothérapie externe.**
LEGRAS B, CHAU N, KARCHER G, MALLET J-L, MARTIN J, LEGRAS J.
Annales de Radiologie, 1978, 21, 65-68.

40 - Traitements mathématiques des images scintigraphiques statiques.
LEGRAS B, CHAU N, KARCHER G, MALLET J-L, MARTIN J, LEGRAS J.
Congrès Biosigma. Paris, (tome 2), 17-21, 1978.

41 - L'optimisation automatique des doses en radiothérapie externe. Adaptation à un petit système informatique ; adjonction de programmes pour la détermination de courbes iso-effet et le calcul des temps d'irradiation.
LEGRAS B.
*Thèse de Biologie Humaine, 1978 (127 pages).*

42 - Use of radium 224 in the treatment of ankylosing spondylitis and rheumatoid synovitis.
BERTRAND A, LEGRAS B, MARTIN J.
*Health Physics (volume 35) 57-60. Editions Pergamon Press, 1978.*

43 - Principaux examens réalisés en routine dans le Service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy-Brabois.
LEGRAS B.
*Rapport 1979 (40 pages).*

44 - Pharmacocinétique du phénobarbital chez le nouveau-né. Influence du sexe, de l'âge gestationnel et de la posologie.
BOUTROY M-J, ROYER-MORROT M-J, LEGRAS B, ROYER R-J, VERT P, MOREAU R-M.
IIème Colloque Int. Pharmacologie clinique périnatale. INSERM, Ed. Narbonne, 1979, 329-338.

45 - Phénobarbital et hyperbilirubinémie néonatale. Recherche de la relation dose-effet et de l'influence de l'âge gestationnel.
BOUTROY M-J, VERT P, LEGRAS B, ROYER R, BADONNEL Y.
IIème Colloque Int. Pharmacologie clinique périnatale. INSERM, Ed. Narbonne, 1979, 339-348.

**46 - Une méthode originale d'optimisation des traitements radiothérapiques externes adaptée à un petit système informatique.**
POTDEVIN M, LEGRAS B, LEGRAS J, SCHOUMACHER P, ALETTI P.
Annales de Radiologie, 1980, 23, 36-40.

47 - Conception and implementation of a program for treatments and statistical or logical interrogations of a file : LOGIST.
CHAU N, MARTIN J, COCCO A, LEGRAS B, POTDEVIN M.
International Journal of Bio-Medical Computing, 1980, 11, 129-143.

**48 - Bilan descriptif et évaluation sommaire de quatre ans d'activité d'un Service de Médecine Nucléaire**.
LEGRAS B, CHAU N, MARTIN J, LAMBERT J-P, GEORGES F, VAILLANT D, HOCQUARD C, BERTRAND A
Journal Français de Biophysique et de Médecine Nucléaire, 1980, 4, 187-191.

49 - Mesures de la fraction d'éjection, locales par gamma-cinéangiocardiographie avant et après trinitrine.
HOCQUARD C, BERTRAND A, AMOR M, KARCHER G, LEGRAS B.
Congrès de Médecine Nucléaire, Dakar, 1980.

**50 - Le test de dégranulation des basophiles humains. Leucoconcentration et calcul statistique appliqué au taux de dégranulation.**
GERARD H, LEGRAS B, MONERET-VAUTRIN D-A.
Annales Médicales de Nancy, 1980, 19, 383-387.

51 - Activité Médicale des Services hospitaliers et des consultations : archives et morbidité hospitalière. Une formule informatisée simple pour mieux résoudre ces problèmes.

LEGRAS B, BENAMGHAR L, CHAU N, MARTIN J.
Annales Médicales de Nancy, 1980, 29, 1211-1216.

52 - Une méthode de recherche rapide d'observations selon des critères sélectionnés. Applications à l'archivage des dossiers du Service de Maladies infectieuses et de Réanimation.
LEGRAS B, DUREUX J-B, CHAU N, BENAMGHAR L, LAMBERT J-P, MARTIN J, BLONDIN S, DERIVES D.
Annales Médicales de Nancy, 1980, 29, 1203-1209.

53 - Considérations sur 148 épiphysiodèses dans le traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs.
CUNY C, LEPELLEY M, JOLLY A, GUILLAUMOT M, LEGRAS B, PREVOT J, BEAU A.
Chirurgie Pédiatrique, 1980, 21, 245-248.

**54 - Le test de dégranulation des basophiles humains (TDBH). Intérêt d'une leucoconcentration et du calcul statistique appliqué au taux de dégranulation.**
GERARD H, LEGRAS B, MONERET-VAUTRIN D-A.
Pathologie et Biologie, 1981, 29, 137-142.

55 - Evaluation des activités d'un département d'anesthésie-réanimation. Bilan de 10 années.
CHOFFAT P, LEGRAS B, MARTIN J, PERREARD M, PICARD J-M, ROSE E.
3ème congrès européen d'Informatique,Toulouse 1981.

56 - Traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs par épiphysiodèses (à propos de 148 observations).
CUNY C, LEPELLEY M, JOLLY A, GUILLAUMOT M, LEGRAS B, PREVOT J, BEAU A.
Annales Médicales de Nancy, 1981, 20, 415-418.

**57 - Optimisation linéaire puis non linéaire de la distribution des doses en radiothérapie externe.**
LEGRAS J, POTDEVIN M, LEGRAS B.
Journal de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1981, 5, 169-172.

**58 - Un nouvel algorithme de reconstruction en tomographie d'émission. Application à l'étude expérimentale de divers paramètres.**
LEGRAS J, LEGRAS B, LAMBERT J-P, LEICHTMANN G, TRITSCH P, ROUSSEL R.
Journal de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1981, 5, 273-279.

59 - Indications et résultats du traitement de la spasmophilie par le propranol.
DUC M, DUC M-L, LEGRAS B, LEICHTMANN G, TRITSCH P, ROUSSEL R.
Acta Rhumatologica, 1981, 5, 151-157.

60 - Fréquence et évolution séméiologique des crises épileptiques apparues entre 40 et 65 ans.
VESPIGNANI H, LEGRAS B, WEBER M, MICHELETTI G, MICHELETTI M, REMY C, ROHMER F, DURTZ D
Revue d'E.E.G. et de Neurophysiologie, 1981, 11, 524-530.

61 - Une technique de chaînage chronologique de dossiers et exploitation du fichier obtenu. Application au contrôle du fonctionnement des stimulateurs cardiaques.
CHAU N, VALANTIN G, KUBLER L, MARTIN J, LEGRAS B, DODINOT B.
International Journal of Bio-Medical Computing, 1982, 13, 37-47.

**62 - Intérêt dans les hôpitaux d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes. Application au CHU de Nancy.**
LEGRAS B, WEBER M, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C.
Journal de Médecine et maladies infectieuses, 1982, 12, 102-109.

63 - Le généraliste peut-il espérer apprendre le basic ?
MARTIN J, LEGRAS B.
Médecins de Lorraine, 1982, 3, 2, 29-30.

**64 - Recueil et exploitation informatique de données de morbidité hospitalière dans différents services du CHR de Nancy.**
LEGRAS B, MARTIN J.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 277-282.

65 - Aspects radiologiques et échographiques de 98 cas de communications inter-auriculaires isolées.
HOEFFEL J-C, RAVAULT M-C, GENY M, LEGRAS B, WORMS A-M, PERNOT C.
Archives Françaises de Pédiatrie, 1982, 39, 209-213.

66 - Travail et pathologie variqueuse. Etude épidémiologique.
BOITEL L, COURTHIAT M-C, HALTER J, JABOT F, LEROUX C, CHAU N, LEGRAS B, MARTIN J.
Cahier de médecine inter-professionnelle, 1982, 85, 15-27.

67 - Les anomalies hématologiques au cours des traitements par thiamphénicol. A propos de 261 traitements.
ROCHE G, GERARD A, VINET E, LEGRAS B, PRESLES O, CANTON P, DUREUX J-B.
Thérapie, 1982, 37, 395-402.

**68 - Présentation d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes aux antibiotiques.**
LEGRAS B, WEBER M, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est. 1982, 21, 583-586.

**69 - Evaluation par ordinateur de la sensibilité des germes aux antibiotiques en milieu hospitalier. Bilan sur 19300 antibiogrammes.**
WEBER M, LEGRAS B, MORY F, LION C, MENUT M-C, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 589-591.

70 - Evaluation par ordinateur de la résistance aux antibiotiques du staphylocoque doré en milieu hospitalier.
WEBER M, LEGRAS B, MORY F, LION C, MENUT M-C, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 593-597.

**71 - Evolution de l'antibiothérapie dans un service de maladies infectieuses de 1967 à 1979. Intérêt de la tenue à jour d'un fichier informatique dans l'évaluation des prescriptions.**
ROCHE G, LEGRAS B, RONCALLI G, GERARD A, PRESLES O, CANTON P, DUREUX J-B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 599-604.

72 - Action de la cimétidine sur les cellules souches de la granulopoïése humaine. Etude in vitro sur 31 patients.
AYMARD J-P, HERBEUVAL M, HERBEUVAL R, WITZ F, LEDERLIN P, LEGRAS B.
Pathologie et Biologie, 1982, 30, 855-857.

73 - Un logiciel sur micro-ordinateur d'exploitation des antibiogrammes en bactériologie.
LEGRAS B, BENAMGHAR L, BURDIN J-C.
Proceeding of the ISMM, 1982, Paris, 12-14.

74 - Micro-ordinateur et surveillance du diabète insulino-dépendant.
KOHLER F, MUSSE J-P, KOLOPP M, DROUIN P, LEGRAS B, DEBRY G, MARTIN J.
Proceeding of the ISMM, 1982, Paris, 35-36.

75 - L'attitude du médecin généraliste vis-à-vis des problèmes de l'alcoolisme.
BARRUCAND D, D'HOUTAUD A, LEGRAS B, GOURLIAT A, GERARD M-F.
Revue de la Société Française d'Alcoologie, 1982, 3, 39-44.

76 - Enquête sur l'incidence de l'alcoolisme en hospitalisation ORL. A propos de 233 malades.
LEGRAS B, PERRIN C, PROKOPICKD, WIDMER S.
Revue de la Société Française d'Alcoologie, 1982, 3,114-117.

77 - Aspects actuels de la pathologie imputée à Yersinia enterocolitica et à Yersina pseudotubercolosis. Résultats d'une enquête nationale (1977-1981).
ROCHE G, MOLLARET H-H, KALT P, LEGRAS B, CANTON P, DUREUX J-B.
Médecine et maladies infectieuses, 1982, 12, 690-695.

**78 - Software for linear and non-linear optimization in external radiotherapy.**
LEGRAS J, LEGRAS B, LAMBERT J-P.
Computer Programs in Biomedicine, 1982, 15, 233-242.

79 - Aspects épidémiologiques et circonstances étiologiques des infections à Yersinia Enterolitica et à Yersinia Pseudotuberculosis en France (enquête nationale 1977-1981).
ROCHE G, MOLLARET H, KALT P, LEGRAS B, CANTON P, DUREUX J B.
Médecine et maladies infectieuses, 1983, 13, 31-36.

80 - Une méthode de tri de fichiers pour des mini et des micro-ordinateurs.
CHAU N, LEGRAS B, BENAMGHAR L, MARTIN J.
International Journal of Bio-Medical Computing, 1983, 14, 239-248.

81 - Intérêt d'un fichier informatisé dans un service de maladies infectieuses et de réanimation. A propos de 15000 dossiers d'hospitalisation recueillis depuis 1967.
LEGRAS B, DUREUX J-B, ROCHE G, GERARD A, PRESLES O, CANTON P, MARTIN J.
Médecine et maladies infectieuses, 1983, 13, 428-435.

82 - Etude des effets cliniques et hémodynamiques périphériques de la nicergoline dans les artériopathies sévères des membres inférieurs.
SCHMIDT C, LEGRAS B, SCHMITT J.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 523-527.

83 - Evaluation de l'opinion d'étudiants de DCEM 1 sur divers problèmes de santé publique.
LEGRAS B, D'HOUTAUD A, KOHLER F, MARTIN J, DESCHAMPS J-P.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 741-743.

**84 - L'évaluation objective des techniques de diagnostic. Application à la captation thyroïdienne à la 20ème minute dans l'hyperthyroïdie traitée par les antithyroïdiens de synthèse.**
LEGRAS B, LECLERE J, THOMAS J-L.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 721-725.

**85 -Analyse par informatique de 130000 dossiers d'anesthésie. Quelques problèmes d'évaluation.**
CHOFFAT P, LEGRAS B, MARTIN J, PERREARD M, PICARD J-P, ROSE E.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 727-729.

86 - Analyse par l'ordinateur de 4512 dossiers de demandes d'I.V.G au Centre Hospitalier Régional de Nancy (1977-1980).
HUMMER-SIGIEL M, LEGRAS B, GUERQUIN M-O, LANCELOT A, LAXENAIRE M-C.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 731-735.

**87 - Evaluation de l'activité médicale du Service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy de 1975 à 1982. Intérêt de la qualité d'une gestion médicale et administrative informatique pour l'évaluation des examens pratiqués et de leur facturation : un véritable "tableau de bord".**
LEGRAS B, MARTIN J, LAMBERT J-P, CHAU N, BERTRAND A.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 737-740.

88 - Contrôle de l'efficacité de l'hospitalisation et du suivi du malade alcoolique.
A propos de 430 patients avec un recul moyen de 37 mois.
BAILLE N, PAILLE F, GILLET C, LEGRAS B, PATRIS A, BARRUCAND D.
Annales Médicales Psychol, 1983,141, 6, 682-697.

89 - Traitement automatique de l'hypnogramme sur micro-ordinateur.
GENTON P, ATLAS A, LEGRAS B, THOMAS J-L, LECLERE J, HARTMANN F.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1984, 23, 37-40.

**90 - Un logiciel sur micro-ordinateur pour la microbiologie.**
LEGRAS B, KOHLER F, BURDIN J-C, WEBER M.
Revue Française des Laboratoires, 1984, 128, 49-53.

91 - Spasmophilie : traitement par le propranolol.
DUC M, DUC M-L, LEGRAS B, HERMANN J, TRITSCH P.
Gazette médicale, 1984, 91, 33-41.

92 - Radiologic and echographic patterns of 98 cases of atrial septal defect without other defects (isolated atrial septal defect).
HOEFFEL J-C, RAVAULT M-C, GENY M, LEGRAS B, WORMS A-M, PERNOT C.
Radiologie, 1984, 24, 293-298

93- Etude de l'incidence et des caractéristiques des accidents de l'enfant dans une ville de 20000 habitants.
SPYCHERELLE Y, DES FONTAINES-MERCKX V-H, GERVAISE F, ROYER P, LEGRAS B, DESCHAMPS J-P.
La revue de Pédiatrie, 1984, 20, 159-166.

94 -Levamisole in chronic lymphocytic leukaemia : a prospective study of 15 patients.
AYMAR J-P, LEGRAS B, JANOT C, THIBAUT G, BERTRAND F, LEDERLIN P, STREIFF F.
Acta Haematologica, 1984, 71, 316-321.

**95 - Question à réponse ouverte et courte (CROQ) et informatique. Application sur micro-ordinateur.**
KOHLER F, LEGRAS B, MARTIN J.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1984, 23, 422-424.

**96 - Les résultats en PCEM1 à Nancy. Vue d'ensemble sur 10 ans.**
LEGRAS B, MARTIN J, CHAU N.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1984, 23, 425-428.

97 - Computerisation of antibiotic sensitivity tests carried out by the disk method.
KOHLER F, LEGRAS B, WEBER M, BURDIN J-C.
Medical Informatics Europe 84. Proceedings Brussels, 1984, Springer Verlat, 96-103.

98 - Male impotence : microinformatics help in the data management of polysomnographic penile tumescence recordings.
ATLAS P, GENTON P, KOHLER F, THOMAS J-L, LECLERE J, LEGRAS B, HARTEMANN P.
Medical Informatics Europe 84, Proceedings Brussels, 1984, Springer Verlat, 226-271.

99 - Microinformatics help in the data management of multiple hormonal assessments during sleep.
ATLAS P, GENTON P, VIGNERON B, KOHLER F, LECLERE J, THOMAS J-L, LEGRAS B.
Medical Informatics Europe 84, Proceedings Brussels, 1984, Springer Verlat, 283-289.

100 - Etude épidémiologique sur les interrelations entre asthme et travaux réalisée à partir d'une enquête menée par 30 médecins généralistes de la Région Lorraine.
GRILLAT J-P, LEGRAS B, KOHLER CH, KOHLER F.
Médecins de Lorraine, 1984, 5, 17-28.

101 - Cytopenies sanguines associées à la prise de cimétidine
AYMAR B, AYMAR J-P, NETTER P, LEGRAS B, STREIFF F.
Therapie, 1984, 39, 545-553.

102 - Utilisation d'un micro-ordinateur en anatomie cytologie pathologiques.
KOHLER F, PATRIS A, CHAU N, VALANTIN G, LEGRAS B, MARTIN J.

Revue Française des Laboratoires, 1984, 133, 81-84.

**103 - Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier.**
LEGRAS B, BURDIN J-C, KOHLER F, BENAMGHAR L, LAMBERT J-P, WEBER M, MARTIN J.
Pathologie Biologie, 1984, 32, 923-929.

**104 - Gestion médicale et administrative sur micro-ordinateur d'un service de Médecine Nucléaire.**
LEGRAS B, KOHLER F.
Journal de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1984, 8, 235-267.

105 - La prescription de médicaments à travers l'étude des ordonnances traitées en une journée par une caisse primaire d'assurance-maladie.
MARTIN A-C, LEGRAS B, DERVIN M, DESCHAMPS J-P.
Revue Française de Santé Publique, 1984, 28, 19-27.

106 - Dossier informatisé pour l'étude de l'allergie alimentaire.
KOHLER F, MONERET VAUTRIN D-A, KOHLER CH, MARTIN J, LEGRAS B, GRILLAT J-P.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1984, 23, 539-543.

107 - Le coefficient de contingence de K. PEARSON.
PATRIS A, CHAU N, JAMBON B, LEGRAS B, KOHLER F, MARTIN J.
Revue de statistiques appliquées, 1984, 32, 2, 17-30.

108 - Analyses multidimensionnelles sur le coefficient de contingence de K. PEARSON modifié. Application à l'analyse du profil dépressif des salariés.
PATRIS A, CHAU N, KOHLER F, MARTIN J, DEMOGEOT F, BOITEL L, SAURIN S, LEGRAS B.
*North Holland, Publishing Company, 1985.*

109 - Conception d'un logiciel de traitement et d'interrogations statistiques de données : LOGIST.
CHAU N, PATRIS A, MARTIN J, BENAMGHAR L, LAMBERT JP, KOHLER F, LEGRAS B.
International Journal of Bio-Medical Computing, 1985, 34, 219-222.

110 - Effect of D-penicillamine on human granulopoiesis in vitro.
AYMAR J-P, HERBEUVAL M, NETTER P, LEGRAS B, STREIFF F, HERBEUVAL R.
Scandinavian Journal of Haematology, 1985, 34, 219-222.

111 - Polysomnography and associed physiological parameters management using a microcomputer in offline processing : application to male impotence.
ATLAS P, GENTON P, KOHLER F,THOMAS J-L, LECLERE J, LEGRAS B, HARTEMAN P.
Medical Informatics, 1985, 10, 77-80.

112 - La radiographie standard de face dans les sténoses valvulaires pulmonaires isolées.
HOEFFEL J-C, DALLY P, LEGRAS B, WORMS A-M, PERNOT C.
Annales de pédiatrie, 1985, 32, 435-439.

113 - Dispositif semi-automatique de lecture et d'interprétation des antibiogrammes réalisés par la méthode des disques.
KOHLER F, LEGRAS B, WEBER M, BURDIN J-C.
Innovation et technologie en biologie et médecine, 1985, 6, 3, 276-283.

114 - Etude critique des classifications des formes de gravité du tétanos.
GERARD A, GRECO F, LEGRAS B, CANTON P, DUREUX J-B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1985, 24, 135-144.

115 - L'hospitalisation des adolescents dans un centre hospitalier régional.
MARQUIS F, DESCHAMPS J-P, LEGRAS B, SENAULT R.

Archives Françaises de Pédiatrie, 1985, 42, 459-464.

**116 - Traitement des données de l'internat B'inter-région Nord-Est.**
KOHLER F, PATRIS A, CHAU N, LEGRAS B, MARTIN J, MARIEZ.
Revue d'Education Médicale, 1985, 8, 2, 44-46.

117 - Prevalence of antibodies to lymphadenopathy, AIDS Virus in French haemophiliacs.
AYMAR J-P, JANOT C, CHERMANN J-C, MONTAGNIER L, LEGRAS B, ALEXANDRE P, STREIFF F.
Vox Sang, 1985, 49, 161-163.

**118 - Utilisation d'un progiciel dans un service de microbiologie pour la gestion d'examens de laboratoire. Applications aux tests immunologiques des hépatites virales A, B, nA-nB.**
LEGRAS B, CATELLE A.
Revue Française des Laboratoires, 1985, 142, 108-111.

119 - Plasma exchange therapy in polymyositis and dermatomyositis : experience with nine patients.
AYMAR J-P, SCHOONEMAN F, GERARD A, LEGRAS B, OLIVE D, FLOQUET J, BEUREY J, STREIFF F.
Plasma Theray Transfusional Technology, 1985, 6, 493-497.

120 - Etat immunologique des hémophiles : études des populations T-lymphocytaires sanguines, des immunoglobulines sériques et de la prévalence des anticorps anti-LAV.
AYMAR J-P, JANOT C, BRIQUEL M-E, ANDRE E, SCHOONEMAN F, VIGNERON C, LEGRAS B, ALEXANDRE P.
Pathologie et Biologie, 1985, 33, 10, 951-956.

**121 - Le résumé médical de sortie. Un outil de communication pour les partenaires de santé.**
KOHLER F, LEGRAS B, PATRIS A, MARTIN J, MAYEUX D, MONCHOVET S.
Revue Française de Santé Publique, 1985, 32, 42-50.

122 - Intérêt de la micro-informatique dans un laboratoire de diagnostic des hépatites à virus Ha, Hb, nA-nB.
CATELLE A, LEGRAS B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1986, 26, 38-39.

123 - Roentgen aspects of isolated pulmonary valvular stenosis on chest plain films.
HOEFFEL J-C, DALLY P, LEGRAS B, WORMS A-M, PERNOT C.
Radiologe, 1986, 26, 284-252.

124 - Un an et demi de résumés standardisés de sortie du CHU de Nancy.
LEGRAS B, KOHLER F, PATRIS A, MARTIN J.
Comptes rendus des IIèmes Rencontres Internationales de recherche et de technologies médicales et pharmaceutiques (Euromédecine 86), Montpellier, 1986.

**125 - The use of microcomputer for non-linear optimisation of doses in external radiotherapy.**
LEGRAS J, LEGRAS B, LAMBERT J-P, ALETTI P.
Physic Medical Biology, 1986, 31, 12, 1353-1359.

126 - Concentration urinaire du cobalt et du chrome chez les patients porteurs d'une prothèse totale de hanche non cimentée.
BRAUN E, SCHMITT D, NABET F, LEGRAS B, COUDANE H, MOLE D.
International Orthopaedis, 1986, 10, 277-282.

**127 - Gestion sur micro-ordinateur de tests thyroïdiens radio-immunologiques.**
LEGRAS B, DAVID C, KOHLER F.
Trait-d'Union, 1986, 4, 28-32.

**128 - PMSI et résumé standardisé de sortie.**
KOHLER F, PATRIS A, LEGRAS B.

Revue de Réadaptation Fonctionnelle, 1986, 16, 54-60.

**129 - Le micro-ordinateur dans les laboratoires hospitaliers. Quelques réflexions à propos de sept réalisations au CHU de Nancy.**
LEGRAS B, KOHLER F.
Revue Française des Laboratoires, 1987, 157, 17-21

**130 - Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons (lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques, et exploitation commune sur micro-ordinateur des antibiogrammes (et de données cytobactériologiques).**
LEGRAS B, KOHLER F, BURDIN J-C, WEBER M.
Pathologie et Biologie, 1987, 35, 693-698.

131 - Technical development and radiological surveillance of the Schmitt minimadreporic uncemented total hip prothesis. A study of 275 arthroplasties with a follow-up of more than 6 years for the earliest cases.
SCHMITT D, BRAUN E, FERY A, COUDANE H, MOLE D, LEGRAS B.
The French Journal of Orthopaedic Surgery, 1987, 1, 145-155.

132 - Conception technique et surveillance radiologique de la prothèse totale de hanche non cimentée minimadréporic de D. Schmitt. Bilan de 275 arthroplasties avec un recul supérieur à 6 ans pour les cas les plus anciens.
SCHMITT D, BRAUN E, FERY A, COUDANE H, MOLE D, LEGRAS B.
Revue de Chirurgie Orthopédique, 1987, 73, 219-230.

133 - Bilan d'activité du Service d'Informatique Médicale (juin 1987).
LEGRAS B.
*Rapport, (20 pages).*

134 - Le PMSI au CHU de Nancy. Bilan après 16 mois de développement.
LEGRAS B, KOHLER F, PATRIS A, MARTIN J.
*Rapport, (30 pages).*

135 - Instrumentation informatisée en bactériologie. Application à la lecture des antibiogrammes réalisés avec la méthode des disques.
KOHLER F, LEGRAS B, BURDIN J-C, PATRIS A.
Comptes rendus de la Société de Biologie, 1987, 81,294-299.

136 - Cinq ans après une première crise épileptique apparue tardivement.
WEBER M, SCHAFF J-L, VESPIGNANI H, LEGRAS B.
Revue de Neurologie, 1987, 143, 5, 368-374.

137 - Enquête épidémiologique sur l'attitude de jeunes français vis-à-vis des drogues licites et illicites.
ROUSSEL C, PAILLE F, KUHN J-C, BARRUCAND D, D'HOUTAUD A, PATRIS A, LEGRAS B.
Revue Française de Psychiatrie, 1987, 8, 28-32.

**138 - Un logiciel sur microordinateur de gestion d'analyses non médicales d'un service d'hygiène hospitalière.**
LEGRAS B, HARTEMANN P.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1987, 10, 584-586.

139 - Evaluation clinique et biologique du rôle prophylactique des immunoglobulines spécifiques anti-cytomégalovirus dans les greffes médullaires. Etude randomisée de 60 patients.
BORDIGONI P, JANOT C, AYMAR J, WITZ F, BENE M, LEGRAS B, SCHOONEMANN, OLIVE D, STREIFF F.
Nouvelle Revue Française d'Hématologie, 1987, 29, 289-293.

140 - Préparation du sang enrichi en néocytes : utilisation du séparateur de cellules Fenwal CS 3000 en mode automatique.
SCHOONEMAN F, AYMARD J, GUILLEMIN C, LEGRAS B, STREIFF F.

Revue Française de Tranfusion et Immunohématologie, 1987, 4, 325-328.

**141- Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy en 1986. Comparaison avec la base nationale.**
LEGRAS B, NISAND G, MAYEUX D, PATRIS A, KOHLER F.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1987, 26, 443-449.

142 - Dépouillement d'activité des secteurs psychiatriques. A propos d'un système informatisé original sur micro-ordinateur utilisé au CHS. de Lorquin depuis janvier 1985.
BILIK M, LEGRAS B, PIDOLLE A.
Comptes rendus des journées AIM, Montpellier, 1988, 528-536.

143 - Lymphocyte Proliferative Responses in Haemophiliac Patients : Relations to Clinical and Immunological Findings.
AYMARD J-P, JANOT C, BRIQUEL M-E, SCHOONEMAN F, LEGRAS B, ALEXANDRE P, STREIFF F.
Acta Haematologia, 1988, 21, 25-31.

144 - Comparaison avec la base nationale des durées de séjour des 100 principaux groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy en 1986.
LEGRAS B, NISAND G, MAYEUX D, PATRIS A, KOHLER F.
Gestions hospitalières, 1988, 274, 167-170.

145 - Application d'un système simple d'aide à la décision médicale à différents sujets de médecine interne SELF.
KOHLER F, MONCHOVET S, PATRIS A, VERVIN D, KAGAN-MAYER L, ANTHOINE D, GUERCI O, LEGRAS B.
Revue de Médecine Interne, 1988, 9, 196-207.

146 - Logiciel PMSI +.
PATRIS A, VION E, MOUADDIB N, KOHLER F, LEGRAS B.
Andihscopie, 1988, 17, 16-22.

147 - Bilan PMSI de l'année 1986 au CHRU de Nancy. Analyse en groupes homogènes de malades et comparaison avec la base nationale.
LEGRAS B, NISAND G, TROMBERT B, KOHLER F, PATRIS A, MAYEUX D.
*Rapport du Service d'Informatique Médicale, 1988.*

**148 - Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie pour le médecin généraliste. Une application du générateur du système SELF.**
DETE H, MAY TH, LEGRAS B, KOHLER F, PATRIS A, DUREUX J-B.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1988, 10, 420-426.

**149 - Bactec G : un logiciel de gestion sur micro-ordinateur des hémocultures réalisées avec l'automate Bactec.**
LEGRAS B, LEGRAS J, BURDIN J-C, PATRIS A.
Revue française des laboratoires, 1988, 180, 97-101.

150 - Taux sérique de l'alanine aminotransférase et anticorps anti HBc chez les donneurs de sang : analyse d'un groupe de 5000 donneurs de la région lorraine.
JANOT C, AYMARD J-P, PETEGNIEF P, SCHOONEMAN F, LEGRAS B, MONANGE G, STREIFF F.
Revue Française de Transfusion Hémobiologique, 1989, 32, 69-72.

**151 - Intérêt d'une base informatisée d'antibiogrammes fonctionnant depuis 1982 pour une meilleure connaissance des infections hospitalières (exemple de l'évolution des acinétobacter).**
TROMBERT B, LEGRAS B, BURDIN J-C, BLECH M-F, M. WEBER.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1989, 28, 53-55.

152 - Bilan d'activité du Service d'Informatique Médicale.
LEGRAS B, KOHLER F.
*Rapport (22 pages), 1989.*

153 - Estimation de la morbidité des sujets hospitalisés au CHRU de Nancy. Analyse de 174000 diagnostics fournis pour le PMSI.
LEGRAS B, PATRIS A, NISAND G, MAYEUX D, KOHLER F.
Gestions Hospitalières, 1989, 285, 303-306.

154 - Analysis of blood CD4+ and CD8+ T-lymphocyte subsets with monoclonal antibodies.
JANOT C, AYMARD J-P, HUMBERT J-C, LEGRAS B, STREIFF F.
Annales Biologie clinique, 1989, 47, 243-246.

**155 - Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie.**
LEGRAS B, LEGRAS J, PATRIS A, FELDMAN L, BURDIN J-C.
Spectra Biologie, 1989, 89, 48-52.

156 - Amodiaquine-induced agranulocytosis : report of a case with in vitro studies of granulocyte-macrophage progenitor cells.
AYMARD J-P, ROUVEIX B, FERRY R, JANOT C, MAY T, LEGRAS B, STREIFF F.
Acta Haematologia, 1989, 82, 40-42.

157 - Toxicity of HPA-23 (ammonium-21-tungsto-9-antimoniate) for normal human myeloid progénitor cells (GM-CFU) in vitro.
AYMARD J-P, FERRY R, JANOT C, SCHOONEMAN F, LEGRAS B, MAY T, STREIFF F.
Biomedecine et Pharmacotherapy, 1989, 43, 451-454.

158 - Comparative study of sucralfate versus cimetidine in the treatment of acute gastroduodenal ulcer.
REY J-F, LEGRAS B, VERDIER A, VICARI F, GORGET C.
American Journal of Medecine, 1989, 86, 116-121.

**159 - Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie sur microordinateur.**
DETE H, MAY TH, LEGRAS B, KOHLER F, PATRIS A, DUREUX J-B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1989, 28, 353-357.

160 - Description de l'information médicale. Difficultés pour concilier les objectifs du PMSI et l'intérêt médical.
MAYEUX D, NISAND G, KOHLER F, LEGRAS B.
Annales Médicales de Nancy et de L'Est, 1989, 28, 419-422.

**161 - Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy. Contrôles et validations des résultats obtenus sur le fichier 1986.**
LEGRAS B, TROMBERT B, MAYEUX D, NISAND G, PATRIS A.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1989, 28, 423-424.

**162 - Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie.**
LEGRAS B, PATRIS A, LEGRAS J, BURDIN J-C, FELDMANN L, WEBER M, BLECH M-F, HARTEMANN P.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1989, 19, 728-733.

**163 - Le PMSI au Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Nancy.**
COLLOMBET A, KOHLER F, LEGRAS B, MAYEUX D, MONCHOVET S, NISAND G, PATRIS A.
Informations Hospitalières, 1990, 27, 53-59.

**164 - Evaluation des infections nosocomiales à partir des examens de bactériologie. Etude rétrospective du système informatique ALERTE.**
LEGRAS B, BURDIN J-C, FELDMANN L, LEGRAS J, PATRIS A, BLECH M-F.
Revue de Santé Publique, 1990, 6, 13-17.

**165 - BACTERIO : Un logiciel sur microordinateur pour la bactériologie avec une validation des antibiogrammes et une aide à la détection des infections nosocomiales.**
LEGRAS B, LEGRAS J, BURDIN J-C.

Revue française des Laboratoires, 1991, 217, 47-51.

**166 - Informatisation globale par microordinateurs du laboratoire de microbiologie du CHRU de Nancy.**
LEGRAS B, LAMBERT J-P, CATELLE A, BARTHEL D, DAILLOUX M, GEORGES J-C
Spectra Biologie, 1991, 91, 53-55.

**167 - BACTERIO-EXPERT : Un système intégré d'aide à la validation des antibiogrammes. Application rétrospective sur 4053 staphylocoques.**
LEGRAS B, WEBER M, LEGRAS J, BURDIN J-C, FELDMANN L.
Pathologie et Biologie, 1991, 39, 290-292.

**168 - ALERTE : un système d'aide à la détection des infections acquises dans le CHRU de Nancy en 1989 à partir des examens de laboratoire.**
LEGRAS B, BURDIN J-C, FELDMANN L, LEGRAS J, PATRIS A, TROMBERT B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 215-217.

169 - Essai d'évaluation des infections acquises dans le CHRU de Nancy en 1989 à partir d'un fichier central de bactériologie.
LEGRAS B, BURDIN J-C, FELDMANN J-L, PATRIS A, BLECH M-F.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 219-221.

170 - Evolution de la résistance bactérienne aux antibiotiques au CHRU de Nancy de 1982 à 1989.
WEBER M, LEGRAS B, MORY F, LION C, CONROY M-C, PATRIS A, BURDIN JC.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 223-225.

171 - Intérêt d'une base informatisée d'antibiogrammes. Application aux urocultures du service d'urologie du CHRU de Nancy.
JUNKE E, TROMBERT B, BLECH M-F, BURDIN J-C, HUBERT J, LEGRAS B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 227-231.

172 - Bilan et perspectives du PMSI après 5 ans d'utilisation au CHRU de Nancy.
LEGRAS B, MAYEUX D, PATRIS A, MONCHOVET S, KOHLER F, NISAND G.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 247-250.

173 - Stratégie de comparaison d'activité hospitalière basée sur les résumés de sortie standardisés.
NISAND G, MAYEUX D, MONCHOVET S, PATRIS A, KOHLER F, LEGRAS B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 255-258.

174 - Infections hospitalières et durées d'hospitalisation au CHRU de Nancy en 1989.
PATRIS A, LEGRAS B, FELDMANN L, BURDIN J-C, BLECH M-F.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 211-213.

175 - P.M.S.I. : Les bilans normalisés au CHRU de Nancy.
BAILLET A, LEGRAS B.
Gestions hospitalières, 1991, 308, 592-597.

176 - Le laboratoire de bactériologie comme base d'informations pour l'hôpital.
LEGRAS B, BURDIN J-C.
Informatique et Santé, 1991, 5, 32-34.

177 - Les tumeurs mixtes mullériennes de l'endomètre. Etude rétrospective, à visée pronostique, comparant leur évolution à celle des adénocarcinomes de l'endomètre.
PEIFFERT D, PERNOT M, GUILLEMIN F, LUPORSI E, PARACHE R, LEGRAS B, BEY P.
Journal d'obstétrique, 1991, 20, 933-940.

178 - Bactério : Un logiciel pour la bactériologie orienté également vers l'hygiène hospitalière.
LEGRAS B, FELDMANN L, LEGRAS J, BURDIN J-C.

Revue Française des Laboratoires, 1992, 232, 43-46.

179 - Etude comparative en double aveugle Feldène 20 mg versus placebo IM dans les radiculalgies résiduelles après intervention sur la colonne vertébrale lombaire.
GENDRAULT Ph, BARAT J-L, LEGRAS B, HEPNER H.
Abstract Rhumato, 1992, 88, 17-22

180 - Statistiques PMSI 1991.
LEGRAS B.
*Rapport, (100 pages).*

181 - Les GHM 901 avec description médicale cohérente.
BAILLET A, LEGRAS B, POLES P, MAYEUX D, LUCQUET C.
Gestions hospitalières, 1992, 319, 644-647.

182 - Un système informatique original de surveillance permanente des infections nosocomiales à partir de la bactériologie. Utilisation depuis 1989 au CHU de Nancy.
LEGRAS B, FELDMANN L, BURDIN J-C.
Spectra Biologie, 1992, 5, 59-62.

183 - Evaluation des infections nosocomiales à partir des données du laboratoire et des résumés d'hospitalisation.
LEGRAS B, FELDMANN L, BURDIN J-C, WEBER M, HARTEMANN P.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1993, 23, 307-315.

184 - SELF/ANTIBIO : un logiciel d'aide à l'antibiothérapie pour le généraliste. Conclusions après une évaluation sur 509 cas.
RABAUD Ch, MAY T, MONCHOVET S, TRASSARD M-M, LEGRAS B.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1993, 23, 277-282.

185 - Les tumeurs mixtes mullériennes de l'endomètre (TMM). Etude comparant leur évolution à celle des adénocarcinomes de l'endomètre.
PEIFFFERT D, PERNOT M, GUILLEMIN F, LUPORSI E, PARACHE R-M, LEGRAS B, BEY P.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1993, 32, 223-225.

**186 - Estimation à partir de la Bactériologie de l'évolution des infections nosocomiales entre 1989 et 1991 dans un hôpital universitaire.**
FELDMANN L, LEGRAS B, BURDIN J-C, WEBER M.
Pathologie Biologie, 1993, 41, 927-930.

187 - Bactério : Un logiciel pour les laboratoires de bactériologie et les CLIN.
LEGRAS B, LEGRAS J.
Hygiènes, 1993, 3, 44-45.

**188 - Le nouveau système d'informations PMSI du CHU. Quelques statistiques pour 1991.**
LEGRAS B, FELDMANN L, JEANNELLE D.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 5-11.

189 - Bactériologie et PMSI : estimation des conséquences des infections nosocomiales.
FELDMANN L, LEGRAS B, BURDIN J-C, WEBER M.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 41-45.

190 - L'indice de pondération en soins infirmiers (IPSI). Etude sur les données 1991 du PMSI.
JUTTET F, LEGRAS B, FELDMANN L.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 47-49.

191 - La déclaration des infections nosocomiales. Une nouvelle approche à partir de la bactériologie.

LEGRAS B, FELDMANN L, WEBER M, BURDIN J.C
Médecine et Maladies Infectieuses, 1994, 24, 798-800.

192 - Adverse drug reactions : Comparison of two report methods.
HANESSE B, LEGRAS B, ROYER R, GUILLEMIN F, BRIANCON S.
Pharmacoepidemiology and drug safety, 1994,3, 223-229.

193 - Place et spécificité du Service de Médecine Interne à orientation gériatrique dans l'hospitalisation des malades aigus médicaux de 70 ans et plus.
PENIN F, LEGRAS B, SCHWEITZER F, HANESSE B, JEANDEL C, LAURAIN MC, JOUANNY P.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 249-252.

194 - Les sujets âgés de 70 ans et plus hospitalisés au CHU de Nancy.
LEGRAS B, PENIN F, HANESSE B.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 252-258.

195 - Morbidité de la population active lorraine.
CHAU N, SCHLERET Y, VOILQUIN J.P, LEGRAS B, MARTIN J.
Arch Public Health, 1994, 52, 219-238.

196 - Comparaison de deux méthodes de notification des effets indésirables des médicaments au CHU de Nancy sur une période de 4,5 mois.
HANESSE B, FELDMANN L, TRECHOT P, LEGRAS B, NETTER P, ROYER R.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 357-359.

197 - Les systèmes d'alerte pour les épidémies hospitalières. Application aux bactéries multirésistantes.
LEGRAS B, LOZNIEWSKI A, WEBER M.
Option Hôpital, 1995, 1, 36-40.

198 - Les médecins généralistes comme observatoire de la santé post-professionnelle d'une région industrielle.
CHAU N, SCHLERET Y, VOILQUIN J.P, LEGRAS B, MARTIN J.
Cahiers de Sociologie et de Démographie Médicale, 1995, 1, 33-52.

199 - Estimation des conséquences des infections nosocomiales selon la sévérité des maladies.
LEGRAS B, WEBER M.
Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique, 1995, 43, 40.

**200 - Système de surveillance informatisée des infections nosocomiales à partir du laboratoire de bactériologie.**
LEGRAS B.
Gestions Hospitalières, 1995, 347, 472-476.

**201 - L'hospitalisation des enfants au CHU de Nancy.**
LEGRAS B, HANESSE B, MORALI A.
Gestions Hospitalières, 1995, 348, 526-530.

202 - Un logiciel de dossiers médicaux basé sur le PMSI. Premiers résultats.
LEGRAS B, LEGRAS J, HANESSE B, JEANNELLE D, MERLE M, GRANDVOINNET C, BOISSEL P, DOVEZE P.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1995, 34, 97-98.

203 - Déclaration de présomption d'infection nosocomiale à partir de la bactériologie.
DOVEZE P, LEGRAS B, LOWNIEWSKI A, WEBER M.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1995, 34, 99-102.

204 - La base informatisée des anesthésies des hôpitaux urbains du CHU de Nancy : 60 000 dossiers de 1992 à 1994.
DOVEZE P, POTTIE J-C, OLLINGER P, FELDMANN L, LEGRAS B, LAXENAIRE M-C.

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1995, 34, 103-106.

205 - Dix ans de PMSI au CHU de Nancy : 1985-1995.
LEGRAS B, KOHLER F.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1995, 34, 107-110.

**206 - L'aide de l'informatique en bactériologie pour la détection des épidémies hospitalières et des germes multirésistants.**
LEGRAS B.
Informatique et Santé, 1995, 3, 43-46.

207 - Les accidents scolaires des élèves de la 6ème à la terminale.
PREDINE R, BERTON E, PIERRE P, BENAMGHAR L, LEGRAS B, PREDINE E, GUILLAUME S, CHAU N.
Article de diffusion dans les lycées, 1996.

208 - Evaluation de la sur-mortalité liée aux infections nosocomiales. Une approche par groupe homogène de malades, à partir de la bactériologie et des résumés d'hospitalisation (1989-1993).
LEGRAS B, DOVEZE P, WEBER M.
Pathologie Biologie, 1996, 44, 269-274.

209 - L'hospitalisation des sujets de moins de 20 ans au CHU de Nancy.
HANESSE B, MORALI A, LEGRAS B, DOVEZE P.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1996, 35, 321-325.

210 - Saisie des actes au PMSI au niveau des plateaux techniques : un exemple en Médecine Nucléaire.
LEGRAS B, ESCANYE J-M, CHALLIER B, KARCHER G, BERTRAND A.
Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1996, 35, 327-328.

211 - Un logiciel adapté au PMSI pour la saisie des actes des plateaux techniques. Utilisation en Médecine Nucléaire
LEGRAS B, ESCANYE J-M.
Gestions Hospitalières, 1997, 362, 61-64.

212 - Un logiciel pour l'étude comparative des mesures ambulatoires de pression artérielle.
LEGRAS B, CHALLIER B.
Archives des maladies du cœur et des vaisseaux, 1997, 90, 28.

213 - Intérêt de la modélisation de la pression artérielle par analyse de Fourier pour la détermination de la cinétique nocturne.
LEGRAS B, ZANNAD F, CHALLIER B.
Archives des maladies du cœur et des vaisseaux, 1997, 90, 53.

214 - Absence de relation entre l'infection à l'hélicobacter pylori et rosacée.
EHLINGER-MARTIN A, KORVIN J-D, KUE E, LOZNIEWSKI A, LEGRAS B, WEBER M, CONROY M-C.
Annales de dermatologie, 1997, 124, 1, 580.

**215 - Un logiciel pour l'étude comparative des mesures ambulatoires de pression artérielle.**
LEGRAS B.
Archives des maladies du cœur et de vaisseaux, 1998, 91, 8, 975-978

216 - Une expérience originale de valorisation des données du PMSI.
LEGRAS B.
Gestions Hospitalières, 1999, 400-401

217 - Mise en place d'un programme de contrôle des infections post-opératoires en chirurgie digestive. Application à la chirurgie colorectale.
MERLE M, BOISSEL P, BLECH M-F, WEBER M, LEGRAS B.

Option Hôpital, 1999, 49-52.

218 - Etude à partir du PMSI des sujets âgés de 70 ans et plus hospitalisés en courts séjour au CHU de Nancy en 1996. Comparaison avec l'année 1991.
LEGRAS B, PENIN F.
Gestions Hospitalières 1999, 213-217

219 - Associations of family environment and individual factors with tabacco, alcool and ilicit druog uses in adolescent.
CHARLIER B, CHAU N, PREDINE R, LEGRAS B.
European Journal of Epidemiology, 2000, 16, 33-42

220 - Approches méthodologiques dans une enquête épidémiologique sur les handicaps en Lorraine.
Groupe de recherche Lorhandicap (dont LEGRAS B).
Handicap - Revue de sciences humaines et sociales, 2000, 88, 1-23

221 - Tabac, alcool, psychotropes : un souci pour les Lorraines ?
Groupe de recherche Lorhandicap (dont LEGRAS B).
Economie Lorraine, 2001, 206, 16-18

**222 - Mise au point d'une solution simple et économique de gestion, d'archivage et de traitement d'images en Médecine Nucléaire sur micro-ordinateur.**
ESCANYE J-M, LEGRAS B, ROUSSEL K.
Revue Française de Médecine Nucléaire, 2001, 25, 417-422

223 - Prevalence of impairments, disabilities, handicaps and quality of life in the general population : a review of recent literature.
BARBOTTE E, GUILLEMIN F, CHAU N, Lorhandicap Group (dont LEGRAS B).
Bulletin of the World Health Organization, 2001, 79, 11, 1047-1055

224 - Gestion de dossiers médicaux avec consultations sous intranet.
LEGRAS B, ROUSSEL K, ESCANYE J-M, LE GROM DE MARET S.
Gestions Hospitalières, 2002, 417, 187-189

225 - Les accidents scolaires dans des établissements d'enseignement : incidence, causes, et conséquences.
PREDINE R, CHAU N, LORENTZ N, PREDINE E, LEGRAS B, BENAMGHAR L, PIERSON A, GUILLAUMES S.
Revue d'Epidémiologie et Santé Publique, 2002, 50, 265-276

226 - Protéine S-100B et MIA sériques. Etude prospective de leur valeur comme marqueurs de progression du mélanome.
DORNIER C, DOUSSET B, LEGRAS B, BARBAUD A, SCHMUTZ J.
Annales de Dermatologie et Vénérologie, 2002, 129, 739-740

227 - Predicting GFR in children and adults : A comparison of the Cockroft-Gault, Schwartz and Modification of Diet in Renal Disease formulas.
PIERRAT A, GRAVIER E, SAUNDERS C, CAIRA MV, AIT-DJAFER, LEGRAS B, MALLIE J-P.
Kidney International, 2003, 64, 1425-1436

228 - Relationships of job and some individual characteristics to occupational injuries in employed people: a community-based study.
BHATTACHERJEE A, CHAU N, SIERRA C, LEGRAS B, BENAMGHAR L, MICHAELY JP, GHOSH AK.
J Occup Health, 2003, 45, 382-391

229 - Prévalence des déficiences et disparités sociales.
CHAU N, RAVAUD J-F, OTERRO-SIERRA C, LEGRAS B, MACHO-FERNANDEZ J
Revue d'Epidémiologie et Santé Publique, 2005, 53, 614-628

# MEDECINE NUCLEAIRE : SCINTIGRAPHIES

Un traitement sur ordinateur des scintigrammes numériques avec contrôle statistique : la méthode des écarts

LEGRAS B, POTDEVIN M, GEST J, MARTIN J

Computers in Radiology, Brussels, 1969, Ed. Karger, Basel 1970, 428-432

No 7

Computers in Radiology, Proc. Int. Meeting, Brussels 1969
pp. 428–432 (Karger, Basel/München/Paris/New York 1970)

# Un traitement sur ordinateur des scintigrammes numériques avec contrôle statistique: la «méthode des écarts»

B. Legras, M. Potdevin, J. Gest et J. Martin

Laboratoire de Biophysique, Institut Universitaire de Calcul Automatique
et Section d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine, Nancy,
et Centre René Huguenin, Saint-Cloud

L'analyse des petites zones hypo- ou hyperfixantes sur un scintigramme classique est en général très subjective et pourtant leur détection revêt souvent une grande importance clinique. Pour cette raison, il nous a semblé qu'un traitement mathématique, même complexe et coûteux, est justifié s'il permet de les mettre en évidence. Ceci est le but de la «méthode des écarts» [1, 2].

## *A. Matériel*

Nous avons couplé à un scintigraphe classique un ensemble de stockage à 4096 canaux (64 × 64). Après chaque scintigraphie, les valeurs brutes de comptage (obtenues sans ictomètre), sont transférées sur un ruban perforé compatible avec l'ordinateur du Centre René Huguenin (mémoire centrale de 8 K mots de 16 bits). Ce dispositif permet donc de comparer les scintigrammes classiques (frappe colorée ou film radiographique) et les scintigrammes traités.

## *B. Principes et méthodes*

Suivant la méthode des moindres carrés, nous lissons les valeurs obtenues par un polynôme à 2 variables x et y de degré fixé. Ce polynôme est écrit sous forme de combinaison de polynômes de Tchebycheff pour éviter les erreurs de chute. La surface de lissage doit, en théorie, définir en chaque point «l'activité moyenne normale», c'est-à-dire l'activité que l'on enregisterait en l'absence des fluctuations aléatoires de l'activité et des zones anormales d'hyper- ou d'hypofixation. Si le degré n'est pas trop élévé, la

surface sera suffisamment rigide pour ne pas être sensible à l'existence localisée de quelques valeurs anormalement basses ou élevées. Dans ce cas, les écarts entre valeurs mesurées et valeurs lissées ne seront pas explicables par les fluctuations aléatoires et témoigneront de la présence d'une variation de l'activité moyenne.

En pratique, on ignore si «l'activité moyenne normale» d'un volume radioactif est caractérisée dans sa totalité (ou sa majeure partie) par une surface de degré donné suffisamment faible (par exemple inférieur ou égal à 6). M. POTDEVIN envisagera, dans l'exposé suivant, les résultats obtenus par simulation mathématique à partir d'un modèle d'activité moyenne arbitrairement fixée. Mais dans l'étude expérimentale et plus encore dans celle des organes humains, il est nécessaire de vérifier que les valeurs lissées donnent une bonne représentation des valeurs de «l'activité moyenne normale». Nous avons alors été amenés à essayer le test statistique de Gnendenko [3]. C'est un test d'homogénéité plus puissant que le test du $X^2$ et surtout plus commode. Il permet de calculer la probabilité qu'ont les écarts entre les valeurs mesurées et les valeurs lissées de suivre une loi gaussienne.

### *C. Résultats de l'étude sur fantôme*

Nous avons utilisé un moule de foie creux en plastique refermant environ 700 µCi de Sr 85 en solution aqueuse. L'activité maximale obtenue dans un canal après la scintigraphie est égale à 225 coups. Le bruit de fond est négligeable (mesures en spectrométrie gamma). Deux petites rondelles de plomb de 1,8 cm², collées au-dessus, entraînent une baisse d'activité locale respectivement de 20 et 10%. Une troisième zone hypofixante (révélée par le traitement mathématique) peut être attribuée au dépôt de gélatine utilisée pour obstruer l'orifice d'introduction de la solution.

Les scintigrammes classiques (film radiologique: fig. 1, et couleur) montrent que seule est visible la masse hypofixante supérieure.

Le traitement mathématique a consisté d'abord en un lissage par un polynôme du 4° degré, des valeurs mesurées supérieures à 50 soit environ 22% de l'activité maximale. C'est après plusieurs essais que nous avons adopté cette valeur. La nécessité de cette correction provient de la variation brutale d'activité au niveau d'un bord de l'organe. Un polynôme du 4° degré ne peut pas la suivre correctement.

Nous appliquons la «méthode des écarts» de la façon suivante. On imprime le chiffre 1 lorsque l'écart (en valeur absolue) entre la valeur lissée

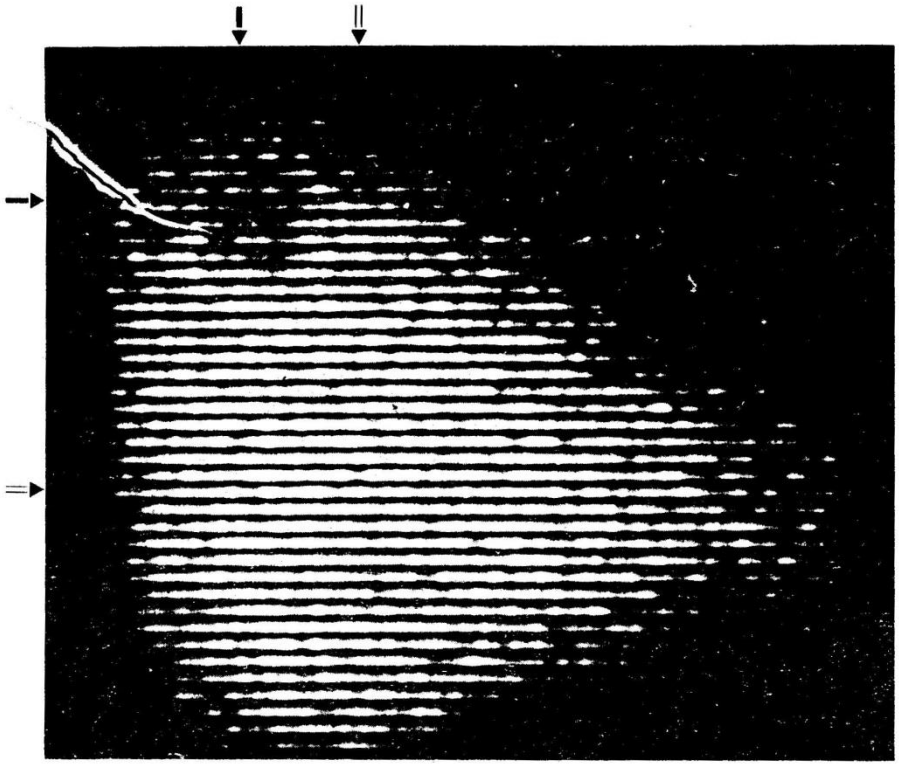


*Fig. 1.* Scintigramme sur film radiographique du fantôme de foie (balayage à 60 cm/m, collimateur nid d'abeille à 265 trous, cristal 5 × 5 pouces). L'emplacement des 2 rondelles de plomb est situé à l'intersection des flèches.

et la valeur mesurée est supérieur à 3,1 σ (σ: écart-type de la valeur lissée). Si les valeurs lissées sont gaussiennes et égales à celles de «l'activité moyenne normale», ce qui est l'hypothèse de base, la probabilité d'apparition d'un chiffre 1 en un point fixé en priori est voisine de 0,001. Mais étant donné le grand nombre de valeurs traitées, la probabilité d'apparition d'un chiffre 1 dans l'ensemble du domaine étudié est plus grande et l'on peut obtenir de façon normale 1 ou 2 chiffres 1. Le chiffre 2 est imprimé lorsque l'écart est compris entre 3,1 σ et 2,24 σ. Dans ce cas, l'association de 2 chiffres 2 voisins (sur une horizontale, une verticale ou une diagonale) a la même signification statistique que l'apparition du chiffre 1. On attachera donc surtout de la valeur aux associations groupant au minimum un chiffre 1 et un chiffre 2 (probabilité inférieure à 0,0002).

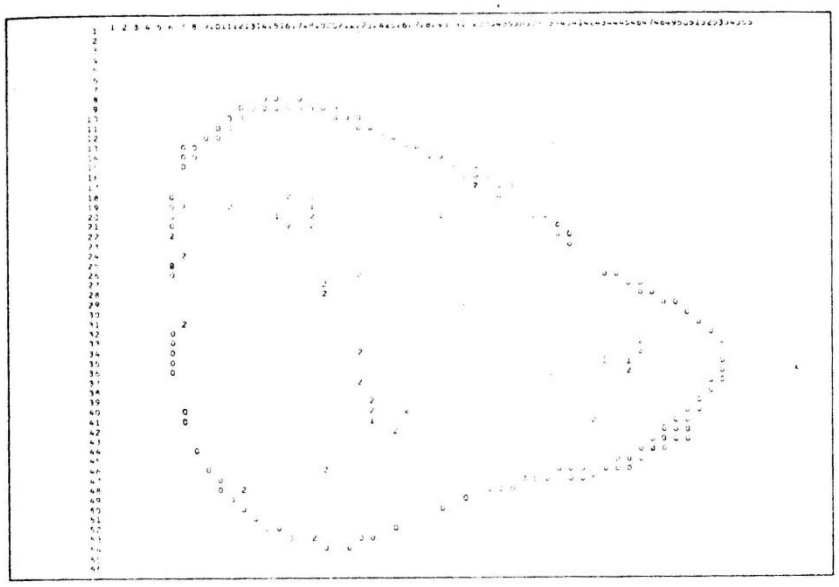


*Fig. 2.* Résultats de la «méthode des écarts» relatifs aux hypofixations. Les associations groupant au minimum un chiffre 1 et un chiffre 2 sont hautement significatives (voir texte). Sur les côtés du scintigramme traité figurent les numéros des lignes et des colonnes. Les valeurs lissées voisines de 60 (valeur maximale = 225) sont indiqueées par: 0.

La figure 2 montre les résultats relatifs aux hypofixations. On constate que des associations très hautement significatives existent au niveau de trois zones hypofixantes alors qu'il n'en apparaît aucune sur le tableau relatif aux hyperfixations. Par ailleurs le test de Gnedenko effectué ligne à ligne conduit en général à des probabilités élevées.

Le lissage effectué parait donc satisfaisant et en accord avec l'hypothèse de base. Il permet de confirmer en particulier l'existence de la zone hypofixante inférieure, invisible sur les scintigrammes classiques.

*Summary*

The treatment consists in smoothing the numerical values recorded during the scanning by means of a two-variable polynominal of low degree. The resulting smoothing area must be rigid enough to be unaffected by the presence of small irregular areas, while giving an accurate representation of the "average activity" – that should be obtained in the absence

of aleatory fluctuations – in the main part of the organ. Recourse to a statistical test should enable us to determine objectively whether the divergencies between measured and smoothed values have a purely haphazard origin. The existence of statistically significant divergencies will then denote a local variation of the "average activity" of the organ.

This method, which implies the assumption that the "average activity" of a healthy organ shows a certain regularity, has been tested on a phantom. The authors display here some early results which seem promising.

## *Bibliographie*

1. LEGRAS, B.: La «méthode des écarts» en scintigraphie numérique; thèse méd., Nancy (1967).
2. LEGRAS, B.; POTDEVIN, M.; GEST, J. et MARTIN, J.: Un moyen de traitement sur ordinateur des scintigrammes: la «méthode des écarts». Table ronde sur les Isotopes, Lausanne 1969.
3. GIANNESINI, F.: Présentation et mise au point d'un test non paramétrique; thèse 3e cycle, Nancy (1962).

Adresses des auteurs: Dr B. LEGRAS, Laboratoire de Biophysique, Faculté de Médecine, 30, rue Lionnois, *54 Nancy;* M. POTDEVIN, Institut Universitaire de Calcul Automatique, *54 Nancy;* Dr J. GEST, Centre René Huguenin, *92 Saint-Cloud,* et Dr J. MARTIN, Section d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine, *54 Nancy* (France)

Statistical verification of the quality of the smoothing of low scanning values
A study by simulation and with a phantom

LEGRAS B, POTDEVIN M, MARTIN J

Journal of Nuclear Medicine, 1972, 13, 7, 528-533

No 10

# STATISTICAL VERIFICATION OF THE QUALITY OF THE SMOOTHING OF LOW SCANNING VALUES: A STUDY BY SIMULATION AND WITH A PHANTOM

Bernard Legras, Michel Potdevin, and Jean Martin

*Service d'Informatique Médicale and Institut Universitaire de Calcul Automatique, Nancy, France*

In order to improve the interpretation of scintiscans several authors have considered the collection and numerical analysis of the counting-rate data (*1–7*). When the count density is low, the random fluctuations are large. In such cases, it is necessary to consider data-smoothing procedures. The ideal result of such treatments would lead to count distributions without random fluctuation, i.e., those which would be attained at very high counting rates.

It is our purpose to consider different smoothing procedures and to determine a criterion for assessing the quality of smoothing through a statistical test. This test is initially applied to a model obtained through mathematical simulation and then to counts obtained from a radioactive model.

## METHODS

It seems logical that a necessary condition for smoothing is that the distribution of measured values about the smoothed values must follow the Poisson probability law. We have considered the statistical test of Fisher. This test permits the study of the global probability of the applicability of a given law for a group of points i, provided the individual probabilities Pi are known and are mutually independent. The global probability for a collection of r points can be calculated by forming the expression: $T = -2 \sum_{i=1}^{r} \ln Pi$. T is a random variable following a $\chi^2$ law with 2r degrees of freedom. One determines the probability that T follows this law, or, in a more convenient fashion when r is sufficiently large (e.g., >15) the probability that $\epsilon = \sqrt{2T} - \sqrt{4r - 1}$ follows a central reduced normal law.

The statistical test was first applied to mathematically simulated count distributions. Smooth distribution values g(xi,yj) for the radioactive model were initially defined. Thus we start with a definition of "real" distribution values (which are unknown in practice). Poisson law is then applied to these real values in order to randomize the count distribution. These simulated distributions r(xi,yj) are finally smoothed. The resulting f(xi,yj) is then compared with the initial g(xi,yj) to study the result of different smoothing procedures and the sensitivity of statistical tests (*8,9*).

We consider two smoothing methods. The first is spatial averaging in which the value at a point is replaced by the average of that value and its four or eight neighbors. This process can be iterated one or more times. The second method is smoothing by least squares. This can be carried out with polynomials of one variable (line by line) or with polynomials of two variables (on all or a large number of the values). These polynomials are written in the form of combinations of Tchebycheff polynomials. We shall not consider here the results of smoothing with polynomials of one variable.

In addition to the routine handling of the data stored in locations, the computer supplies the following information:

1. The matrix of smoothed values and the coefficients of the Tchebycheff polynomials.
2. The locus of the points where the smoothed values are equal (isocount lines). In the absence of a curve tracer, we characterize them by numbers corresponding to their level (e.g., 8, if, at the point under consideration, the smoothed value lies between 78 and 82% of the maximum smoothed value). The peripheral isocount line corresponding, for example, to about 30% of the maximum value (Figs. 2 and 6) gives an indication of the limits and the form of the radioactive volume but not a precise characteristic of its anatomical shape (*10*).

Received Nov. 2, 1970; revision accepted Feb. 23, 1972.

For reprints contact: Dr. B. Legras, Faculté de Médecine, Laboratoire de Biophysique Médicale, Section des Isotopes, 30, Rue Lionnois, 54, Nancy, France.

3. The results of the statistical test applied to each line containing more than 15 numbers. These results (probabilities expressed in percentage) appear on the right side of the printed outputs. The statistical test is also carried for the sum of the lines.
4. Two other outputs which are specific to a "method of differences". The first output is concerned with the measured values lower than the smoothed values. The second one is concerned with the other values. In both cases, the figure 1 is printed when the absolute value of the difference between the measured value and the smoothed value is greater than $3.1\sigma$, where $\sigma$ is the standard deviation of the smoothed value. The probability of obtaining a Gaussian random value differing from the real value by more than 3.1 times its standard deviation is less than 0.001. Thus if the smoothed value is equal to the real value, it is also equal to the probability that the figure 1 will appear at an output point. Under these conditions, the figure 1 can appear zero to four times for a group of 2,000 values (at a 95% confidence level). The figure 2 is printed when the difference lies between $3.1\sigma$ and $2.24\sigma$. Under the same conditions as before, the occurrence of two neighboring figures 2 (on a horizontal, a vertical, or a diagonal) has the same statistical significance as the isolated occurrence of a figure 1. A single occurrence on the figure 1 and 2 as neighbors anywhere in a group of 2,000 numbers is, however, highly significant ($p < 0.01$).
5. The outline of specified zones, e.g., anatomical. At the end of the scan, a high known number of counts are electronically added to the channels corresponding to the locations chosen by the detector. The resulting abnormal values can be located, localized, and by subtraction of the added counts, true detected activity can be determined.

Let us now consider the principle of the "method of differences" (*11,12*). When the real surface g(xi,yj) is completely regular and countains a weak anomaly (low or high counting-rate region) extending over a small number of points, the simulation shows that it is practically impossible to recover the real surface on this region through smoothing of random data. It is possible, however, by smoothing with a low degree polynomial, to obtain values close to those which would exist in the absence of the anomaly (the average "normal" values). One can then sometimes observe that there exist differences between these smoothed values and the random data not explained solely by random fluctuations (combinations of at least a figure 1 and a figure 2 neighboring each other —$p < 0.01$). The occurrence of these "abnormal" differences shows up the existence of a local variation from the smoothed distribution at this spot. We shall see the advantage of this method in the case of the scanning of a model of a liver having small zones of low count density.



**FIG. 1.** Model of liver with its two lead pellets.

## EQUIPMENT

A scanner (Magnascanner V, Picker) equipped with a 3 × 5-in. NaI(Tl) crystal was coupled to a data-storage system (Intertechnique) equipped with punch tape readout from the 4,096 (64 × 64) memory locations. The tape is compatible with the computer (IBM 1130 with 16K-bit memory) of the Centre René Huguenin and the computer (a CII 10070 with 160K-bit memory) of the Institut Universitaire de Calcul Automatique in Nancy, France. The programs are written in Fortran IV.

The model (phantom) consisted of a hollow mold of a liver enclosing an aqueous radioactive solution containing 700 $\mu$Ci of $^{85}$Sr. To obtain small low count-density zones, we have placed two 1.8-cm$^2$ pellets of lead on the surface of the phantom (Fig. 1). They reduced the counting rates by 20 and 10%, respectively.

## RESULTS OF THE STUDY BY SIMULATION

In order to simulate actual phantom measurements, we have started with a fourth-degree count-density distribution which corresponds to a fourth-degree smoothing polynomial of actual measurements of the liver model. The values of 36 adjacent points (6 × 6 matrix) within this distribution were arbitrarily diminished in order to simulate the effect of attenuation by lead pellets. The values of the four central points were diminished by 25%. The 12

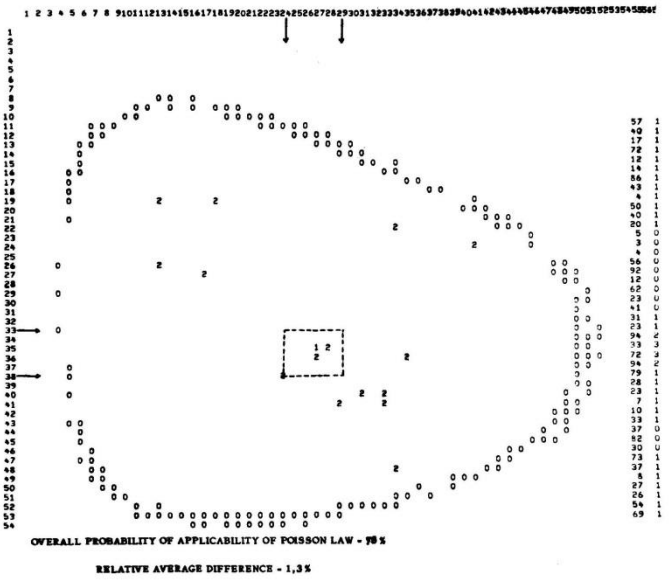



**FIG. 2.** "Method of differences" applied to counting-rate distribution which contains low count-density region. Fourth-degree polynomial is used to smooth simulated scan. Upper and left indicate columns and lines of locations. P corresponds to results of statistical test (probability expressed in percentage). E is relative average difference (expressed as percentage). Overall probability of test and relative difference average are printed below. Smoothed values lying between 25 and 32% of maximum smoothed value are indicated by 0. Area of 36 points where average values have been arbitrarily diminished has been surrounded by dashes. Significance of 1 and 2 are given in text. Association of a 1 and 2 is highly statistically significant.

points surrounding these were reduced by 12%, and the remaining 20 peripheral values were reduced by 4%. These 36 points represent less than 2% of the total number of points considered .The collection of the values defines the g(xi,xj) from which the r(xi,yj) are determined (with the Poisson law). The 36 old values (prior to decreasing the count in the 6 × 6 regions) define the "normal" values.

This simulation allows us to find the differences between the real g(xi,yj) and the smoothed f(xi,yj) values; i.e., to objectively characterize the quality of the smoothing. The computer determined the average of the relative differences (the absolute difference divided by the real value) for each line with more than 15 values and for the entirety of these lines. The statistical test is similarly carried out for each and for the sum of these lines. Table 1 gives the probability of the applicability of the Poisson law and the relative overall average under different conditions.

We observe that, in the case of multiple iterations with the spatial average of eight values, the probability increases when the average difference value decreases and there is a marked correspondence between the optima. The best smoothing for this study is obtained with six iterations. The "flattening" of the smoothed surface is then relatively slow, and it is necessary to wait till the 12th iteration before obtaining a mediocre average difference and a probability around 5%.

In the case of two-dimensional smoothing by least squares, we obtain small differences and high probabilities from a fourth-degree polynomial. The smoothing by a fourth-degree polynomial of values originating from a fourth-degree polynomial is not perfect (average difference = 1.31%). The smoothed surface is slightly below the real surface. The results might be improved by a weighted smoothing. Thus there seems to be excellent correlation between the quality of the smoothing and the probabilities obtained. In practice, when one does not know the true values, the statistical test should be a valuable tool

**TABLE 1. SMOOTHING METHODS**

| Spatial average (with 8 values) | % relative avg difference (between smoothed values and real values) | % probability of applicability of Poisson law |
|---|---|---|
| 0 iteration | 3.92 | 2.2 |
| 1 iteration | 2.84 | 0.1 |
| 2 iterations | 2.44 | 9.4 |
| 3 iterations | 2.24 | 21.5 |
| 4 iterations | 2.16 | 51.6 |
| 5 iterations | 2.16 | 81.8 |
| 6 iterations | 2.21 | 89.7 |
| 7 iterations | 2.32 | 68.9 |
| 8 iterations | 2.46 | 48.4 |
| 9 iterations | 2.62 | 34.2 |
| 12 iterations | 3.18 | 6.3 |
| 13 iterations | 3.39 | 2.2 |
| "Overall" smoothing by least squares | | |
| Polynomial in x and y of: | | |
| second degree | 14.51 | 0.0 |
| third degree | 11.44 | 0.0 |
| fourth degree | 1.31 | 77.5 |
| fifth degree | 1.19 | 72.5 |
| sixth degree | 1.24 | 76.7 |

for the overall or partial judging of the value of smoothing.

This study by simulation also allows us to study the manifestations of low count-density zone. Smoothing with a polynominal of fourth, fifth, or sixth degree* yields smoothed values which are very close to the "normal" values, a required condition for the application of our "method of differences". Figure 2 shows the results for the fourth-degree polynomial. A highly significant association of 1 and 2 appears at the location of the low count-density zone (surrounded by dashed lines), proving the existence of a lowering of the average values by smoothing.

A single application with eight (or four) values leads to values which are lower than the "normal" values; consequently the "method of differences" is useless. With successive iterations, the smoothed values approach the real average values. The isocount lines then become useful. At the sixth iteration, corresponding to the best smoothing (the maximum probability of the applicability of the Poisson law), the curves strongly suggest lower local values in the original low count-density zone (Fig. 3).

## RESULTS OF THE STUDY ON PHANTOM

Figure 4 shows the photoscan obtained with the "Magnascanner V" fitted with a "honeycomb" collimator (FWHM = 0.25 in.). The upper attenuated zone is visible (20% counting rate reduction). The lower zone (count density measured 10% lower) is not visible on the photoscan or color scan.

* The smoothing of a sixth-degree, two-variable polynomial lasts 3 min on the CII 10070 Computer.

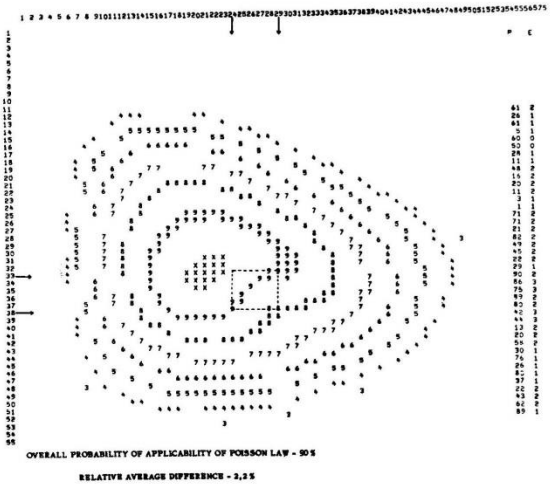



**FIG. 3.** Isocount lines after spatial average of simulated values with its eight neighbors (iterated six times). Symbols and numbers are explained in Fig. 2.

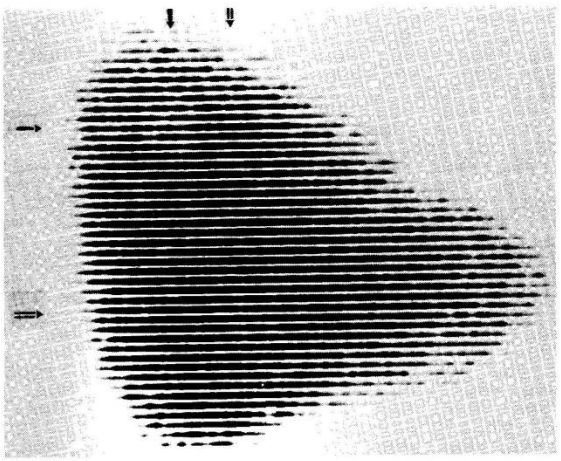


**FIG. 4.** Photoscan of liver model. Two lead pellets are situated at intersection of arrows.

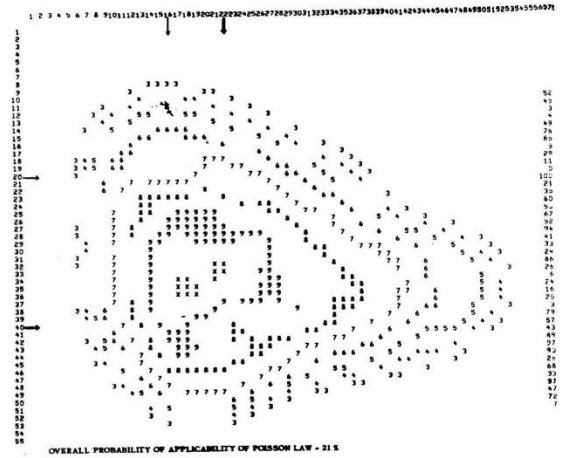



**FIG. 5.** Isocount lines after spatial average of measured values from scan of liver model, with its eight neighboring values (iterated once). Arrows indicate position of pellets. Symbols and numbers are explained in Fig. 2.

The maximum activity obtained in a location is equal to 225 counts. The printing of the matrices of recorded values does not show up the lower count-density zone.

The optimum spatial average corresponds, in this case, to the spatial average of eight values, iterated once (the probability of the applicability of the Poisson law equals 21% instead of 1.2% for the spatial average without iteration). The curve of the isocount lines of equal smoothing shows up the upper zone in the region of the lead pellet (Fig. 5). The spatial average with two iterations shows no more than one zone, but the probability is close to 0%.

We have subsequently applied the "method of differences" after overall smoothing by a fifth-degree polynomial of two variables. All measured values greater than about 17% of the maximum value were

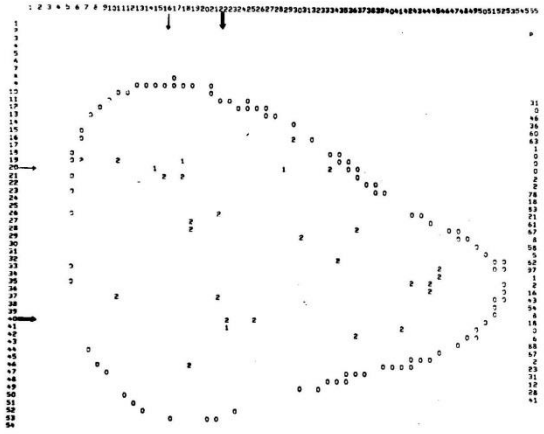


**FIG. 6.** "Method of differences" applied to values from scan of liver model after smoothing by fifth-degree polynomial in x and y. Output is concerned with measured values lower than smoothed values. Arrows indicate position of pellets. Symbols and numbers are explained in Fig. 2.

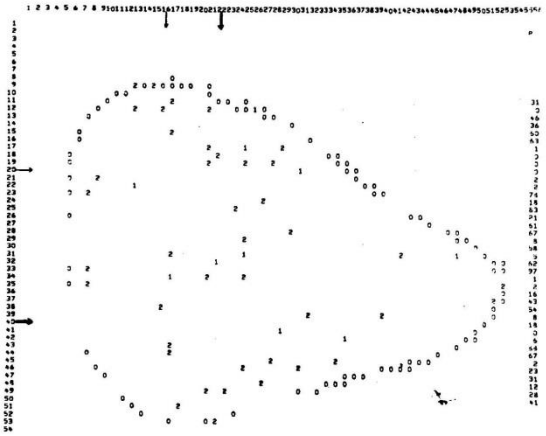


**FIG. 7.** "Method of differences" applied to values from scan of liver model after smoothing by fifth-degree polynomial in x and y. Output is concerned with measured values greater than smoothed values. Arrows indicate position of pellets. Symbols and numbers are explained in Fig. 2.

smoothed. A sharp variation in activity exists at the level of an edge of the organ, which cannot be correctly followed by a low-degree polynomial. A fourth or sixth-degree polynomial gives similar results.

In each case, highly significant associations corresponding to two pellets are seen. In addition, a third grouping rather markedly appears (Fig. 6). It reveals a small weak zone which could be attributed to the deposition of gelatine to block the orifice through which the radioactive solution is introduced.

The output concerned with the measured values greater than the smoothed values shows more figures 1 and 2, but no significant grouping (Fig. 7).

The statistical test of the applicability of the Poisson law, carried out line by line, leads in general to high probabilities in regions distant from the zones (particularly the upper low count-density zone). This means that the smoothed values markedly correspond to the real values away from the zones. At the level of these zones, on account of the rigidity of the smoothing surface, the smoothed values are without doubt close to the "normal" (no pellet) average values. In fact, the major upper low count-density zone reduces the smoothed surface at its level. The smoothed values then become lower than the "normal" values, which explains the small number of figures 1 and 2 at this spot. Because of easy detection (visual or by classical spatial average) of this zone, this is a small disadvantage. The global test is meaningless since, given the importance of the zones, the smoothed values are too often markedly different from the real values. However, the mathematical treatment allows us to confirm the existence of the lower zone (invisible on the classical scan) and only suggested by the spatial average.

## CONCLUSION

The study by simulation has shown that the statistical test used is a useful criterion in the evaluation of smoothing. It allows one to choose the optimal number of iterations in the case of the spatial average or the minimum degree of the smoothing polynomial in the case of an overall smoothing by the method of least squares. This latter type of smoothing is useful when one wants to use the "method of differences". This method has permitted the finding of a low count-density zone in the liver phantom which was invisible on classical scans. It remains to be demonstrated that this "method of differences" is also applicable in practice. It is not certain that a radioactive organ may be characterized in its totality (or its major part) by a low-degree polynomial surface (for example less than or equal to 6). Moreover, a local variation of its average surface could be due to normal physiological and not pathological cause.

## ADDENDUM

To increase the statistical control, we have been using two statistical tests since January 1972. The first one, which is similar to the test described above, deals with the squares of the differences between measured values and smoothed values; the second one tests the proportion of the measured values superior to the smoothed ones. The results will be published in *A.T.E.N.*

## ACKNOWLEDGMENT

We thank Dr. Gest, Deputy Director of the Centre René Huguenin, who allowed us use of the equipment to carry out our experiment.

## REFERENCES


1. BROWN DW: Digital computer analysis and display of the radionuclide scan. *J Nucl Med* 7: 740–753, 1966

2. CHAAPEL DW, SPRAU AC, TAUXE WN: Data acquisition for computer analysis and display of radionuclide scans. *Int J Appl Radiat* 18: 723–727, 1967

3. IINUMA TA, NAGAI T, FUKUDA N: Digital data processing and display in radioisotope imaging. In *Medical Radioisotope Scintigraphy,* Vienna, IAEA, 1969

4. NAGAI T, IINUMA TA, KODA S: Computer focusing for area scans. *J Nucl Med* 9: 507–516, 1968

5. SPRAU AC, TAUXE WM, CHAAPEL DW: A computerized radio-isotope scan-data filter based on a system response to a point source. *Mayo Clin Proc* 41: 585–598, 1966

6. SCHEPERS H, WINKLER C: An automatic scanning system using a tape performator and computer techniques. In *Medical Radioisotope Scanning,* vol 1, Vienna, IAEA, 1964, pp 321–330

7. TAUXE WN: Contrast enhancement of scanning procedures by high speed digital computer. *J Nucl Med* 7: 647–656, 1966

8. POTDEVIN M, LEGRAS B, MARTIN J: Contrôle par simulation de méthodes de lissage en scintigraphie numérique. In *Computers in Radiology,* Basel, Switzerland, Karger, 1970, pp 433–438

9. POTDEVIN M, LEGRAS B: *Contrôles Statistiques de Techniques de Lissage utilisées en Scintigraphie—Étude par Simulation et sur Fantôme.* Rapport de l'Institut Universitaire de Calcul Automatique de Nancy, October 1970

10. MARTIN J: *La cartographie thyroïdienne—Méthode cartographique et applications cliniques.* Thèse de médecine, Nancy, France, Mar 1957

11. LEGRAS B, POTDEVIN M, GEST J, et al: Un moyen de traitement sur ordinateur des scintigrammes: la "méthode des écarts". In, *Table Ronde sur les Isotopes,* Lausanne, Switzerland, May 1969 (unpublished)

12. LEGRAS B, POTDEVIN M, GEST J, et al: Un traitement sur ordinateur des scintigrammes numériques avec contrôle statistique: la "méthode des écarts". In *Computers in Radiology,* Basel, Switzerland, Karger, 1970, pp 428–432

Intérêt de la simulation pour l'étude des méthodes de traitement sur ordinateur des scintigrammes

LEGRAS B, POTDEVIN M, MARTIN J

Revue d'Informatique Médicale, 1972, 3, 2, 119-122

No 11

# INTÉRÊT DE LA SIMULATION POUR L'ÉTUDE DES MÉTHODES DE TRAITEMENT DES SCINTIGRAMMES SUR ORDINATEUR

B. LEGRAS (*), M. POTDEVIN (**), J. MARTIN (*)

(*) *Service d'Informatique Médicale (Pr J. Martin), Faculté de Médecine, Château du Montet, av. du Gal-Leclerc, 54-Vandœuvre (France)*

(**) *Institut Universitaire de Calcul Automatique (Pr J. Legras), 42, avenue de la Libération, 54-Nancy (France)*

RÉSUMÉ. — **La simulation de données scintigraphiques (par émission poissonnienne à partir de valeurs moyennes connues) a permis aux auteurs d'étudier les résultats de différents lissages des valeurs émises. Ils ont comparé les différences entre valeurs lissées et valeurs moyennes de départ (caractérisant la qualité du lissage) et les résultats d'un test statistique appliqué aux valeurs lissées et valeurs simulées. Il existe une correspondance étroite et, comme en pratique, on ignore les valeurs moyennes, le test permet une optimisation du lissage.**

*Mots-clés :* **Scintigraphie — Ordinateurs — Statistiques.**

**Texte reçu le 15 janvier 1971.**
**Accepté le 5 avril 1971.**

LEGRAS B., POTDEVIN M., MARTIN J. (1972). — Intérêt de la simulation pour l'étude des méthodes de traitement des scintigrammes sur ordinateur. *Rev. Informatique méd., 3* (2), 119-122

## INTRODUCTION

Cet article expose une application particulière du calcul scientifique sur ordinateur à un problème médical d'exploration fonctionnelle par les isotopes radioactifs. On connaît, dans ce domaine, l'importance de la scintigraphie, méthode qui consiste à obtenir une image de la radioactivité d'un organe à l'aide d'un appareil comprenant un détecteur mobile qui balaie la surface à étudier.

L'aspect subjectif des images obtenues (ou scintigrammes) a entraîné de nombreux travaux, cherchant à quantifier les phénomènes pour en donner une représentation plus satisfaisante ou en permettre un traitement par ordinateur. C'est ce qu'on appelle la scintigraphie quantitative.

Cependant cette notion de scintigraphie quantitative recouvre des réalités très différentes. Dans certains cas, il s'agit simplement d'une recherche, en utilisant les possibilités de l'ordinateur, de présentations typographiques permettant une meilleure interprétation. Dans d'autres cas, on cherche dans un premier temps, à transformer l'ensemble des données numériques, obtenues point à point, en un

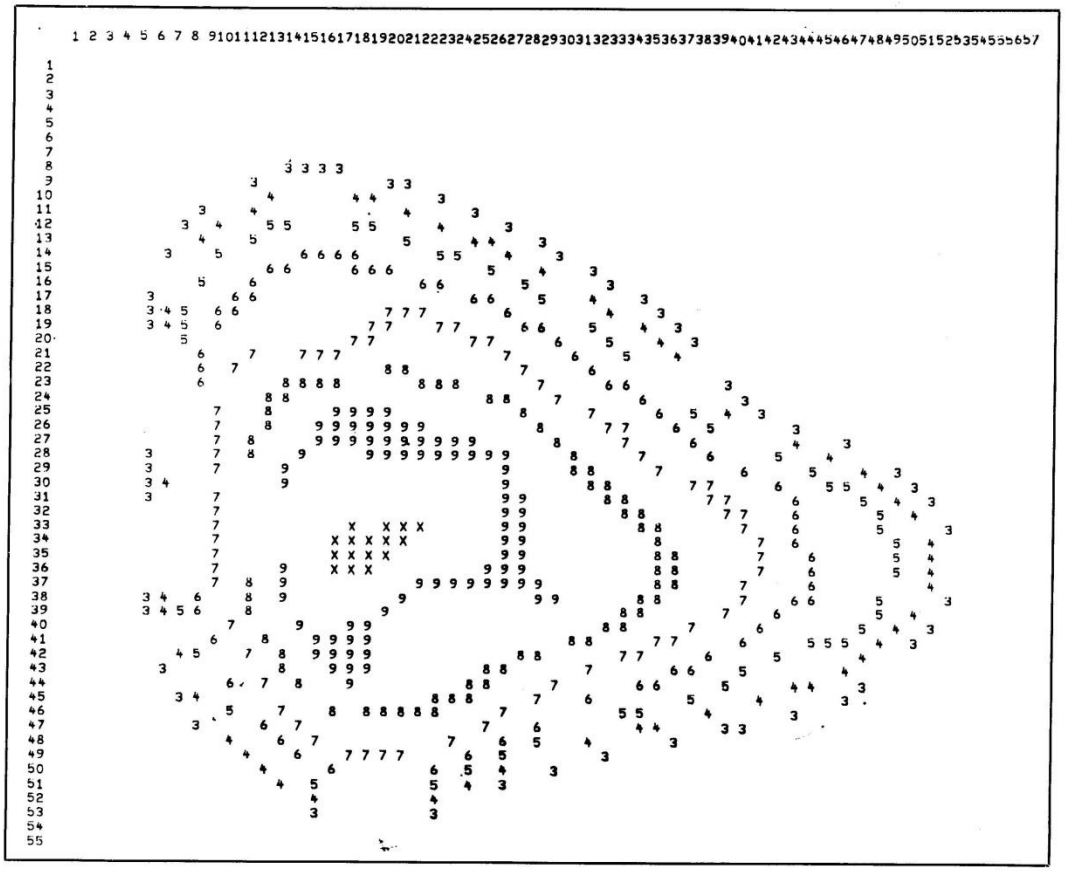


**Fig. 1. — Exemple de traitement mathématique d'un scintigramme numérique. L'ordinateur remplace chacune des 4 096 valeurs numériques obtenues par la moyenne de celle-ci et des 8 valeurs voisines, le processus étant réitéré deux fois. Il trace ensuite les lignes d'isolissage. En l'absence d'un traceur de courbes, nous les définissons par des chiffres évoquant leur niveau (par exemple 8 si, au point considéré, la valeur lissée est comprise entre 78 et 82 % de la valeur lissée maximale, représentée par une croix). Les lignes d'isolissage mettent en évidence deux zones hypofixantes (à l'intersection des canaux 15 et 18 pour la première et 22 et 40 pour la seconde) peu visibles sur les documents classiques.**

nouvel ensemble débarrassé des fluctuations aléatoires de la radioactivité. La figure 1 illustre ces méthodes appliquées à un fantôme de foie.

Un autre mode de traitement consiste à chercher une correction des déformations liées aux conditions de mesures. En effet, l'appareillage de détection ne peut pas être parfait et en particulier la collimation entraîne une distorsion, en ce sens qu'une source ponctuelle ne donne pas comme image un point. Pour faire cette correction, on peut utiliser des méthodes mathématiques lourdes et complexes. Nous laisserons à part cet aspect bien qu'il puisse être intégré aux autres traitements. Nous n'envisagerons ici que l'intérêt de la simulation mathématique dans l'étude des lissages (Legras et coll., 1970 ; Potdevin et coll., 1969).

## IMPORTANCE DU LISSAGE

Dans les examens habituels en scintigraphie, la radioactivité détectée est souvent faible pour des raisons biologiques et de durée d'examen. Dans ces conditions, l'importance relative des fluctuations aléatoires de la radioactivité (qui est inversement proportionnelle à la racine carrée de la radioactivité) peut être considérable.

Différentes méthodes de lissage ont été proposées pour éliminer ces fluctuations aléatoires : moyennage, où chaque valeur est remplacée par la moyenne de celle-ci et des 4 ou 8 valeurs voisines, le processus pouvant être réitéré plusieurs fois ; lissage par les moindres carrés des valeurs d'une ligne (par un polynôme à une variable) ou d'un ensemble de lignes (par un polynôme à deux variables).

Dans cet article, nous ne comparerons pas entre eux les divers lissages. Nous présenterons seulement nos résultats sur le moyen de déterminer, pour un type de lissage donné, celui qui est le plus adéquat. Il importe en effet de connaître, par exemple, le nombre d'itérations optimal dans le cas du moyennage, ou le degré du polynôme dans le cas du lissage par les moindres carrés. Dans cette optique, nous avons étudié divers tests statistiques que nous avons appliqués à des valeurs simulées.

## INTÉRÊT DE LA SIMULATION

La simulation réalisée par ordinateur permet de définir :

1) les valeurs moyennes $f(x_i,y_j)$ : ces valeurs, ignorées en pratique, correspondent à celles que l'on mesurerait en l'absence des fluctuations aléatoires de l'émission radioactive avec un détecteur donné possédant en particulier un collimateur défini ;

2) Les valeurs simulées $S(x_i,y_j)$ : l'ordinateur émet des valeurs poissonniennes de paramètre égal à $f(x_i,y_j)$ ; elles correspondent, dans la pratique, aux valeurs que l'on pourrait obtenir avec le même appareillage ;

3) les valeurs lissées $L(x_i,y_j)$ à partir des valeurs simulées.

Le but du lissage est, en général, de s'approcher le mieux possible des valeurs moyennes ; aussi avons-nous caractérisé la qualité du lissage à partir des écarts entre valeurs lissées et valeurs moyennes. Nous déterminons en chaque point l'écart relatif absolu

$$E_{ij} = \left| \frac{f(x_i, y_j) - L(x_i, y_j)}{f(x_i, y_j)} \right|$$

puis l'écart moyen relatif pour chaque ligne et l'ensemble des lignes ($E$).

Ces écarts sont malheureusement inconnus dans la réalité et nous avons envisagé des tests statistiques ne faisant intervenir que valeurs lissées et valeurs simulées (ou valeurs mesurées dans les cas réels). La comparaison des résultats dans cette étude par simulation permet d'évaluer la qualité des tests statistiques.

## TEST STATISTIQUE

Sur les trois tests statistiques étudiés, nous n'en avons gardé qu'un, car plus simple et ayant donné les meilleurs résultats lors des études par simulation (Potdevin et coll., 1970). En chaque point, nous déterminons :

$$x_{ij} = \frac{S(x_i, y_j) - L(x_i, y_j)}{\sqrt{L(x_i, y_j)}} .$$

Si les valeurs simulées sont supérieures à 20 (la loi de Poisson devient sensiblement une loi de Gauss) et si les valeurs lissées sont égales aux valeurs moyennes, les $x_{ij}$ peuvent être considérées comme des réalisations de variables gaussiennes, centrées, réduites et indépendantes $X_{ij}$. Dans ces conditions, la variable aléatoire :

$$Y = \sum_{i=1,\, j=1}^{i+j=n} X_{ij}^2$$

suit une loi du $\chi^2$ à $n$ degrés de liberté. Si $n$ est suffisamment grand (par exemple supérieur à 30) la variable aléatoire $U = \sqrt{2Y} - \sqrt{2n-1}$ suit la loi normale, centrée et réduite.

$u$ étant une réalisation de cette variable aléatoire $U$, une table des valeurs de la loi normale, centrée et réduite permet de déterminer alors facilement la probabilité $P$ suivante : $P$ = Prob. ($|U| > u$). Elle est d'autant plus voisine de 1 que la valeur obtenue $u$ est plus proche de zéro, valeur moyenne de la loi présumée.

## RÉSULTATS

Pour cette étude, nous avons calculé les valeurs moyennes $f(x_i,y_j)$ par un polynôme $f(x,y)$ du 4e degré. Il correspond au polynôme de lissage d'un volume radioactif étudié. Pour rester près de la réalité, nous avons utilisé 4096 (64 × 64) valeurs $f(x_i,y_j)$, correspondant en pratique au nombre que l'on peut obtenir avec un analyseur multicanaux branché sur l'appareil de scintigraphie. La valeur simulée maximale est égale à 98.

Signalons que sur ces milliers de valeurs, 2 % d'entre elles avaient été légèrement diminuées de façon arbitraire afin d'étudier l'équivalent d'une hypofixation et sa mise en évidence mais ceci ne modifie pas les résultats globaux.

Les tableaux I et II montrent qu'il existe une excellente corrélation entre la qualité du lissage et la probabilité obtenue. Les optima coïncident sensiblement dans l'un et l'autre type de lissage. Cette

TABLEAU I

**Moyennage avec huit valeurs**

| Nombre d'itérations | Ecart relatif moyen (*E*) (%) | Probabilité relative au test statistique (*P*) (%) |
|---|---|---|
| 0 | 3,92 | 2 |
| 1 | 2,84 | 0 |
| 2 | 2,44 | 10 |
| 3 | 2,24 | 31 |
| 4 | 2,16 | 76 |
| 5 | 2,16 | 83 |
| 6 | 2,21 | 50 |
| 7 | 2,32 | 29 |
| 8 | 2,46 | 15 |
| 9 | 2,62 | 7 |
| 10 | 2,79 | 3 |
| 11 | 2,98 | 1 |
| 12 | 3,18 | 0 |

méthode par simulation nous montre donc qu'en pratique, où l'on ignore les valeurs moyennes, le test statistique devrait être un outil précieux pour juger globalement ou partiellement de la valeur d'un lissage.

TABLEAU II

**Lissage global par les moindres carrés**

| Degré du polynôme en *x* et *y* | *E* | *P* |
|---|---|---|
| 2 | 14,51 | 0 |
| 3 | 11,44 | 0 |
| 4 | 1,31 | 99 |
| 5 | 1,19 | 95 |
| 6 | 1,24 | 97 |

Comparaison de l'écart relatif moyen (*E*) et de la probabilité relative au test statistique (*P*), déterminés sur l'ensemble des points du scintigramme.

*E*, qui définit la qualité du lissage à partir des écarts relatifs entre valeurs lissées et valeurs moyennes, est connu sur l'ensemble simulé mais inconnu en pratique.

*P*, qui est déterminé à partir des écarts relatifs entre valeurs lissées et valeurs simulées (ou mesurées dans les cas réels), est toujours calculable. La bonne correspondance entre les deux paramètres prouve que *P* est un critère valable de qualité du lissage.

## CONCLUSION

Cette étude par simulation nous a permis de montrer l'intérêt d'une vérification statistique valable des lissages scintigraphiques. Ceux-ci ne doivent pas être « aveugles » mais au contraire être le plus parfait possible, afin de caractériser au mieux la distribution de la radioactivité détectée et permettre une interprétation plus objective des anomalies. Dans ces conditions, la qualité des résultats justifierait l'usage courant de l'ordinateur (malgré le coût de ce dernier) pour l'interprétation des documents scintigraphiques.

## THE INTEREST OF SIMULATION IN THE STUDY OF COMPUTER-AIDED PROCESSING METHODS FOR SCINTIGRAMS

B. LEGRAS (*), M. POTDEVIN (**), J. MARTIN (*)

(*) *Service d'Informatique Médicale (Pr J. Martin), Faculté de Médecine, Château du Montet, av. Gal-Leclerc, 54-Vandœuvre (France)*

(**) *(Institut Universitaire de Calcul Automatique (Pr J. Legras), 42, avenue de la Libération, 54-Nancy (France)*

**Rev. Informatique méd.**, 1972, *3* (2), 119-122

SUMMARY. — **The simulation of scintigraphic data (by emission of Poissons's values from known average values) permits the study of results of different smoothing. The authors have compared differences between the smoothed values and the average values and the results of a statistical test applied to the smoothed values and the simulated values. The correlation is close and the test permits an optimisation of smoothing.**

*Key-words :* **Radioisotope scanning — Computers — Statistics.**

**Received January 15th 1971.**
**Accepted April 5th 1971.**

RÉFÉRENCES

1. LEGRAS B., POTDEVIN M., MARTIN J. (1970) — Statistical verification of the quality of the smoothing of low scanning values. A study by simulation and with a phantom. *J. Nucl. Med.*
2. POTDEVIN M., LEGRAS B., MARTIN J. (1969). — Contrôle par simulation des méthodes de lissage en scintigraphie numérique. Symposium sur l'utilisation des ordinateurs en radiologie, Bruxelles, 1969. Karger éd., Basel.
3. POTDEVIN M., LEGRAS B. (1970). — Contrôles statistiques de techniques de lissage utilisées en scintigraphie. Etude par simulation et sur fantôme. Rapport de l'Institut Universitaire de Calcul Automatique, Nancy (100 pages).

International Journal of Nuclear Medicine and Biology, 1973, Vol. 1, pp. 45–49. Pergamon Press. Printed in Northern Ireland

# Lissage par Ordinateur des Scintigraphies Numeriques*

J. MARTIN and B. LEGRAS
Section d'Informatique Médicale et Service d'Exploration Fonctionnelle par les Radioisotopes,
et Groupe de Recherches INSERM U. 115
U.E.R. de Sciences Médicales 30, rue Lionnois 54-NANCY.

and

M. C. PORTMANN
Institut Universitaire de Calcul Automatique de Nancy.

(*Received* 18 *March* 1972)

De nombreuses méthodes de traitement sur ordinateur des scintigraphies nombreuses commencent par un lissage, quelle que soit l'analyse ultérieure. Ce lissage initial cherche à éliminer les fluctuations aléatoires, en faisant disparaître le moins possible d'informations valables liées au volume mesuré. Pratiquement aucune étude n'a été faite sur la validité de ces méthodes et il est difficile d'envisager un abord théorique satisfaisant. C'est pourquoi nous avons testé empiriquement sur ordinateur, par simulation et par analyse d'une scintigraphie de fantôme de foie, la méthode de lissage par moyennes successives et une méthode d'approximation par moindres carrés.

## ORDINATOR SMOOTHING OF NUMERICAL SCINTILLOGRAMS

Many methods of ordinator treatment of numerical scintillograms begin with a smoothing, whatever the ultimate analysis may be. This initial smoothing attempts to eliminate random variations while losing the fewest possible valid items of information linked to the volume measures. Practically no study has been carried out on the validity of these methods, and it is difficult to conceive a satisfactory theoretical approach. That is why we have made empirical tests by data processor, by simulation, and by analysing a scintillogram of a liver phantom of the method of smoothing by successive means, and of different methods of approximation by least squares.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ЧИСЛЕННЫХ СЦИНТИГРАММ

Многие методы вычислительной обработки численных сцинтиграмм начинаются с сглаживанием, какойбы ни было конечный анализ. Цель этого исходного сглаживания устранить случайные колебания, а терять по возможности минимальное количество действительных элементов информации, связанных соизмеряемым объемом. Обоснованность этих методов практически не изучена, трудно представлять себе удовлетворительный подход теоретически. Поэтому произведены эмпирические эксперименты вычислительным устойством, моделированием и анализом сцинтиграммы фантома печени для метода сглаживания последовательными методами и для различных методов аппроксимации наименьшими квадратами.

## ORDINATORGLÄTTUNG VON NUMERISCHEN SZINTILLOGRAMMEN

Viele Verfahren der Ordinatorbehandlung von numerischen Szintillogrammen beginnen mit einer Glättung, unabhängig von der Elementaranalyse. Diese anfängliche Glättung ist ein

* Communication présentée à la XIIIe Table Ronde d'Exploration Fonctionnelle par les Radioisotopes-Lyon juin 1971.

Versuch, Zufallsvariationen zu vermeiden, jedoch möglichst wenige wichtige Informationseinheiten in Verbindung mit dem gemessenen Volumen zu verlieren. Es liegt praktisch keine Studie über die Gültigkeit dieser Verfahren vor und es ist schwierig, zufriedenstellende theoretische Schritte zu erdenken. Wir haben aus diesem Grunde empirische Prüfungen unternommen durch einen Datenverarbeiter, durch Nachbildung und durch Analyse des Szintillogramms eines Leberphantoms des Glättungsverfahren durch aufeinanderfolgende Wege, und verschiedener Näherungsverfahren durch die Methode der kleinsten Quadrate.

De nombreux travaux, relatifs au traitement des scintigraphies sur ordinateur, ont été effectués, au cours des dix dernières années [1–5,7–10] et actuellement plusieurs groupes dans le monde utilisent cette méthode en routine médicale. Nous envisagerons ici les problèmes que pose ce traitement dans la mise en évidence de petites anomalies de la fixation, peu on non visibles sur les documents classiques. Il n'est pas nécessaire de souligner l'intérêt de cette détection. Rappelons que l'aspect subjectif des petites variations de contraste des documents scintigraphiques est dû aux fluctuations aléatoires de la radioactivité et que l'importance relative de ces fluctuations est inversement proportionnelle à la racine carrée de la valeur (loi de Poisson).

Les lissages essaient d'éliminer ces effets aléatoires. On peut cependant reprocher aux lissages habituellement employés de ne pas avoir fait la preuve, en pratique, de leur possibilité à mettre en évidence, de façon objective, les petites hypo (ou hyper) fixations, principalement lorsque les valeurs de comptage ne sont pas très élevées. Nous avons donc cherché à améliorer les lissages ce qui nous a conduit à utiliser un test statistique. Pour déterminer objectivement la qualité des lissages nous avons employé des méthodes de simulation mathématique et des méthodes expérimentales à partir de fantome radioactif. Nous présenterons dans cet exposé surtout méthodologique quelques résultats obtenus.

## MATERIEL ET METHODES

Le traitement mathématique n'est possible qu'à partir de la scintigraphie numérique, c'est-à-dire de la matrice des valeurs détectées. Ces valeurs doivent être des valeurs brutes de comptage, et ne pas être altérées par un ictomètre, par exemple. Elles doivent être également suffisamment nombreuses pour permettre un traitement mathématique satisfaisant. Nous pensons qu'un analyseur à 4096 canaux connecté au scintigraphe, convient parfaitement au problème. La sortie, à la fin de l'examen, des valeurs obtenues doit être rapide et commode et l'idéal consiste en une bande magnétique directement compatible avec l'ordinateur. Si les programmes sont complexes, l'ordinateur doit posséder une importante mémoire centrale.*

La méthode la plus répandue est, semble-t-il, le lissage par moyennage. Pour réduire les fluctuations aléatoires on remplace chaque valeur mesurée par la moyenne de celle-ci et des 4 ou 8 (ou plus) valeurs voisines. Ces valeurs peuvent être pondérées de façon plus ou moins arbitraire. Le processus peut être réitéré une ou plusieurs fois. A la fin de ce traitement, l'ordinateur trace des courbes d'isolissage ou des caractères typographiques différents suivant les niveaux. La diversité de ces moyennages montre le côté empirique et subjectif de cette méthode. Mais pour mieux comprendre les critiques que l'on peut lui adresser, il faut d'abord s'interroger sur le but du lissage.

Celui-ci cherche à estimer au mieux les valeurs moyennes que l'on aurait obtenues avec le même appareillage en l'absence des fluctuations aléatoires. Les valeurs lissées caractérisent alors la distribution radioactive de la source. Les courbes d'isolissage deviennent des courbes d'isoactivité (détectée†) et toute anomalie de la "surface lissée" (un "creux" par exemple) devient significative. La difficulté essentielle est d'être sûr que le lissage approche bien les valeurs

* Nous avons utilisé pour cette étude l'ordinateur CII 10 070 de l'Institut Universitaire de Calcul Automatique de Nancy.

† Pour remonter à la radioactivé "vraie", il faudrait corriger les effets dus à la collimation. Cette correction, lourde et complexe, du point de vue mathématique, doit, en théorie, être réalisée après le lissage. Elle est donc tributaire de sa qualité. Elle semble difficilement pouvoir être utilisée en pratique.

moyennes. Un moyen de tester le lissage consiste à utiliser des méthodes mathématiques de simulation, dont l'intérêt est de permettre l'évaluation de sa qualité par des méthodes statistiques.

La simulation permet, en effet, de connaître les valeurs moyennes ($Mi$) (ignorées en pratique) A partir de ces valeurs moyennes de départ (définies ou non par un polynôme, et se rapprochant ou non d'un organe radioactif) on émet des valeurs simulées ($Si$)*. Ce sont des valeurs poissonniennes de paramètres égaux aux valeurs moyennes ($Mi$). Elles correspondent en pratique aux valeurs mesurées. On lisse ensuite des valeurs simulées et on compare les valeurs lissées ($Li$) et les valeurs moyennes initiales ($Mi$). Nous avons choisi le paramètre suivant: en chaque point, nous déterminons l'écart relatif absolu $Ei$ entre valeurs lissées et valeurs moyennes $Ei = |(Mi - Li)/Mi|$ puis l'écart relatif moyen $E$ pour chaque ligne et/ou pour l'ensemble des lignes.

La simulation nous a permis d'étudier le test statistique suivant: son principe repose sur le fait que si les valeurs lissées sont égales aux valeurs moyennes, les écarts réduits $xi = (Si - Li)/\sqrt{Li}$ sont des réalisations de variables gaussiennes, centrées et réduites (il faut aussi que les valeurs soient supérieures à environ 20 pour que la loi de Poisson devienne une loi de Gauss).

Si les valeurs sont indépendantes $x = \sum_{i=1}^{n} xi^2$ est une réalisation d'une variable aléatoire qui suit une loi du $\chi^2$ à $n$ degrés de liberté ($n$ = nombre de points). Si $n$ est suffisamment grand (par exemple supérieur à 30), $u = \sqrt{2x} - \sqrt{2n - 1}$ est une réalisation d'une variable aléatoire $U$ qui suit la loi normale, centrée et réduite. A partir d'une table des valeurs de cette loi, on calcule facilement pour chaque réalisation $u$, la probabilité $P$ suivante: Pro $(|U| > u)$. Elle est d'autant plus proche de 1 que la valeur obtenue est plus voisine de zéro, valeur moyenne de la loi présumée.

* L'émission aléatoire de ces nombres nécessite de de générer des nombres équirépartis sur l'intervalle 0 à 1. Cette génération est délicate quand on utilise plusieurs milliers de valeurs, et il est nécessaire de vérifier par des tests statistiques qu'il ne se produit pas de répétitions.

## RESULTATS EXPERIMENTAUX ET DISCUSSION

Comme dans la pratique, l'écart moyen relatif $E$ est inconnu, nous allons comparer, dans le cas de la simulation, les résultats donnés par $E$ et par la probabilité $P$ envisagée précédemment. Ceci nous permettra de savoir si $P$ est un critère valable de la qualité du lissage lorsque $E$ n'est pas connu.

La Fig. 1 montre les résultats obtenus après moyennage successif de plusieurs milliers de valeurs simulées. La "surface moyenne" est définie par un polynôme $f(x, y)$ du 6° degré, correspondant sensiblement à la distribution radioactive d'un fantome de foie. La valeur maximale est égale à 904. On constate que la probabilité maximale est obtenue au 4e moyennage et l'écart minimal au troisième. D'autres simulations ont montré des résultats voisins, c'est-à-dire une concordance bonne sinon parfaite entre $E$ et $P$.

Nous avons aussi testé la méthode dans le cas où l'on a une soixantaine de valeurs alignées. La Fig. 2 montre des valeurs moyennes définies par une courbe du 6° degré à partir desquelles ont été émises des valeurs simulées. On a lissé ces valeurs simulées suivant la méthode des moindres carrés par des polynômes à une variable de degré croissant. Pour chaque degré, on déterminait $P$ et $E$. La probabilité maximale a été obtenue avec le degré 6. Les valeurs lissées correspondantes sont indiquées sur la figure. La valeur minimale de $E$ a été obtenue avec le degré 7. La concordance est ici encore assez bonne. On obtient des résultats comparables dans la majorité des autres simulations, mais non dans toutes.

| Moyennage avec 4 valeurs voisines | $E$ en% | $P$ |
|---|---|---|
| 1er | 2,07 | 0,00 |
| 2em | 1,62 | 0,00 |
| 3em | 1,58 | 0,02 |
| 4em | 1,71 | 0,24 |
| 5em | 1,91 | 0,11 |
| 6em | 2,17 | 0,00 |

FIG. 1. Moyennage d'une scintigraphie simulée. Comparaison de l'écart type moyen $E$ et de la probabilité $P$ du test statistique (explications dans le texte).

Ces résultats nous ont donc amenés à utiliser le mode de lissage suivant: on élimine d'abord avant le lissage les valeurs inférieures à un certain seuil (correspondant en pratique au bruit de fond). Les valeurs restantes de chaque ligne sont ensuite lissées suivant la méthode des moindres carrés* par des polynômes de degré croissant jusqu'à la valeur 20. Pour chaque degré, on applique le test statistique aux valeurs lissées et aux valeurs mesurées et on calcule la probabilité. On détermine de cette façon les valeurs lissées correspondant à la probabilité maximale; l'ensemble de ces valeurs lissées définit finalement la "surface lissée".

Les résultats doivent être présentés de façon commode à interprêter. En effet, que l'on utilise le moyennage, le lissage par les moindres carrés que nous venons de décrire ou une autre technique, il importe de tirer le maximum d'information de la "surface lissée".

La méthode classique consiste à tracer les lignes d'isolissage (de 10 en 10 % par exemple de la valeur lissée maximale).

On peut également tracer des profils de la "surface lissée". Si les profils ne possèdent en général, dans le cas de l'organe sain, qu'un maximum, l'existence de "creux" sur un et à fortiori sur plusieurs profils successifs présentera un grand intérêt. Il est relativement facile à l'ordinateur de les détecter et de préciser leur étendue et leur profondeur. Nous caractérisons les "creux" de la façon suivante. Au niveau d'un minimum, l'ordinateur indique la distance (en % de la valeur mesurée maximale) du point à la corde joignant les 2 maximums situés de part et d'autre; on imprime—si la courbe lissée décroit de gauche à droite, . . . quand elle croît; enfin on définit les maximums par $X$ suivi d'un chiffre donnant leur valeur (en 1/10 de la valeur mesurée maximale); l'ordinateur n'imprime rien lorsque le profil lissé n'a qu'un maximum.

Signalons enfin qu'il nous paraît indispensable de pouvoir faire figurer sur ces tableaux les repère anatomiques désirés. Pour cela on peut par exemple injecter à la fin de la scintigraphie dans les canaux correspondants une quantité importante et connue d'impulsions que l'ordinateur repérera et négligera dans le lissage.

Pour avoir un contrôle expérimental des méthodes précédentes, nous avons confronté les résultats obtenus par l'étude d'un fantome de foie. Celui-ci permet en particulier de créer artificiellement l'équivalent de petites zones d'hypo ou d'hyperfixation dont on détermine la baisse ou la hausse d'activité qu'elles entrainent.

On peut vérifier alors si les traitement mathématiques permettent de mettre en évidence les anomalies aux endroits correspondants et de comparer les résultats obtenus aux scintigrammes classiques. Cette méthode expérimentale, peu employée, permet donc, tout en étant moins rigoureuse que la simulation, de tester objectivement les différents lissages.

Pour des raisons de matériel, nous n'avons pu effectuer qu'une seule expérience à partir d'un modèle radioactif. Nous avons utilisé un fantome de foie constitué d'un moule creux en plastique rempli totalement d'une solution aqueuse radioactive contenant 700 $\mu$Ci de Sr 85. Pour réaliser l'équivalent de petites zones hypofixantes, nous avions disposé à sa surface deux petites rondelles de plomb de 1, 8 cm$^2$ (Fig. 3). Elles entrainaient une baisse d'activité mesurée d'environ 20 et 10 %. Nous avons utilisé un scintigraphe "Magnascanner V" (Picker) équipé d'un cristal de Na I (Tl) de 5 × 5 pouces et d'un collimateur nid d'abeille (index de résolution 0,25 pouce). Il était couplé à un ensemble de stockage (Intertechnique) comprenant une mémoire intégratrice à 4096 canaux (64 × 64). Les valeurs étaient perforées sur ruban.† La Fig. 4 montre le document obtenu sur film radiographique (vitesse de balayage = 60 cm/mn). La zone la plus hypofixante située à la partie supérieure est visible, au contraire de la zone hypofixante inférieure.

Nous avons appliqué nos traitements mathématiques à la scintigraphie numérique obtenue dans les mêmes conditions. La "maille élémentaire" était de 5 × 5 mm. La valeur

* Les travaux qui concernent des lissages par la méthode des moindres carrés sont rares:[8] ceci est peut être dû au fait que l'utilisation des polynômes classiques se heurte à des difficultés techniques quand le degré augmente (erreurs de chute). L'usage des méthodes numériques (polynômes écrits sous forme de combinaison de polynômes de Tchebycheff)[6] nous a permis d'éviter cet inconvénient.

† Nous remercions le Docteur GEST (Centre René Huguenin-Saint Cloud) qui nous a permis de réaliser cette expérience.

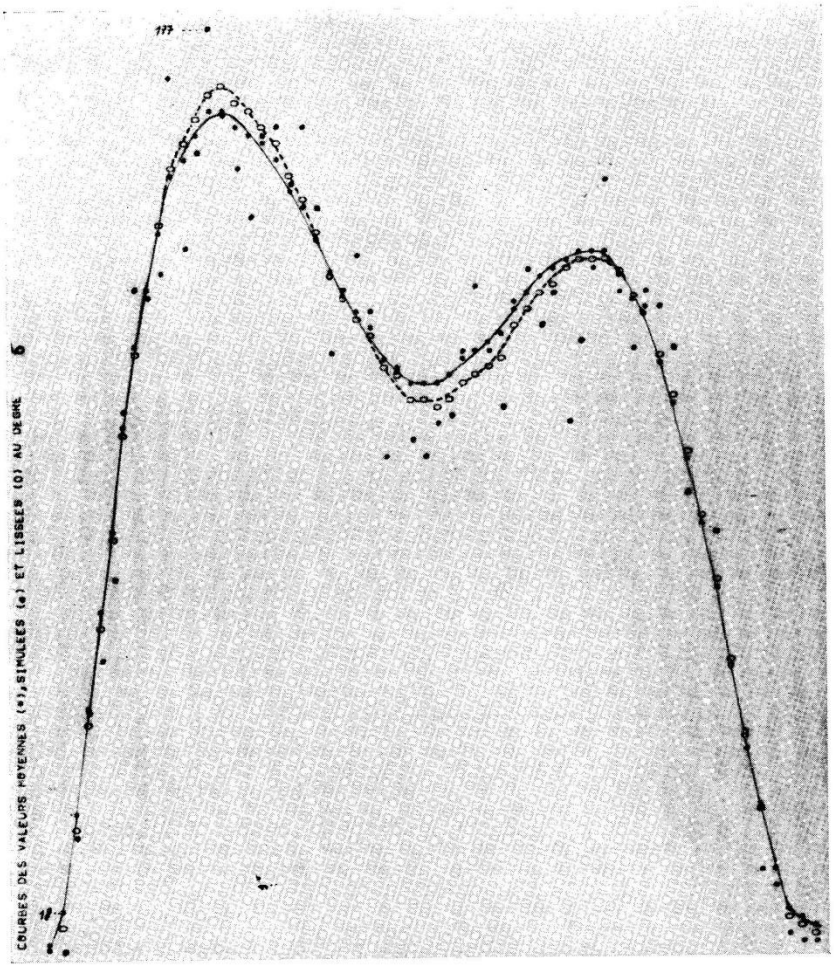



FIG. 2. Lissage par les moindres carrés:

◆—◆ Valeurs moyennes (définies par un polynôme du 6e degré).
● ● Valeurs simulées (à partir des valeurs moyennes) (valeur maximale = 177).
○- -○ Valeurs lissées (par un polynôme du 6e degré correspondant à la probabilité maximale du test statistique). L'écart relatif moyen minimum est obtenu avec un polynôme du 7e degré (explications dans le texte).



FIG. 3. Fantôme de foie avec ses deux rondelles de plomb.

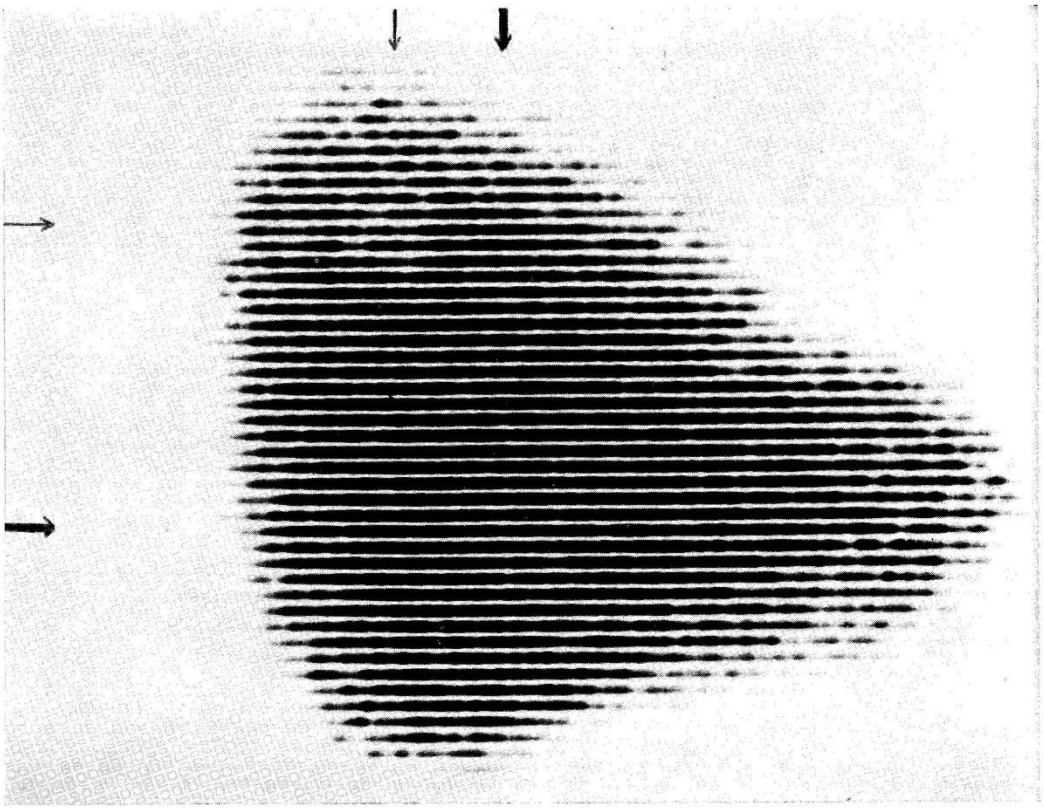


FIG. 4. Document sur film radiographique du fantôme de foie. Les deux rondelles de plomb sont situés à l'intersection des flèches.

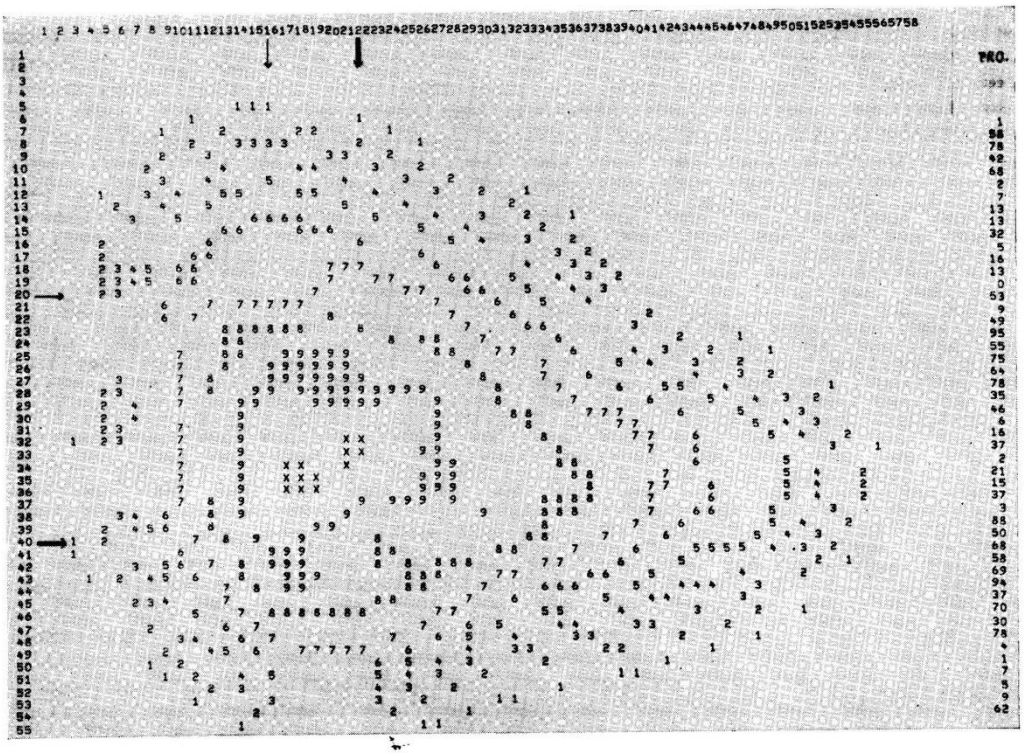


FIG. 5. Lignes d'isolissage après moyennage des valeurs mesurées de la scintigraphie du fantôme de foie (2e moyennage avec 8 points voisins). Les flèches indiquent la position des rondelles de plomb. Les numéros des lignes et des colonnes sont indiqués sur le côté gauche et au dessus. La probabilité du test statistique (exprimée en pourcentage) effectué ligne à ligne apparait sur le côté droit. *X* correspond à la valeur lissée maximale; les chiffres 9, 8, 7, . . . correspondent respectivement à 90, 80, 70% . . . ($\pm 2\%$) de la valeur lissée maximale.

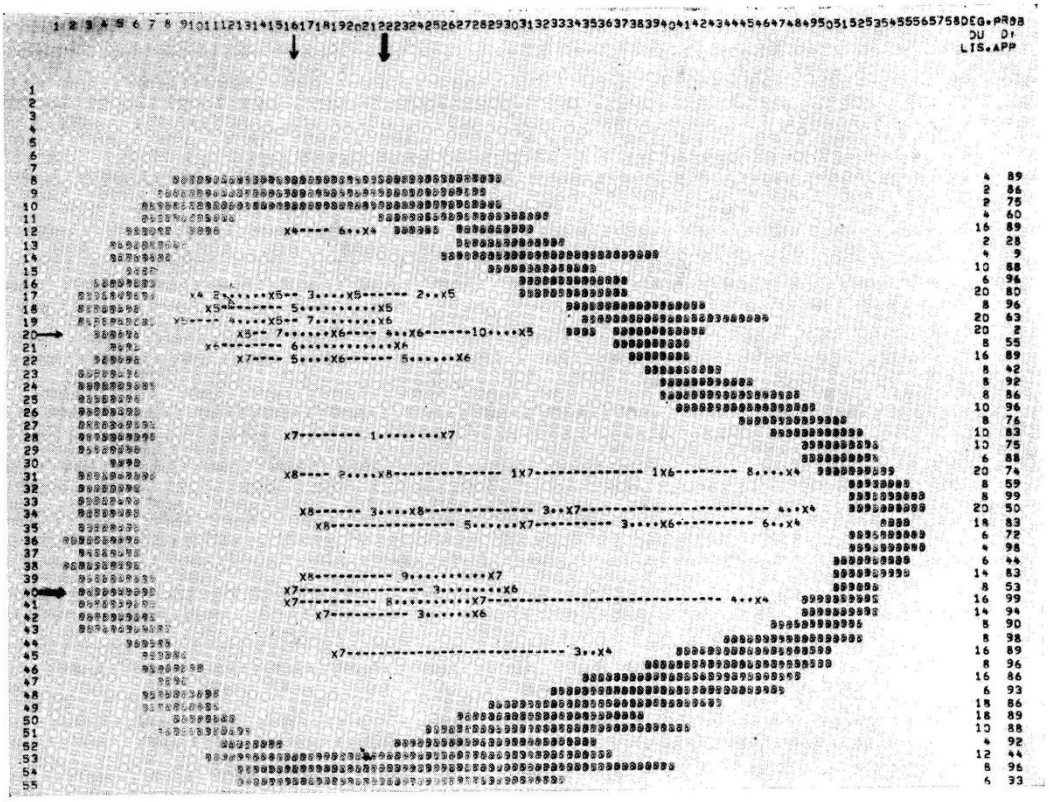


FIG. 6. Mise en évidence des "creux" après lissage ligne à ligne des valeurs mesurées de la scintigraphie du fantôme de foie. Les flèches indiquent la position des rondelles de plomb. Les numéros des lignes et des colonnes sont indiqués sur le côté gauche et au dessus. Sur le côté droit apparaissent la probabilité maximale obtenue (exprimée en pourcentage) et le degré du polynôme correspondant. Les contours intérieurs et extérieurs correspondent à 35% et 10% de la valeur mesuré maximale. Les signes et symboles relatifs au "creux" sont précisés dans le texte.

maximale obtenue dans une maille était égale à 225.

(a) *Moyennage non pondéré avec 8 points voisins**

La probabilité du test statistique effectué sur l'ensemble des valeurs mesurées supérieures à 20 % de la valeur mesurée maximale est égale à:

0,00 6 au 1er moyennage

0,08 7 au 2e moyennage

0,00 0 au 3e moyennage.

La probabilité est donc maximale au 2e moyennage. Le tracé des lignes d'iso-lissage (définies par des chiffres caractérisant leur niveau) met en évidence une zone hypofixante supérieure au niveau de la première rondelle de plomb et suggère l'existence d'une ou deux zones hypofixantes inférieures au niveau de la deuxième rondelle (Fig. 5).

(b) *Lissage ligne à ligne*

La probabilité relative aux mêmes valeurs que précédemment est ici égale à 0,281. Le traitement mathématique séparé de chaque ligne et la grande souplesse des courbes lissées entrainent qu'il n'existe pas une grande régularité pour les valeurs lissées situées sur les mêmes colonnes. Les lignes d'isolissage sont assez irrégulières et difficilement interprétables. Nous n'étudions donc dans ce cas que les profils. La Fig. 6 montre le tableau des "creux" relatif à l'ensemble des lignes. Rappelons, ainsi que nous l'a montré la simulation, qu'on ne peut pas tirer de conclusions formelles à partir d'une seule ligne. L'existence d'anomalies apparaissant au même niveau sur plusieurs lignes voisines est par contre, très significative.

Ce traitement met bien en évidence les deux zones hypofixantes artificelles ainsi que peut-être une troisième qui serait due à la forme du modèle radioactif.

* Le moyennage avec 4 valeurs voisines donne des résultats relativement comparables.

## CONCLUSION

Le lissage des valeurs numériques scintigraphiques doit être aussi parfait que possible. De nombreuses autres techniques de lissage, différentes de celle décrite, sont possibles. On peut par exemple envisager des lissages non plus ligne à ligne, mais sur un ensemble de lignes (par un polynôme à deux variables). Ces lissages peuvent être testés sur des valeurs simulées et/ou expérimentales.

Les tests statistiques devraient permettre d'optimiser les lissages, de déterminer par exemple le nombre optimal d'itérations dans le cas du moyennage ou le degré du polynôme dans la méthode des moindres carrés. Nous avons vu un test qui s'intéresse à la somme des carrés des écarts entre valeurs mesurées et valeurs lissées. Nous en étudions actuellement un autre qui teste la fréquence des valeurs mesurées supérieures (ou inférieures) aux valeurs lissées.

Il importe enfin de présenter les résultats sous les formes les plus facilement interprétables.

La dernière phase que nous abordons consiste à appliquer ces traitements en routine médicale. Nous pourrons alors mieux évaluer l'importance de l'aide qu'apporte l'ordinateur aux diagnostics scintigraphiquement difficiles.

## BIBLIOGRAPHIE


1. Benua R. S., Weber D. A., Kenny P. J. et Laughlin J. S. *J. nucl. Med.* **9,** 135 (1968).
2. Brown D. W. *J. nucl. Med.* **7,** 740 (1966).
3. Grasmann E. D., Horgan J. D. et Meade R. C. *Radiology* **95,** 517 (1970).
4. Iinuma T. A., Nagai T. et Fukuda N. *Medical Radioisotope Scintigraphy*, Vol. 1, p 715. IAEA, Vienna (1969).
5. Krackow K. A. et Gorten R. Y. *J. nucl. Med.* **11,** 523 (1970).
6. Legras J. *Méthodes et Techniques de l'Analyse Numerique* (Edition Dunod) (1970).
7. Pizer S. M. et Vetter H. G. *J. nucl. Med.* **10,** 150 (1969).
8. Schepers H. et Winkler C. *Medical Radioisotope Scanning*, Vol. 1, p. 321. IAEA Athen (1964).
9. Tauxe W. N., Chaapel D. W. et Sprau A. C. *J. nucl. Med.* **7,** 647 (1966).
10. Tauxe W. N. *J. nucl. Med.* **9,** 58 (1968).

Lissage par ordinateur de divers lissages des scintigraphies numériques

MARTIN J, LEGRAS B, PORTMANN M-C

International Journal of Nuclear Medicine and Biology, 1973, 1, 45-49

No 18

Une nouvelle technique de correction de collimation des scintigraphies numériques

LEGRAS J, CHAU N, LEGRAS B

Etude par simulation. Annales de Physique Biologique et Médicale, 1974, 8, 221-236

No 23

*Ann. Phys. Biol. Méd.*, 1974, **8** (4) : 221-236.

# Une nouvelle technique de correction de collimation des scintigraphies numériques. Étude par simulation

PAR

J. LEGRAS, N. CHAU et B. LEGRAS

*U.E.R. de Sciences Mathématiques - Université de Nancy I*
*Case Officielle 140 54037 - Nancy CEDEX*
*Section d'Informatique Médicale (Groupe de Recherches INSERM U 115)*
*et Service de Médecine Nucléaire - Nancy-Brabois*

RÉSUMÉ

Les auteurs présentent une nouvelle technique mathématique de correction de collimation des scintigraphies numériques. Elle consiste à approcher les fonctions par des combinaisons linéaires de cosinus, ce qui permet de formaliser le calcul et d'obtenir un traitement numérique efficace et rapide. La technique a été appliquée à trois exemples simulés. Le premier illustre la possibilité de restitution totale des valeurs de départ en l'absence de fluctuations aléatoires. Les second et troisième exemples correspondent à des cas à une et deux variables avec effets aléatoires. Les auteurs n'ont envisagé que le cas de la scintigraphie par détecteur mobile, qui est caractérisé en particulier par l'indépendance des valeurs détectées. La technique réalise simultanément un lissage et une correction de collimation et permet une approche très satisfaisante des valeurs moyennes de départ, supérieure à celle obtenue par lissage seul.

SUMMARY

*The authors describe a new mathematical technique for the resolution enhancement of digital scans. The functions are approached by linear combinations of cosines, which allows the formulating of the calculation and the obtaining of rapid and efficient numerical processing. The technique has been applied to three simulated examples. The first one shows the possibility of restituating the initial values entirely in case there are no random fluctuations. The second and third examples correspond to cases of one or two variables with random fluctuations. The authors have only considered the case of the scanning by means of a non*

*stationary detector, which is characterized particularly by the nondependence of the measured values. This technique, at the same time, effects a smoothing and a resolution enhancement and allows a very satisfactory approach of the initial average values, better than those obtained merely by smoothing.*

## INTRODUCTION

Le calcul de la correction de collimation est lié à la résolution de l'équation intégrale

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(u)\, R(x-u)\, du = O(x) \qquad (1)$$

où :

A (x) est l'activité réelle

O (x) l'activité observée

R (ξ) la réponse du collimateur.

Les méthodes classiques se ramènent à deux familles :

*a)* l'usage de la transformée de Fourier (1 - 2) ;

*b)* la discrétisation de l'équation intégrale en un système d'équations linéaires que l'on résoudra par une des nombreuses méthodes itératives (2 - 4 - 8).

La méthode étudiée (3) consiste à développer les fonctions A (x) et O (x) en série de cosinus par :

$$A(x) = \frac{a_0}{\sqrt{2}} + \sum_{j=1}^{\infty} a_j \cos \frac{j\pi x}{L}$$

$$O(x) = \frac{b_0}{\sqrt{2}} + \sum_{j=1}^{\infty} b_j \cos \frac{j\pi x}{L}$$

A (x) et O (x) sont supposées définies sur un intervalle fini (0, L).

Cette méthode conduit à une technique de calcul de la correction de collimation particulièrement rapide, que nous avons appliquée à des exemples simulés.

## MÉTHODE

Dans cette étude nous introduisons l'hypothèse que la réponse du collimateur R (ξ) est une fonction paire. C'est une hypothèse peu restrictive, vérifiée lorsque R (ξ) est une fonction gaussienne et qui allège considérablement les calculs.

*Relation entre les coefficients de Fourier $a_j$ et $b_j$.*

Introduisons les coefficients

$$\rho_j = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\xi) \cos \frac{j\pi\xi}{L} d\xi$$

qui se calculent à partir de la transformée de Fourier T.F. ($\nu$) de la fonction R ($\xi$) par :

$$\rho_j = \text{T.F.} \left(\frac{j}{2L}\right)$$

Rappelons que :

$$\text{T.F.}(\nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\xi)\, e^{-2i\pi\nu\xi}\, d\xi$$

Compte tenu de la parité de R ($\xi$), on établit facilement que :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \cos \frac{j\pi u}{L} R(x-u)\, du = \rho_j \cos \frac{j\pi x}{L}$$

relation qui justifie l'usage des bases de cosinus et lie les coefficients des développements par :

$$a_j \cdot \rho_j = b_j$$

En général les coefficients $\rho_j$ décroissent et tendent rapidement vers zéro lorsque j augmente. Une première conséquence est que les termes $b_j$ doivent devenir en général négligeables lorsque j est suffisamment grand et qu'en fait nous n'utilisons qu'un nombre fini de termes du développement de O (x).

De plus, les termes $b_j$, que nous calculerons à partir des valeurs de l'activité observée, seront entâchés d'une certaine erreur $\varepsilon$, due à la nature aléatoire de l'activité et aux éventuelles erreurs de mesure. Le coefficient $a_j$ correspondant sera donc égal à $\frac{b_j}{\rho_j} + \frac{\varepsilon}{\rho_j}$, somme où apparaît le « terme parasite » $\varepsilon/\rho_j$ d'autant plus amplifié que $\rho_j$ sera plus petit.

Sans entrer dans les détails nous noterons seulement qu'il faudra limiter les développements de Fourier de A (x) et de O (x) à un nombre de termes assez faible pour ne pas introduire de termes parasites trop amplifiés. Dans cette étude, nous fixerons arbitrairement ce nombre de termes.

*Calcul des $b_j$.*

Nous avons vu que nous devons limiter la représentation de O (x) à une somme trigonométrique d'un nombre fini de termes

$$O(x) = \frac{b_0}{\sqrt{2}} + \sum_{j=1}^{p} b_j \cos \frac{j\pi x}{L}$$

où p est un paramètre que nous nous sommes fixé.

D'autre part, nous supposerons que la fonction O (x) est définie par ses valeurs numériques en n points équidistants. Nous pouvons toujours supposer que ces points sont définis de la façon suivante : nous partageons (0, L) en n intervalles égaux et les points $x_1, x_2 \ldots x_n$, où O (x) est connue, sont les milieux de ces intervalles.

Nous aurons donc

$$x_1 = \frac{L}{2n} \quad x_2 = \frac{3L}{2n} \quad \ldots\ldots \quad x_k = \frac{2k-1}{2n} L \quad \ldots\ldots \quad x_n = \frac{2n-1}{2n} L$$

les valeurs $O(x_1)$, $O(x_2) \ldots O(x_n)$ sont donc connues

Il est naturel, et commode, de déterminer les $b_j$ pour que le polynôme trigonométrique *

$$\frac{b_0}{\sqrt{2}} + \sum_{j=1}^{p} b_j \cos \frac{j\pi x}{L}$$

approche au mieux, au sens des moindres carrés, la fonction O (x) sur le support $x_1, x_2 \ldots x_n$ (7).

On a alors les relations suivantes :

$$b_0 = \frac{\sqrt{2}}{n} \sum_{k=1}^{n} O(x_k) \qquad b_j = \frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n} O(x_k) \cdot \cos \frac{j\pi x_k}{L}$$

Notons les points suivants :

*a)* Si nous appliquons cette technique à des problèmes où les « termes parasites » sont négligeables, nous pouvons donner à p toute valeur inférieure ou égale à n-l. Si $p = n - 1$ le polynôme trigonométrique sera égal à $O(x_k)$ pour chaque $x_k$ (polynôme d'interpolation).

*b)* Si nous prenons $p < n - 1$, le polynôme trigonométrique d'approximation s'obtient en prenant les $p + 1$ premiers termes du polynôme d'interpolation.

Le fait de prendre $p < n - 1$ entraîne automatiquement un lissage (au sens des moindres carrés) de l'activité observée. Il en sera de même pour A (x) et les formules que nous présenterons.

*Calcul de la matrice de correction de collimation.*

Compte tenu des relations vues on peut écrire

$$A(x) = \frac{b_0}{\rho_0 \sqrt{2}} + \sum_{j=1}^{p} \frac{b_j}{\rho_j} \cos \frac{j\pi x}{L}$$

* Le polynôme trigonométrique est un « polynôme généralisé » au sens de la théorie de l'approximation. Nous abrégerons « polynôme généralisé » en « polynôme » et donnerons à p le nom de « degré ».

où les $b_j$ sont définis par les formules précédentes. Il est commode d'introduire les valeurs $A(x_1)$, $A(x_2)$, ..., $A(x_n)$ calculées aux points de mesure de $O(x)$ et on peut montrer que chaque $A(x_k)$ est combinaison linéaire des valeurs observées $O(x_1) \ldots O(x_n)$. En employant la notation matricielle, on a :

$$\begin{bmatrix} A(x_1) \\ A(x_2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ A(x_n) \end{bmatrix} = [\Phi] \begin{bmatrix} O(x_1) \\ O(x_2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ O(x_n) \end{bmatrix} \qquad (2)$$

où $[\Phi]$ est la matrice de correction de collimation. Ses éléments $\Phi_{kl}$ sont définis par :

$$\Phi_{kl} = Z_p(k + l - 1) + Z_p(|k - l|) \text{ pour } 1 \leqslant \begin{matrix} k \\ l \end{matrix} \leqslant n$$

$Z_p(t)$ est une fonction auxiliaire

$$Z_p(t) = \frac{1}{n}\left\{\frac{1}{2\rho_0} + \sum_{j=1}^{p} \frac{1}{\rho_j} \cos\frac{j\pi t}{n}\right\} \text{ pour } t = 0, 1, 2 \ldots 2n - 1.$$

Il suffit, après tabulation de $Z_p(t)$, de calculer chaque $A(x_l)$ par

$$A(x_l) = \sum_{k=1}^{n} \{Z_p(k + l - 1) + Z_p(|k - l|)\} O(x_k) \qquad (3)$$

*Cas de deux variables.*

La méthode précédente s'étend sans difficulté au cas de deux variables. Notons en particulier le résultat suivant : si la réponse du collimateur est de la forme $e^{-k^2(x^2 + y^2)}$, nous commençons à faire la correction de collimation ligne par ligne, puis sur les valeurs semi-corrigées ainsi obtenues, nous réalisons la correction colonne par colonne selon la même méthode.

## RÉSULTATS

Rappelons d'abord que, dans l'étude des scintigraphies numériques, il faut distinguer deux phénomènes de nature différente : une transformation de l'information due à la collimation, une dégradation de l'information due à la nature aléatoire des grandeurs observées.

Nous nous proposons de montrer sur des exemples que la technique décrite permet de restituer intégralement l'information, lorsque seul le phénomène de collimation intervient, et qu'elle permet également d'améliorer la reconstitution de l'information, lorsque nous avons simultanément effet de collimation et effet aléatoire.

Nous présenterons les résultats obtenus à partir d'exemples simulés. L'intérêt de la simulation sur ordinateur que nous avons déjà employée pour tester les lissages (5 - 6) réside dans le fait que l'on connaît la solution stricte et qu'on peut la comparer aux résultats du traitement.

*Traitement de la seule collimation sans effets aléatoires.*

Les collimateurs simulés sont définis par leur paramètre K égal au rapport de la largeur à mi-hauteur de la réponse du collimateur sur la largeur de la « maille » (distance de 2 points de mesure). La valeur observée en $x_i$ est combinaison linéaire des activités réelles en $x_i$ et aux points voisins de la forme :

$$O(x_i) = c_0 A(x_i) + c_1 (A(x_{i+1}) + A(x_{i-1})) + c_2 (A(x_{i+2}) + A(x_{i-2})) + \ldots$$

Ces coefficients de pondération $c_k$ figurent au tableau I pour diverses valeurs de K.

TABLEAU I

**Coefficients de pondération $c_k$ de l'activité réelle pour différentes valeurs du paramètre de collimation K**

| k \ K | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,47 | 0,32 | 0,24 | 0,19 | 0,16 |
| ± 1 | 0,23 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,15 |
| ± 2 | 0,03 | 0,09 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| ± 3 | | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,08 |
| ± 4 | | | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| ± 5 | | | | 0,01 | 0,02 |
| ± 6 | | | | | 0,01 |

(K = *largeur à mi-hauteur de la réponse du collimateur/distance entre deux valeurs*)

Cette formule nous permet d'obtenir par calcul les « valeurs observées » $O(x_i)$ correspondant à une activité connue.

Dans l'exemple que nous traitons (problème à une variable) nous avons choisi comme activité $A(x)$ une répartition utilisée par Iinuma (4) et représentée figure 1 ; c'est aux valeurs $O(x_i)$ obtenues par les formules précédentes que nous appliquons la technique décrite : calcul des coefficients $b_j$, calcul de $a^*_j$, puis de $A^*(x)$ ; plutôt que de comparer les valeurs $A(x_j)$ et $A^*(x_j)$, il nous a paru plus instructif de comparer les coefficients des développements des deux fonctions $A(x)$ (activité donnée) et $A^*(x)$ (activité calculée). Le tableau II donne les valeurs de certains d'entre eux dans le cas où $K = 2$.

Le même exemple a été repris avec une collimation de paramètre K = 5. Il a alors été nécessaire de faire les calculs en double précision (15 chiffres significatifs) et nous avons obtenu une restitution de qualité un peu meilleure que celle de l'exemple précédent (l'erreur sur les coefficients $a_n$ et $a^*_n$ est inférieur à $10^{-6}$).

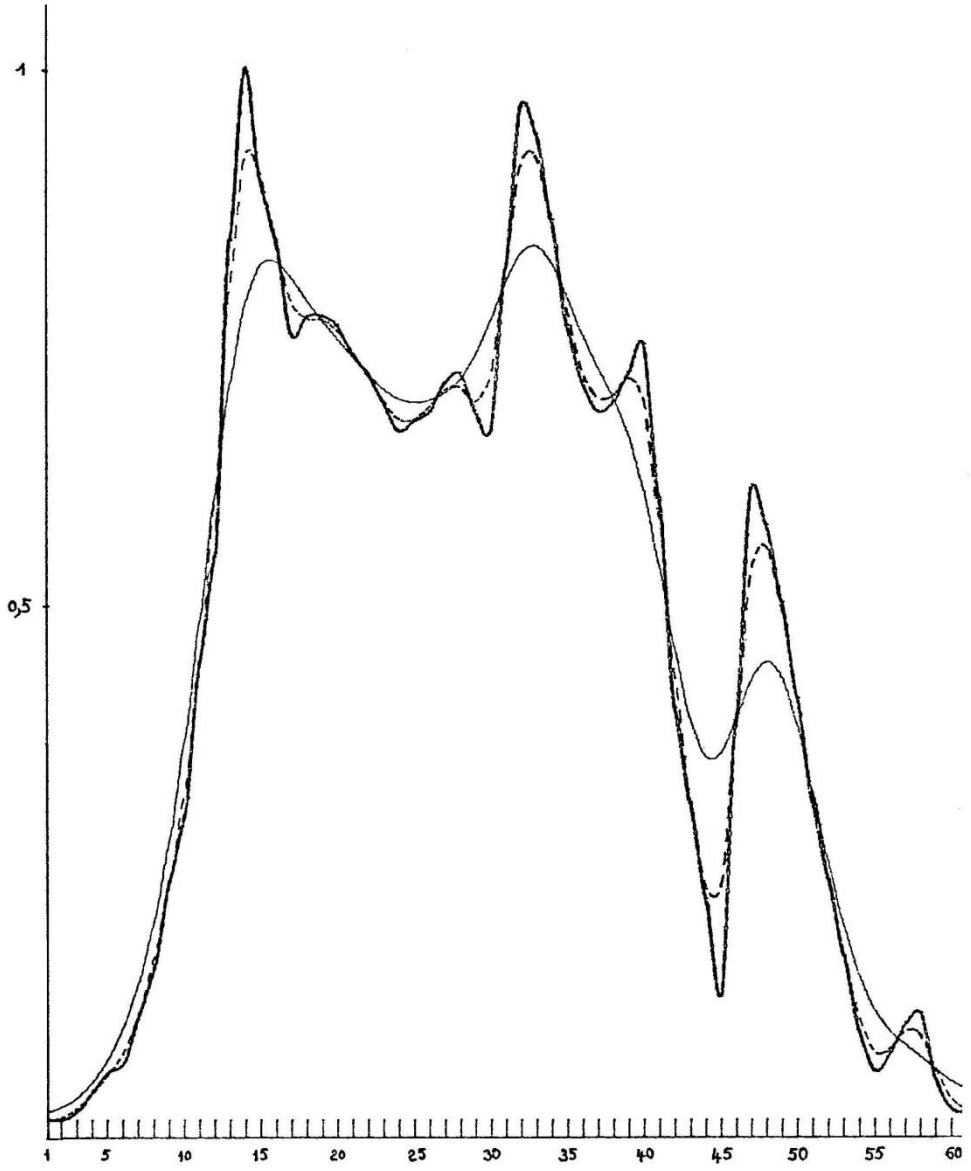



FIG. 1. — Exemple simulé à une variable sans effets aléatoires : données
— Ā (x) : activité moyenne de départ.
--- O (x) : activité observée après collimation étroite (K = 2).
— O (x) : activité observée après collimation plus large (K = 5).

TABLEAU II

**Quelques coefficients $a_k$ et $a^*_k$ des développements des fonctions A (x) (activité donnée) et A* (x) (activité calculée).**

| k | $10^5 \cdot a^k$ | $10^5 \cdot a^{k*}$ |
|---|---|---|
| 0 | 66943 | 66934 |
| 5 | — 7817 | — 7817 |
| 10 | 6287 | 6286 |
| 15 | 3203 | 3203 |
| 20 | — 1498 | — 1497 |
| 25 | — 1669 | — 1669 |
| 30 | — 791 | — 791 |
| 35 | 103 | 102 |
| 40 | 626 | 626 |
| 45 | 428 | 428 |
| 50 | — 450 | — 450 |
| 55 | 418 | 419 |
| 60 | — 207 | — 209 |

*Traitement de la collimation avec effets aléatoires.*

La véritable inconnue de notre problème est ici l'activité moyenne $\overline{A}(x)$, alors que les inconnues qui apparaissent dans les équations sont les $A(x_i)$, réalisation des variables aléatoires poissonniennes de paramètre $\overline{A}(x_i)$.

La connaissance des valeurs observées nous permet, théoriquement du moins (possibilité limitée en fait par les erreurs de mesure), de déterminer les $A(x_i)$ puis, par exemple par une technique de lissage, d'obtenir $A(x_i)$. Dans la technique que nous décrivons, la correction de collimation et le lissage se font simultanément ; le seul fait de prendre $p < n$ assure le lissage, au sens des moindres carrés.

La simulation que nous utiliserons dans nos exemples correspond au cas du scintigraphe mobile ; il y a en effet une grande différence entre le comportement des valeurs observées $O(x_i)$, selon que le détecteur se déplace (scintigraphe mobile) ou est fixe (caméra à scintillations) : dans les 2 cas, les valeurs $O(x_i)$ sont des réalisations de variables poissonniennes, de paramètres

$$O(x_i) = c_0 A(x_i) + c_1 \{ A(x_{i+1}) + A(x_{i-1}) \}$$

mais dans le premier cas les deux groupes de valeurs $A(x_j)$ intervenant dans deux mesures distinctes de $O(x_i)$ et $O(x_k)$ sont faites pendant des intervalles différents, alors que dans le second cas toutes les valeurs $O(x_i)$ proviennent d'un seul groupe de valeurs $A(x_i)$ mesurées pendant le même intervalle de temps. La conséquence est que les valeurs $O(x_i)$ mesurées avec un scintigraphe mobile peuvent être considérées comme indépendantes, alors que les valeurs provenant d'une caméra sont fortement correlées.

Nous nous sommes limités à la simulation du scintigraphe mobile. Elle a été réalisée comme suit : nous nous donnons une répartition $\overline{A}(x)$, calculons $\overline{O}(x_i)$ (valeurs observées moyennes) à l'aide de la formule écrite précédemment. Pour chaque $x_i$ nous simulons la réalisation au hasard d'une variable poissonnienne de paramètre $\overline{O}(x_i)$, le procédé de génération de nombre au hasard assurant l'indépendance des valeurs ainsi simulées. A partir de ces valeurs $O(x_i)$, nous utilisons la technique de traitement décrite.

Notons enfin, les points suivants :

*a)* nous supposons que la réponse du collimateur est constante dans tout le domaine exploré (cas du scintigraphe mobile et non de la caméra à scintillations) ;

*b)* nous négligeons la variation de cette réponse suivant la profondeur, le déplacement du détecteur à l'intérieur d'une « maille » (approximation acceptable si la « maille » est petite) ainsi que les erreurs de mesure ;

*c)* nous nous limitons au cas où la réponse est gaussienne, dans le cas d'une variable comme dans celui de deux variables.

*Exemple à une variable.*

Nous prenons comme activité moyenne $\overline{A}(x)$, une fonction voisine de celle de la figure 1 construite de façon à mettre en évidence l'avantage que possède la méthode décrite sur le simple lissage (sans correction de collimation).

Les essais ont été effectués pour diverses valeurs de K. Mais nous ne présenterons ici que des résultats obtenus avec $K = 5$, valeur qui correspond à une collimation importante et comparable à celle utilisée par Iinuma dans l'article déjà cité (4).

- La figure 2 montre l'activité moyenne donnée $\overline{A}(x)$, l'activité moyenne observée $\overline{O}(x)$ et l'activité observée avec effets aléatoires $O(x)$.

- La figure 3 présente les meilleurs résultats obtenus par simple lissage et par correction de collimation. Ils correspondent à la même valeur du degré $p = 15$. Les résultats varient très peu pour p compris entre 12 et 18. La concordance entre l'activité corrigée de l'effet de collimation $\overline{A}_c(x)$ et l'activité moyenne de départ $A(x)$ est très satisfaisante. On note également que $\overline{A}_c(x)$ est plus proche de $\overline{A}(x)$ que ne l'est $A^*(x)$, activité obtenue par lissage seul.

*Exemple à deux variables.*

Il s'agit d'une simulation d'un fantôme de foie défini par une matrice de 26 lignes et 34 colonnes et présentant une zone d'hypoactivité au voisinage du point $x = 18$ et $y = 14$ (18e ligne et 14e colonne). La valeur maximale de l'activité moyenne donnée $\overline{A}(x, y)$ est égale à 378. Les paramètres du collimateur sont les suivants : $K_x = 12/7$ et $K_y = 2$. L'effet de collimation est donc assez important.

Nous présentons l'activité moyenne de départ $\overline{A}(x, y)$, l'activité observée moyenne $\overline{O}(x, y)$ correspondant à $\overline{A}(x, y)$ ayant subi l'effet de collimation,

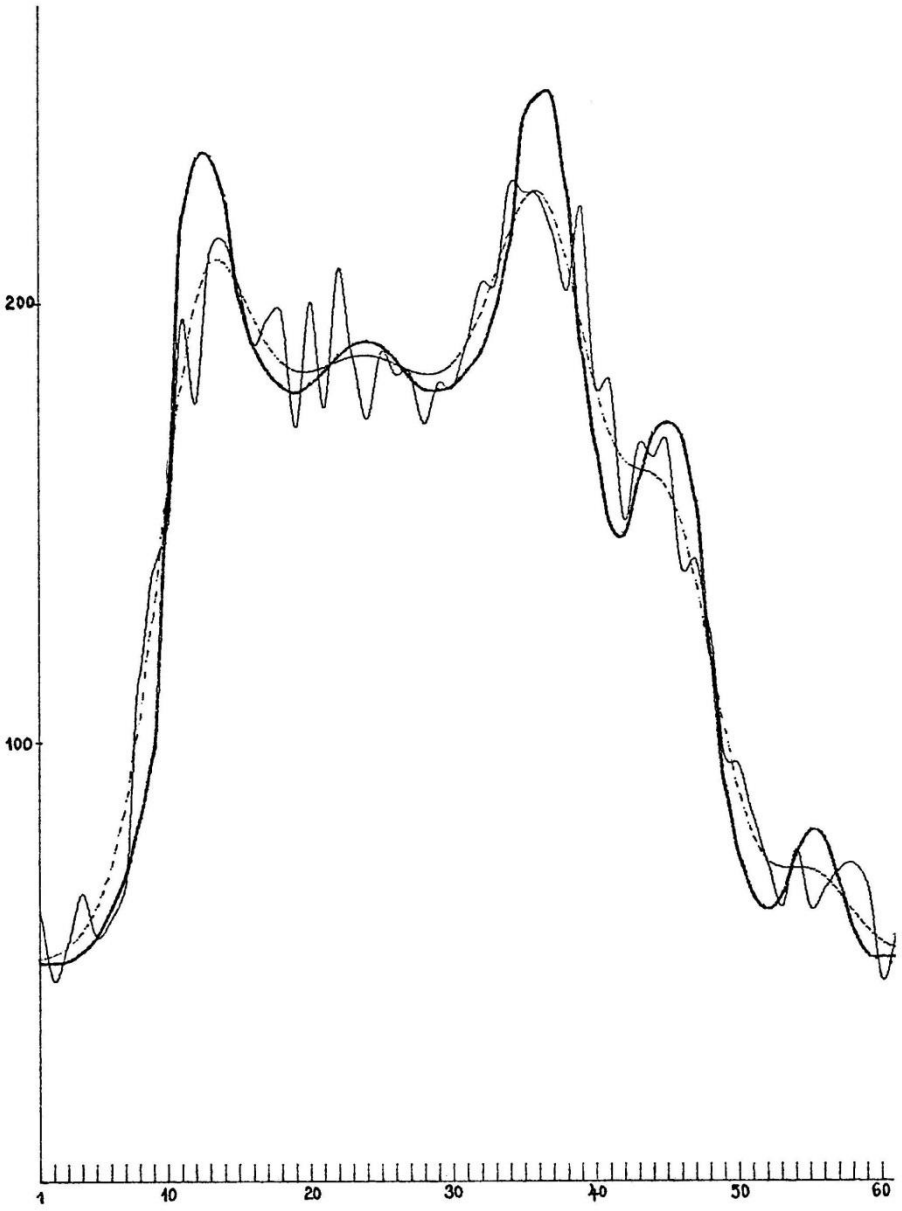



FIG. 2. — Exemple simulé à une variable avec effets aléatoires : données
— $\bar{A}$ (x) : activité moyenne choisie.
--- $\bar{O}$ (x) : activité moyenne après collimation.
— O (x) : activité observée après collimation et effets aléatoires. Les résultats des traitements mathématiques effectués sur les valeurs O ($x_i$) apparaissent sur la figure 3.

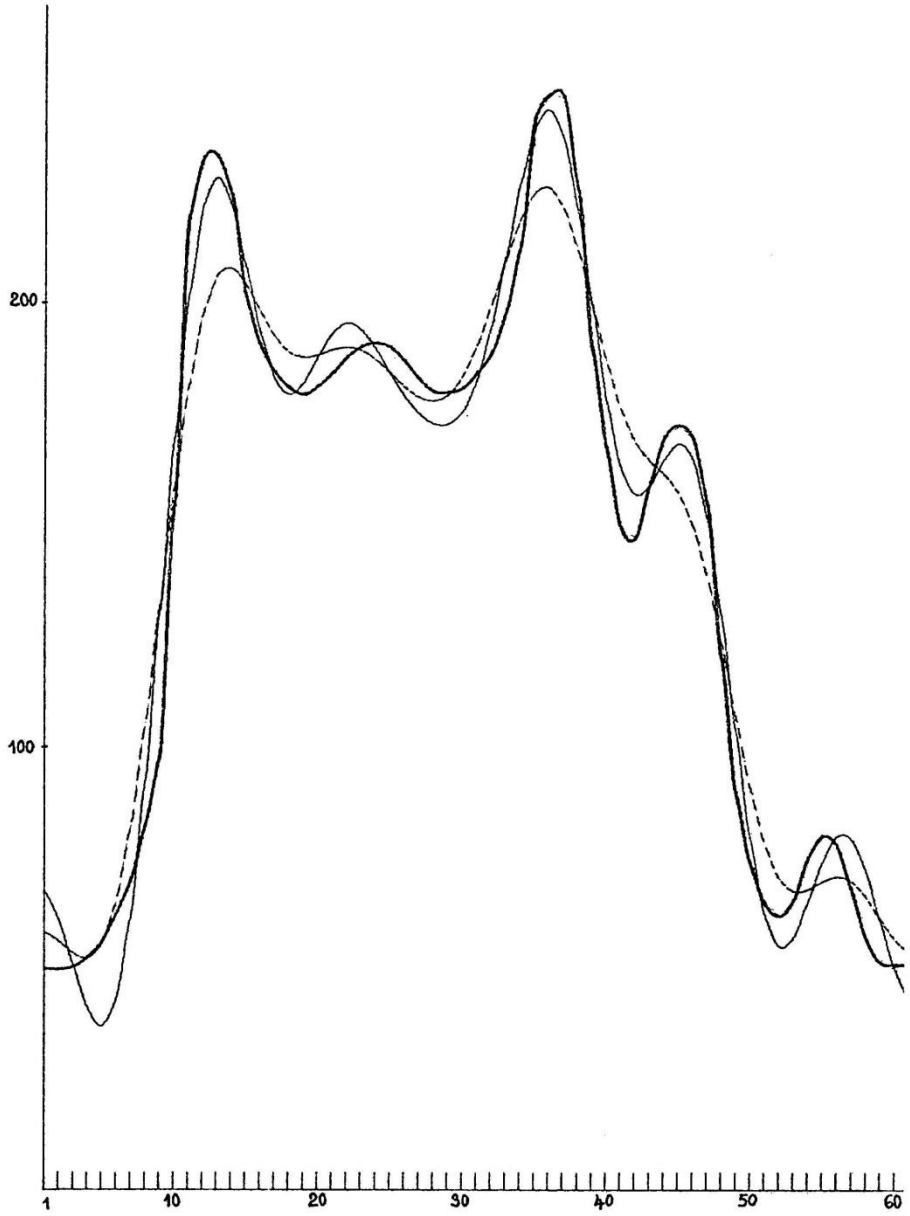



FIG. 3. — Meilleurs résultats obtenus à partir des valeurs O ($x_i$) de la figure 2 par simple lissage et par correction de collimation :
— $\bar{A}$ (x) : activité moyenne choisie.
--- A* (x) : activité lissée avec un polynôme de degré 15.
— $A_c$ (x) : activité corrigée par notre méthode avec un polynôme de degré 15.

l'activité obtenue après lissage A* (x, y) et celle obtenue après correction de collimation $\overline{A}_c$ (x,y), sous forme de lignes d'isovaleurs égales à 90, 80, ... 10 % de la valeur maximale de la distribution.

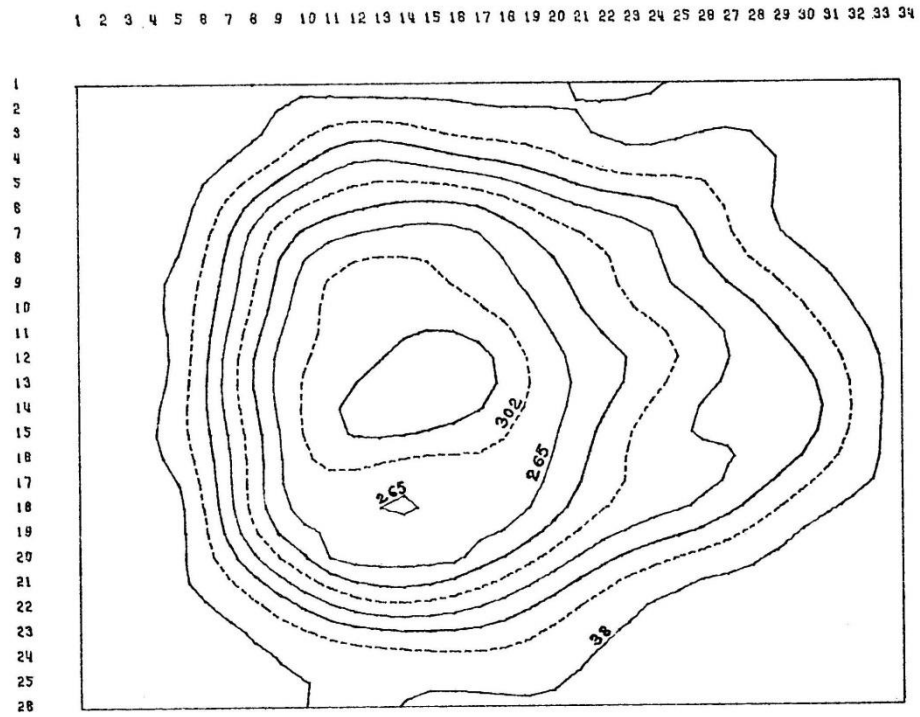



FIG. 4. — Exemple simulé à deux variables avec effets aléatoires correspondant à la scintigraphie d'un fantôme de foie.
Lignes d'isovaleurs représentatives de l'activité moyenne de départ $\bar{A}$ (x, y). La valeur maximale est égale à 378. On note une zone d'hypoactivité centrée sur les valeurs x = 14 et y = 18.

$\overline{A}$(x, y) et $\overline{O}$(x, y) sont représentées sur les figures 4 et 5. Les figures 6 et 7 montrent les meilleurs résultats obtenus pour A* (x, y) et $\overline{A}_c$(x, y). Ils correspondent à des polynômes du même degré p = q = 12. On constate que le « creux » très peu apparent après lissage devient très net après correction de collimation.

Signalons que le calcul de $\overline{A}_c$(x, y) est aussi rapide que celui de A* (x, y) : sur l'ordinateur CII 10070 en simple précision, il demande environ 0,12 mm. Le temps de calcul dépend du nombre de points mais très peu des degrés du polynôme.

Le programme est écrit en FORTRAN IV.

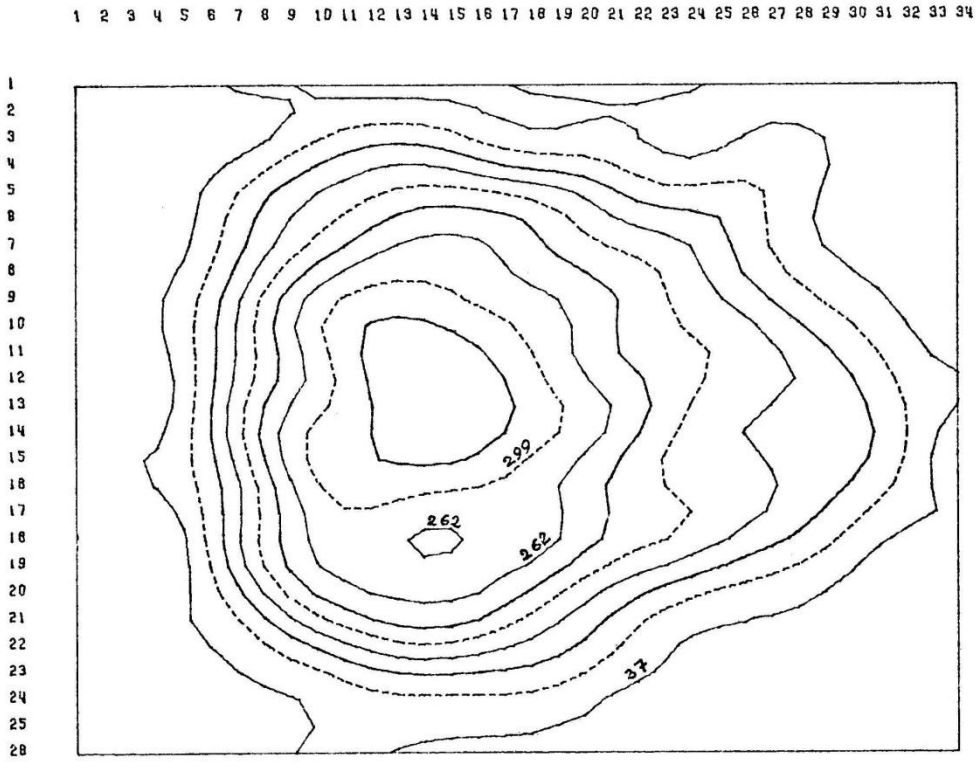



FIG. 7. — Meilleurs résultats obtenus après correction de collimation de l'activité observée O (x, y) (emploi d'un polynôme de degré 12 en x et en y). La valeur maximale est égale à 374. La comparaison des figures 4, 6 et 7 montrent que l'activité corrigée $\bar{A}_c$ (x, y) approche l'activité moyenne de départ $\bar{A}$ (x, y) nettement mieux que ne le fait l'activité lissée A* (x, y). La zone hypoactive masquée en partie par l'effet de collimation apparaît nettement.

une approximation très satisfaisante de l'activité moyenne réelle, meilleure qu'avec le lissage seul. L'étude de scintigraphies réelles du fantôme de thyroïde (Picker) confirme le grand avantage apporté par cette méthode vis-à-vis des seuls lissages lorsque la résolution n'est pas très fine (ces résultats feront l'objet d'une autre publication).

La détermination optimale du degré p du polynôme reste le problème délicat : choisir des valeurs trop petites assure une grande régularité de l'activité traitée mais peut, comme le lissage, faire disparaître des anomalies significatives ; choisir des valeurs trop grandes fait apparaître des oscillations sans signification. Dans cette première étude, nous avons fixé un certain nombre de valeurs de p et nous avons comparé les résultats aux données. Nous avons constaté que l'élévation du degré produisait des phénomènes « aberrants » dus à l'amplification anormale de termes parasites et que ces phénomènes se traduisaient par exemple par l'apparition de valeurs corrigées

maximales nettement supérieures à la valeur simulée (ou mesurée) maximale ainsi que de valeurs corrigées négatives. Nous avons l'intention d'étudier en détail le caractère aberrant de ces phénomènes afin de pouvoir les tester. La méthode consisterait alors à donner à p des valeurs croissantes jusqu'à l'apparition du phénomène aberrant et à garder comme valeur de p la dernière valeur diminuée de une ou plusieurs unités.

## References

1. Berche C., Di Paola R. — Analyse fréquentielle et filtrage des images scintigraphiques. *J. Biol. et Méd. Nucl. (A.T.E.N.)*, **9**: 16-28, 1974.
2. Brown D. W., Kirch D. L., Ryerson R. W. et al. — Computer processing of scans using Fourier and other transformations. *J. Nucl. Med.*, **12**: 287-291, 1971.
3. Chau N. — Une technique de résolution de l'équation de convolution. Application à la correction de collimation des scintigraphies numériques. Thèse en cours.
4. Iinuma T. A., Nagai T. — Image restoration in radioisotope imaging systems. *Phys. Med. Biol.*, **12**: 501-509, 1967.
5. Legras B., Potdevin M., Martin J. — Intérêt de la simulation pour l'étude des scintigrammes sur ordinateur. *Rev. Inf. Méd.*, **3**: 119-122, 1972.
6. Legras B., Potdevin M., Martin J. — Statistical verification of the smoothing of low scanning values. A study by simulation and with a phantom. *J. Nucl. Med.*, **13**: 528-533, 1972.
7. Legras J. — Méthodes et techniques de l'analyse numérique. Ed. Dunod, Paris, 1971.
8. Nagai T., Fukuda N., Iinuma T. A. — Computer - focusing using an appropriate gaussian function. *J. Nucl. Med.*, **10**: 209-212, 1969.

A new display technique for computer processed scans

LEGRAS B, MALLET J-L, CHAU N, LAMBERT J-P, LEGRAS J

European Journal of Nuclear Medicine, 1977, 2, 129-131

No 33

Eur. J. Nucl. Med. 2, 129–131 (1977)

European Journal of Nuclear Medicine
© by Springer-Verlag 1977

# A New Display Technique for Computer-Processed Digital Scans

B. Legras[1], J.L. Mallet[2], N. Chau[1], J.P. Lambert[3], J. Martin[1] and J. Legras[3]

[1] Section d'Informatique Médicale (Unité U.115), Faculté de Médecine, Nancy, France
[2] Ecole de Géologie, Nancy, France
[3] Département de Mathématiques Appliquées, Faculté des Sciences, Nancy, France

**Abstract.** This article presents a new approach for presenting scintigraphic images. The technique combines the conventional plotting of contour lines and the highlighting, by means of hatching, of the concavities (or convexities) of the 'surface' representative of radioactive distribution. The search for the surface features is achieved generally by the method of normal curvatures. An example with a phantom demonstrates the utility of this representation method.

## Introduction

Accurate knowledge of the 'relief' of the scintigraph 'surface' which characterizes the radioactive distribution of an isotope is important, in particular its features, which may correspond to known anatomic structures or to uptake irregularities. Some authors have investigated the automatic highlighting of concavities by computer (Grassman et al., 1970; Neill et al., 1971) but these investigations have been carried out on profiles of the surface and consist in comparing the measured values with the average values.

These techniques are useful, but it appears more interesting and more logical to examine surface singularities in an overall manner, and the authors were led to employ the method of normal curves, a method which does not depend on directions but only on the intrinsic properties of the surface.

## Method

A classic proof in differential geometry shows that among all planes passing through a point $M$ of an area defined by $f(x,y)$ and containing the normal $\vec{N}$ at this point, two planes $P_1$ and $P_2$ exist, which are perpendicular to each other and such that the corresponding radii of curvature $R_1$ and $R_2$ are the shortest and longest possible (Fig. 1). $R_1$ and $R_2$ are the principal (normal) radii of curvature and $C_1=1/R_1$ and $C_2=1/R_2$ are the principal normal curvatures.

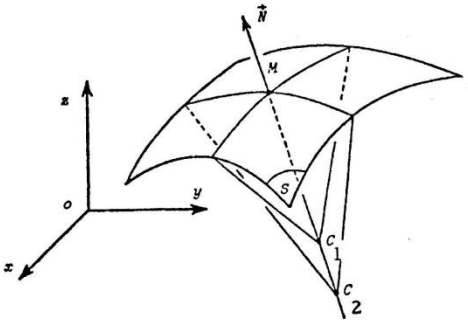



**Fig. 1.** Main radii of normal curvature of surface $S$ at point $M$ ($R_1=MC_1$, $R_2=MC_2$)

The determination of $R_1$ and $R_2$ requires the calculation of the first and second partial derivatives of $f$. In order to estimate these derivatives at each point of the scintiscan, the program employed[1] carries out a local interpolation by a polynomial of determined degree at $x$ and at $y$ on a selected window[2].

The representations adopted employ a curve plotter[3] and associate the plotting of isocontours with the revelation of concavities (or convexities) by normal curvatures.

The program hatches the zones in which both curvatures $C_1$ and $C_2$ have the same selected sign (negative in the study of concavities). It determines their respective means $C_{M1}$ and $C_{M2}$ and at

*For offprints contact:* Dr. B. Legras, Section d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine B.P. 1080, F-54019 Nancy-Cédex, France

[1] The program is written in FORTRAN IV and its size is about 2K octets

[2] The window is centered on the point considered whenever possible, or not centered in other cases (edges of area studied). Local interpolation is achieved by Lagrange's method. The best results are provided by a 4th degree polynomial at $x$ and at $y$ and a 25-points window

[3] Curve plotter Calcomp used off-line

areas where $|C_1|>|C_{M1}|$ and $|C_2|>|C_{M2}|$ simultaneously, it overprints hatching perpendicular to the previous hatching. Hence the more pronounced and consequently more significant anomalies are easily localized.

Many other procedures are feasible. One involves the use, at each point, of the maximum curvature only. Curvatures can also be more highly quantified by using a greater number of hatchings.

## Results

In order to illustrate these representation techniques, the authors have chosen the scintiscan of a liver phantom, more accurately described in another article (Legras et al., 1972). It is carrying two lead discs which simulate two pathologic cold lesions. The upper one is visible on the black white scan unlike the lower cold lesion. The value matrix is $64 \times 64$ and the maximum measured value is equal to 240.

The raw values obtained were smoothed by an original method (Lambert, 1975). This smoothing is carried out simultaneously on all the values by a polynomial at $x$ and at $y$ by the method of the least squares. Two statistical tests applied to raw and smoothed values provide information on smoothing quality (Legras, 1972) and help to choose the polynomial degree. In our example, we have used a 10th degree polynomial and we shall allow as true that the smoothed surface is characteristic of the radioactive distribution.

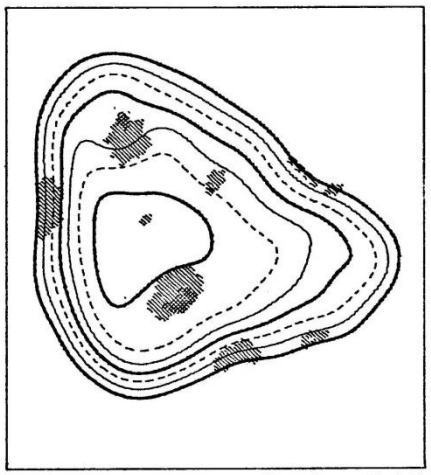


**Fig. 4.** Representation of concavities of smoothed digital scan of phantom liver by the method of normal curvatures in association with contour lines. Two types of hatching are used, depending on the value of the two radii of curvature

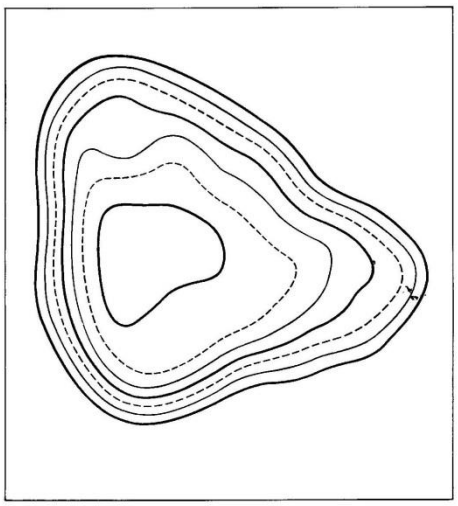


**Fig. 2.** Contour lines of smoothed digital scan of phantom liver (equidistant levels of 10% of the maximum smoothed value)

Only the concavities are considered here. Figure 2 shows the classic representation by isocontours. They clearly reveal the upper cold zone but merely suggest the lower one. The isometric representation which has been used in nuclear medicine since 1964 (Duggan et al.) shows the two anomalies more clearly (Fig. 3).

The representation associating isocontours and concavities (Fig. 4) enables perfect display of the two cold lesions. Furthermore, it objectifies the small hollows which are very difficult to evaluate from isocontours.

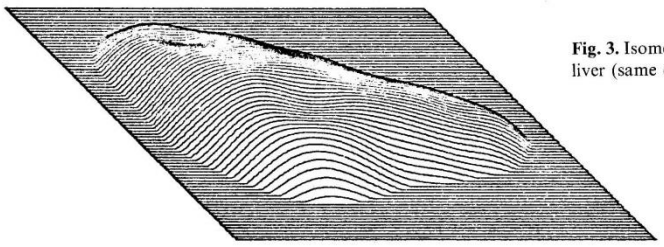


**Fig. 3.** Isometric representation of smothed digital scan of phantom liver (same orientation as Fig. 2)

Note that the various representations are not effected below a basic level defined by a certain percentage of the maximum value (30% in the present example).

## Discussion and Conclusions

The classic representation of computer-processed scintiscans uses the isocontour method. If the grid is very dense, however, the document is difficult to read, and if the grid is loose, the curves may tend to ignore interesting zones (which is the case with the lower hypofixing zone not displayed in Fig. 2).

The isometric representation is more expressive but has two drawbacks—anomalies may be masked, depending on the sight angle, and it is difficult to establish precisely the magnitude and location of the anomalies.

The new type of representation described in this article furnishes in a single document the isocontours and complementary information on the relief of the surface. The isocontours give a general idea of the surface, and the shaded zones immediately locate the cold zones. In this initial study, a sufficient degree of quantification of the concavities was achieved to satisfy current needs. There is no problem in modifying the graphic representation to obtain more advanced quantification. This representation, which is the result of extensive tests, appears to be easier to interpret.

## References

Duggan, M.H., Brice, J., Jones, E., Mallard, J.R., Myers, M.I.: Scanning techniques for brain—tumour localization. Med. Radioisot. Scanning (IAEA Vienne) **II**, 121–145 (1964)

Grassman, E.D., Horgan, J.D., Maeder, C.: Quantitative analysis of liver scan data as on aid diagnosis. Radiology **95**, 517–523 (1970)

Lambert, J.P.: Etude par simulation des lissages polynomiaux des scintigraphies numériques avec contrôle statistique. Thèse 100 p. (1975)

Legras, B.: Analyse de différentes représentations des scintigraphies numériques traitées par ordinateur. Mémoire D.E.R.B.H., 70 p. (1975)

Legras, B., Potdevin, M., Martin, J.: Statistical verification of the smoothing of low scanning values. A study by simulation and with a phantom. J. nucl. Med. **13**, 528 (1972)

Mallet, J.L.: Présentation d'un ensemble de méthodes et techniques de la cartographie numérique. Sciences de la Terre **4**, No. 4, 212 p. (1974)

Neill, G.D.S., Hutchinson, F.: Computer detection and display of focal lesions on scintiscans. Brit. J. Radiol. 962–967 (1971)

*Received October 11, 1976*

A new fast mathematical technique for resolution enhancement applied to simulated scans of the thyroid phantom

CHAU N, LEGRAS B, LEGRAS J, MARTIN J

European Journal of Nuclear Medicine, 1977, 2, 147-151

No 35

Eur. J. Nucl. Med. 2, 147–151 (1977)

European Journal of Nuclear Medicine
© by Springer-Verlag 1977

# A New Fast Mathematical Technique for Resolution Enhancement Applied to Simulated Scans of the Thyroid Phantom

N. Chau[1], B. Legras[1], J. Legras[2], and J. Martin[1]

[1] Section d'Informatique Médicale (Unité INSERM U115), Faculté de Médecine, Nancy, France
[2] Département de Mathématiques Appliquées, Faculté des Sciences, Nancy, France

**Abstract.** The authors present a new mathematical technique for resolution enhancement. It has been applied to scans of the international thyroid phantom simulated by computer, in standard measurement conditions. The effect of random fluctuations and the choice of the optimal image are investigated. The results obtained are satisfactory and superior to those of smoothings.

## Introduction

Various works have dealt with the problem of resolution enhancement of digital scans. The methods employed are mainly iterative ones (Iinuma and Nagai, 1967, 1969) and those based on Fourier transforms (Brown, 1971; Metz, 1974), but the problem is complicated by the existence of random noise associated with the radioactive emission.

We have developed a mathematical technique with a certain resemblance to the methods employing Fourier transforms, one which enables simultaneous smoothing and resolution enhancement.

Moreover, it is a rapid method (about 12 times faster, for a matrix of $64 \times 64$ elements, than those based on Fourier transforms using Glasman's[1] fast Fourier transform algorithm) and a stable one, based on rigorous mathematical formulations and well adapted to computer processing.

We applied this method to real scans of Picker's thyroid phantom. In order to test the method in more rigorous conditions, we performed computer simulations of the scan of the phantom in question.

The results obtained are presented after a brief discussion of the method proposed.

*For offprints contact:* Dr. B. Legras, Section d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine, BP 1080, F-54019 Nancy Cédex, France

[1] The gain in time in relation to techniques employing rapid Fourier transforms is even greater if the number of values is different by a power of 2

## Method

We shall only deal here with the case of one variable, in which the resolution function $R(x)$ of the collimator is even.

The resolution enhancement calculation is linked to the resolution of the convolution equation:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(u) \cdot R(x-u)\, du = O(x)$$

where $A(x)$ and $O(x)$ represent the real and observed activities respectively. We assume that $A(x)$ and $O(x)$ are defined over a finite interval $(0, T)$.

The method involves approximating $A(x)$ and $O(x)$ by the trigonometric series $A^*(x)$ and $O^*(x)$ limited to the $p$ order (which we shall term degree):

$$A^*(x) = a_0 + \sum_{j=1}^{p} (a_j \cos j\omega x + b_j \sin j\omega x)$$

$$O^*(x) = C_0 + \sum_{j=1}^{p} (c_j \cos j\omega x + d_j \sin j\omega x)$$

with: $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

By introducing the coefficients:

$$R_j = \int_{-\infty}^{+\infty} R(u) \cos j\omega u \cdot du$$

it is shown that the coefficients $a_j$, $b_j$ and $c_j, d_j$ of $A^*(x)$ and $O^*(x)$ are interrelated by:

$$c_j = R_j a_j$$
$$d_j = R_j b_j.$$

Consequently:

$$A^*(x) = \frac{C_0}{R_0} + \sum_{j=1}^{p} (c_j \cos j\omega x + d_j \sin j\omega x).$$

Furthermore, let us assume that $O(x)$ is a function defined by its digital values at $n$ equidistant points:

$$x_1=0,\ x_2=\frac{T}{n},\ldots,x_i=\frac{i-1}{n}\cdot T,\ldots,\ x_n=\frac{n-1}{n}\cdot T.$$

Hence it is natural and convenient to determine coefficients $c_j$ and $d_j$ so that $O^*(x)$ is the best approximation in the sense of the least squares of $O(x)$ on medium $x_1, x_2 \ldots x_n$.[2] The coefficients are calculated in these conditions by the following equations (Chau, 1976), valid for $n \geqq 2p+1$.

$$c_0=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} O(x_i)$$

$$c_j=\frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n} O(x_i)\cos j\omega x_i$$

$$d_j=\frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n} O(x_i)\sin j\omega x_i$$

Let us introduce the values of $A^*(x)$ at the measurement points $x_i$ of $O(x)$. In view of the above results, one can show that:

$$A^*(x_k)=\sum_{i=1}^{n} O(x_i)\,Z_p(|i-k|)$$

for $k=1,2\ldots n$

where $Z_p$ is an auxiliary function independent of $O(x)$:

$$Z_p(t)=\frac{2}{n}\left(\frac{1}{2R_0}+\sum_{j=1}^{p}\frac{1}{R_j}\cos\frac{2\pi jt}{n}\right).$$

The formulas may be extended to cover two variables without any problems. We shall only deal here with the case in which the degree in $x$ is equal to the degree in $y$. Note that smoothing alone is obtained without resolution enhancement by making $R_j$ equal to 1.

## Simulations Performed and Results

Using a computer, we produced simulated scans of Picker's international thyroid phantom with its four nodules.

Figure 1 shows the distribution of the mean initial values with the three levels (100%, 50%, and 10% corresponding to the background). The matrix consists of $38 \times 45$ values of $2 \times 2$ mm elementary areas.

We simulated the observed values from mean initial values by carrying out the collimation effect and building Poisson's values. Collimation was defined by gaussian response and low resolution ($WHM = 10$ mm). Figure 2 shows the activity without random noise.

We performed many simulations with increasing values of the activity (maximum of the mean initial values equal to 44, 88, 176, and 352). Figure 3 shows the activity with noise (observed activity) when the maximum is equal to 44.

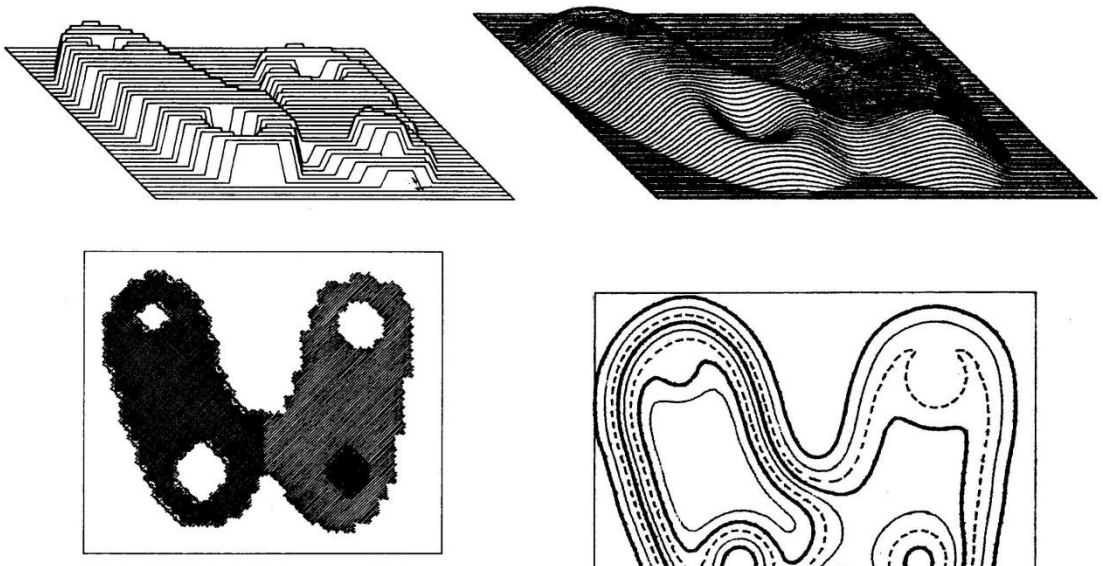




**Fig. 1.** Representation of mean initial activity simulating the mean real activity of Picker's thyroid phantom



**Fig. 2.** Representation of activity after the effect of collimation and without random fluctuations

[2] The approximation in the sense of least squares is also the best in the sense of the maximum likelihood when the values are gaussian. Here $O(x)$, which follows a Poisson's law, becomes appreciably gaussian when the values are greater than 15

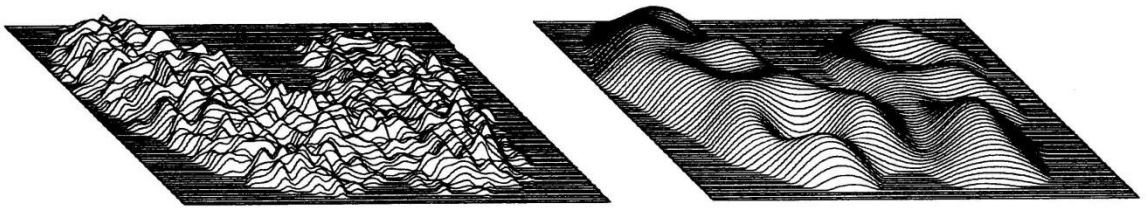


**Fig. 3.** Representation of observed activity simulating measured activity (mean initial activity maximum = 44)

We applied our method (resolution enhancement and smoothing alone) to observed values with increasing degrees. In order to characterize and compare the different results, we calculated the mean of the relative differences (in absolute value) between the mean initial values and the processed ones. These results and the maximal values are indicated in the table below.

It may be noted that the best results ($E$ minimum) are obtained by enhancement of collimation with degree 4 for moderate activities and degree 5 for stronger activities. The corresponding maximum processed value is just under the maximum observed value (degree 4) or very slightly above (degree 5).

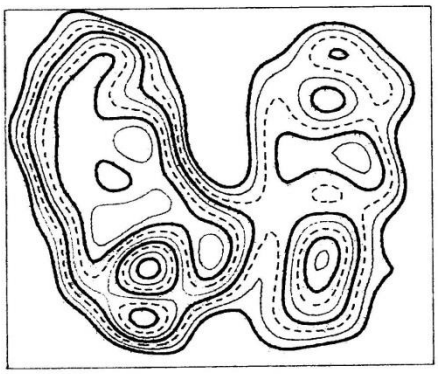
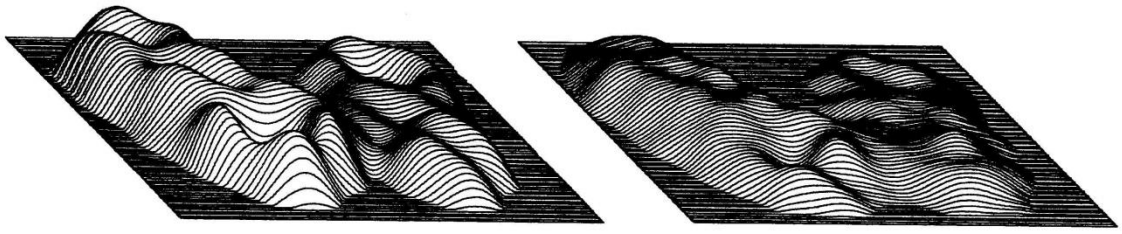


**Fig. 4.** Representation of activity corrected by our method (degree 4 at $x$ and $y$, mean initial activity maximum = 44)

**Table 1.** Maximum values (max) and the differences with the mean initial values ($E$) (see explanations in the text). The minimum values of $E$ (best results of the processings) are italicized

| | Mean activity | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | max = 44 | | max = 88 | | max = 176 | | max = 352 | |
| | $E$ % | max | $E$ % | max | $E$ % | max | $E$ % | max |
| observed activity | | | | | | | | |
| | 24.4 | 55 | 22.2 | 102 | 20.9 | 193 | 20.1 | 372 |
| activity, after resolution enhancement by our method, at $x$ and $y$ | | | | | | | | |
| . degree 3 | 23.0 | 53 | 22.9 | 107 | 22.8 | 215 | 22.8 | 432 |
| . degree 4 | *18.0* | 50 | *17.6* | 98 | 17.4 | 196 | 17.4 | 398 |
| . degree 5 | 21.5 | 58 | 18.4 | 108 | *16.5* | 212 | *15.4* | 419 |
| . degree 6 | 37.5 | 87 | 28.2 | 150 | 22.3 | 268 | 18.5 | 488 |
| . degree 7 | 183.1 | 211 | 129.9 | 326 | 92.4 | 519 | 66.0 | 849 |
| activity smoothed by our method (degree 7, best results) | | | | | | | | |
| | 20.4 | 45 | 19.9 | 89.4 | 19.6 | 177 | 19.4 | 351 |
| activity smoothed by averaging (3 × 3 points without weighting) | | | | | | | | |
| | 24.3 | 42 | 24.1 | 85 | 24.1 | 171 | 24.0 | 342 |
| activity smoothed by weighted averaging (Tauxe's method)[a] | | | | | | | | |
| | 26.6 | 41 | 26.5 | 82 | 26.4 | 166 | 26.4 | 333 |

[a] In the method proposed by Tauxe and Sprau (1966), the weights are derived from the system response function



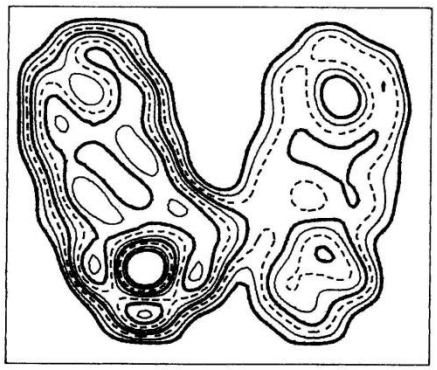


**Fig. 5.** Representation of activity corrected by our method (degree 5 at $x$ and $y$, mean initial activity maximum = 352)

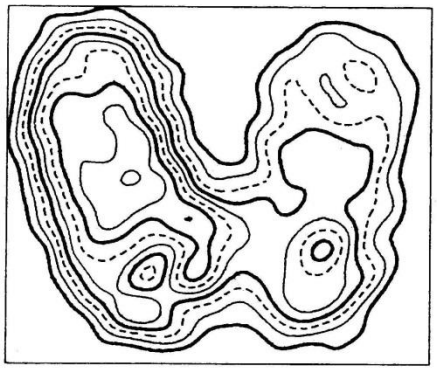


**Fig. 6.** Representation of activity after smoothing alone by our method (degree 7 at $x$ and $y$, mean initial activity maximum = 44)

When the degree exceeds the optimum, the enhanced value begins rising very rapidly.

Figure 4 shows the document processed with degree 4 and maximum mean initial activity of 44. In appearance it closely approaches those obtained with other simulations with the same degree. The three main anomalies are clearly marked, but the small upper cold zone is not highlighted. Moreover, small undulations of about 10 % exist at the activity plateaux. These undulations are weaker with higher activity.

Figure 5 presents the document processed with degree 5 and maximum mean initial activity of 352. The fourth nodule is displayed and is distinguished from neighboring undulations by a sharper drop in activity (about 30 %).

It is also worthwhile noting the good results of smoothing, achieved exclusively by our method. Figure 6 shows the document smoothed with degree 7. The three anomalies are less pronounced than with the collimation enhancement, but the undulations are also weaker. Averaging, weighted or not, gives poorer results.

## Discussion

This work comprises two sections, the first of which provides a brief description of a new algorithm for processing the convolution equation, of which the differences and advantages in relation to the usual algorithms using fast Fourier transforms have been analyzed in another article (J. Legras and Chau, 1977). It is more rapid than conventional algorithms, especially when the number of points considered differs by a power of 2.

The second section presents the results of computer-simulated scans. The value of simulation resides, in particular, in the exact knowledge of the mean initial activity, which can be compared to the processed activity. In order to approach reality, we decided to simulate the international thyroid phantom with one value every $2 \times 2$ mm and fairly wide collimation ($WHM = 10$ mm corresponding to five points). We varied the number of counts to investigate the influence of this parameter. It can be seen that the optimal degree varies only slightly (4 for low activities, 5 for high activities).

Based on the equations given, it can easily be shown that, when collimation has a gaussian response defined by $WHM$, the enhanced activity $A(x)$ is a function of the ratio:

$$\bar{O}(x) \Big/ \frac{WHM}{d}$$

where $\bar{O}(x)$ is the mean observed activity (equal to the variance of fluctuations since $\bar{O}(x)$ follows Poisson's law) and $d$ is the side of the elementary area. For any value of this ratio, an optimal degree exists which provides the best restitution of $A(x)$. To increase this degree and to display finer details with the same collimation, it is necessary to reduce the random effects (increase $\bar{O}(x)$ or feed in more data (lower $d$, leaving $\bar{O}(x)$ constant)). Hence in our simulation, with $\bar{O}(x)\max = 44$, we are restricted to degree 4, which does not reveal the small upper left-hand cold zone. On the other hand, with $\bar{O}(x)\max = 352$, it is possible to reach degree 5, which makes it possible to display this anomaly.

In the given conditions ($WHM$ and $d$ defined), the optimal degree can only assume a few values (2 or perhaps 3). In practice, one can therefore select one of these values (for example, in line with measured activity), or test all of them, while taking account of the comparison between maximum measured and enhanced values in selecting the final document.

## Conclusions

The computer simulation of scans provides the possibility of accurate judgement of the qualities and limits of the method used for resolution enhancement. The experiments reveal the existence of an optimal degree. The latter appears to be associated chiefly with operating conditions (side of the elementary area, $WHM$, activity level), but varies only slightly in normal conditions.

Naturally, the enhanced values can only provide an approximate approach to the real mean values, owing to random fluctuations which prevent the use of high degrees, especially with lower activity. Resolution enhancement nevertheless provides results superior to those of smoothing, and deserves to be tested in current practice.

## References

Berche, C., Di Paola, R.: Analyse fréquentielle et filtrage des images scintigraphiques. J. Biol. et Med. Nucl. **36**, 16–28, **37**, 16–39, **39**, 8–14, (1974)

Brown, D.W., Kirch, D.L., Ryerson, R.W.: Computer processing of scans using Fourier and other transformations. J. Nucl. Med. **12**, 287–291 (1971)

Chau, N.: Une technique numérique de résolution d'équations de convolution. Application au traitement des scintigraphies numériques. Thèse mathématiques (1976)

Glassmann, J.A.: A generalisation of the Fast Fourier Transform. IEEE Transactions on Computers, Vol. C, 19, 2, 105–111 (1970)

Iinuma, J.A., Nagai, T.: Image restoration in radioisotope imaging systems. Phys. Med. Biol.: **12**, 501–509 (1967)

Legras, J.: Méthodes et techniques de l'analyse numérique. Paris: Dunod 1971

Legras, J., Chau, N., Legras, B.: Une nouvelle technique de correction des scintigraphies numériques. Etude par simulation. Annales Phys. Biol. et Med. **8**, 221–236 (1974)

Legras, J.: A new algorithm for resolution enhancement in scintigraphy. Accepted by Physics in Med. and Biol. (1977)

Sprau, A.C., Tauxe, W.N.: A computerized radioisotope scan-data filter based on a system response to a point source. Mayo Clin. Proc. **41**, 585–598 (1966)

*Received April 29, 1977*

# Un nouvel algorithme de reconstruction en tomographie d'émission. Application à l'étude expérimentale de divers paramètres

LEGRAS J, LEGRAS B, LAMBERT J-P, LEICHTMANN G, TRITSCH P, ROUSSEL R

Journal de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1981, 5, 273-279

No 58

MÉMOIRE

# Un nouvel algorithme de reconstruction en tomographie d'émission

## *Application à l'étude expérimentale de divers paramètres*

J. LEGRAS (*), B. LEGRAS (**), (***), J.-P. LAMBERT (**), G. KARCHER (***)

RÉSUMÉ. – La première partie de cet article décrit en détail l'algorithme de reconstruction original tant par la méthode de résolution que par la technique de régularisation, algorithme valable aussi bien en tomographie d'absorption, qu'en tomographie d'émission, où il permet d'introduire une correction d'absorption (coefficient d'absorption constant).

La deuxième partie concerne l'étude expérimentale réalisée à l'aide d'un fantôme tournant devant une gamma-caméra. Des résultats sont présentés et commentés, ainsi que les effets de quelques éléments, centrage, correction d'absorption. Un point essentiel est l'importance de la qualité du centrage de l'axe de rotation.

SUMMARY. – *The first part of this article gives a detailed description of a new algorithm of reconstruction both by the resolution method and the regularisation technique. This algorithm is valid both in the tomography of absorption and emission, where it makes the introduction of absorption correction possible.*

*The second part is concerned with the experimental study which is undertaken by the means of a phantom turning in front of a gamma-camera. Some results are presented and commented upon, as well as the effects of a few elements, centering, absorption-correction. The quality of the centering of the rotation axis is essential.*

### 1. INTRODUCTION

La tomographie d'émission dépend de la même équation fondamentale que la tomographie d'absorption lorsque l'on néglige l'absorption du rayonnement par le milieu [2].

Le but de cet article est d'établir une équation tenant compte de cette absorption dans l'hypothèse simple où le coefficient d'absorption est constant dans le domaine étudié et d'appliquer une méthode originale de résolution de l'équation ainsi obtenue.

Dans une deuxième partie, les auteurs ont testé l'algorithme à partir d'un fantôme radioactif tournant devant une gamma-caméra et étudié l'influence de divers éléments (centrage, correction d'absorption, paramètres de régulation).

(*) Département de Mathématiques Appliquées, Faculté des Sciences, Nancy.

(**) Section d'Informatique Médicale (Groupe I.N.S.E.R.M. U 115) Faculté de Médecine, Nancy.

(***) Service des Isotopes, C.H.U. de Nancy.

*Tiré à part* : Pr. B. LEGRAS, Informatique Médicale (Groupe I.N.S.E.R.M. U 115), Faculté de Médecine, B. P. 184, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy.

Reçu en février 1981, forme définitive en juin 1981.

### 2. ALGORITHME DE RECONSTRUCTION EN TOMOGRAPHIE D'ÉMISSION

#### 2.1. Hypothèses et notations. Établissement de l'équation de base

Nous prenons comme plan de travail et plan de figure (*fig.* 1) un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de l'appareil. 0 est la trace de l'axe de rotation, $Q_1$ et $Q_2$ les traces de la face du détecteur en deux positions opposées.

Soit C le cercle de balayage (centre 0, rayon R), D un domaine intérieur à C dont le coefficient d'absorption $\mu$ sera supposé constant et connu.

Soit $f(r, \theta)$ une densité radioactive, nulle à l'extérieur de D, inconnue dans D. On considère une droite $\Delta$ perpendiculaire à $Q_1$ et $Q_2$, qui coupe C en $N_1$ et $N_2$ et D en $P_1$ et $P_2$.

Le nombre de coups émis pendant un temps fixé par une source radioactive de longueur $dl$ centrée en P (point courant de $\Delta$) et mesuré en $M_1$ (ou $M_2$) sera respectivement $f(r, \theta)\, e^{-\mu P_1 P}\, dl$ (ou $f(r, \theta)\, e^{-\mu P P_2}\, dl$).

J. BIOPHYS. ET MÉD. NUCL., 1981, **5**, 5, 273-279. – 0399-0435/1981/273/ $ 5.00/ © Gauthier-Villars

Le nombre de coups total émis par les sources de $P_1 P_2$ et mesuré en $M_1$ (respectivement $M_2$) sera donc :

$$\int_{P_1P_2} f(r, \theta)\, e^{-\mu P_1 P}\, dl$$

$$\left(\text{respectivement } \int_{P_1P_2} f(r, \theta)\, e^{-\mu PP_2}\, dl\right).$$

Soit H (de coordonnées polaires $x$ et $\omega$) la projection de 0 sur $\Delta$. Posons :

$$HP_1 = l_1(x, \omega), \qquad HP_2 = l_2(x, \omega)$$

et supposons que le contour de D soit connu [c'est-à-dire que nous sachions calculer $l_1(x, \omega)$ et $l_2(x, \omega)$]. Désignons respectivement par $g_1(x, \omega)$ et $g_2(x, \omega)$ le nombre de coups mesuré en $M_1$ et $M_2$ pendant un temps fixé. Nous avons :

$$\int_{l_1(x,\omega)}^{l_2(x,\omega)} f(r, \theta)\, e^{-\mu(l - l_1(x,\omega))}\, dl = g_1(x, \omega),$$

$$\int_{l_1(x,\omega)}^{l_2(x,\omega)} f(r, \theta)\, e^{-\mu(l_2(x,\omega) - l)}\, dl = g_2(x, \omega),$$

que nous transformons en :

$$\int_{l_1(x,\omega)}^{l_2(x,\omega)} f(r, \theta)\, e^{-\mu l}\, dl = e^{-\mu l_1(x,\omega)}\, g_1(x, \omega),$$

$$\int_{l_1(x,\omega)}^{l_2(x,\omega)} f(r, \theta)\, e^{\mu l}\, dl = e^{\mu l_2(x,\omega)}\, g_2(x, \omega).$$

Au lieu de chercher à exploiter séparément chacune de ces deux équations, nous les remplaçons par leur combinaison évidente :

$$(1) \qquad \int_{l_1(x,\omega)}^{l_2(x,\omega)} f(r, \theta)\, \mathrm{ch}(\mu l)\, dl = h(x, \omega),$$

où :

$$(2) \quad h(x, \omega) = \frac{1}{2}\left(e^{-\mu l_1(x,\omega)}\, g_1(x, \omega) + e^{\mu l_2(x,\omega)}\, g_2(x, \omega)\right).$$

Comme $f(r, \theta)$ est nul en dehors de D on ne modifiera pas (1) en remplaçant les bornes de l'intégrale par $-\sqrt{R^2 - x^2}$ et $\sqrt{R^2 - x^2}$ correspondant aux points $N_1$ et $N_2$ du cercle de balayage.

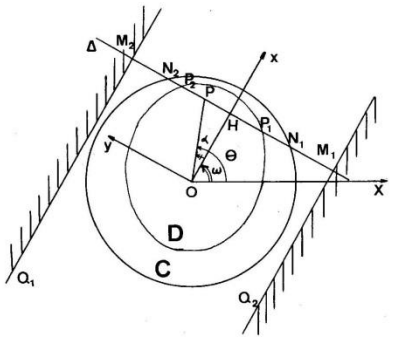



**Fig. 1. – Notations utilisées :** OP = $r$; OH = $x$; OX, OP = $\theta$; OX, OH = $\omega$; O = trace de l'axe de rotation de l'appareil; $Q_1$ et $Q_2$ = traces de la face de l'appareil dans deux positions opposées.

L'équation que nous nous proposons d'étudier s'écrit donc :

$$(3) \qquad \int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} f(r, \theta)\, \mathrm{ch}(\mu l)\, dl = h(x, \omega),$$

où $h(x, \omega)$ est une « donnée », dépendant des nombres de coups $g_1(x, \omega)$ et $g_2(x, \omega)$ (mesurés en $M_1$ et $M_2$, et du contour [par l'intermédiaire de $l_1(x, \omega)$ et $l_2(x, \omega)$].

### 2.2. Technique de résolution numérique

Posons :

$$f(r, \theta) = \sum f_n e^{in\theta} \qquad \text{et} \qquad h(x, \omega) = \sum h_n(x)\, e^{in\omega}.$$

Dans (3), $r$ et $\theta$ représentent des fonctions de $l$ définies par :

$$r = \sqrt{x^2 + l^2}, \qquad \theta = \omega + \alpha, \qquad \mathrm{tg}\,\alpha = l/r.$$

Après permutation des signes $\sum$ et $\int$, l'équation (3) devient :

$$(4) \qquad \sum e^{in\omega} \int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} f_n(r)\, \mathrm{ch}(\mu l)\, e^{in\alpha}\, dl = \sum e^{in\omega}\, h_n(x).$$

Le fait que $r$ et $\cos n\alpha$ sont fonctions paires de $l$, alors que $\sin n\alpha$ est fonction impaire, entraîne :

$$(5) \qquad \int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} f_n(r)\, \mathrm{ch}\,\mu l \cos n\alpha\, dl = 2\int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} f_n(r)\, \mathrm{ch}\,\mu l \cos n\alpha\, dl,$$

$$\int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} f_n(r)\, \mathrm{ch}\,\mu l \sin n\alpha\, dl = 0.$$

En identifiant les termes en $e^{in\omega}$ dans (4) nous obtenons, compte tenu de (5) :

$$(6) \qquad 2\int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} f_n(r)\, \mathrm{ch}\,\mu l \cos n\alpha\, dl = h_n(x),$$

pour $n = 0, 1, 2, \ldots$

Nous transformons (6) en prenant $r$ comme variable d'intégration et obtenons :

$$(7) \qquad \int_x^R f_n(r)\, \mathrm{ch}\left(\mu\sqrt{r^2 - x^2}\right) K_n(x, r)\, dr = h_n(x),$$

avec :

$$(8) \qquad K_n(x, r) = \frac{2r\, T_n(x/r)}{\sqrt{r^2 - x^2}},$$

$T_n(y)$ est le polynôme de Tchebycheff de degré $n$ en $y$.

La discrétisation d'une équation (7), pour une valeur de $n$ donnée, demande quelques précautions à cause du caractère oscillant de $K_n(x, r)$. Nous partagerons

l'intervalle $-R$, R en $2s-1$ intervalles égaux et posons $h=2R/(2s-1)$, puis :

$$r_i=R-(i-1)h, \qquad x_j=R-(j-1)h, \qquad 1\leqq j\leqq S.$$

Notons enfin :

$$f_i^n=f_n(r_i), \qquad h_j^n=h_n(x_j).$$

Les $h_j^n$ sont les coefficients de Fourier de $h(x_j, \omega)$ où $x_j$ est fixe et où $\omega$ est discrétisé en 32 ou 64 valeurs $\omega_k$, ce qui permet l'emploi de transformations rapides de Fourier. Réciproquement la connaissance des $f_i^n$ permettra, par une transformation inverse de Fourier, de restituer les valeurs $f(r_i, \omega_k)$ aux nœuds d'un réseau polaire.

La discrétisation de (7) se fera en remplaçant sur chaque intervalle $r_i r_{i+1}$ la quantité $f_n(r)\,\mathrm{ch}(\mu\sqrt{r^2-x^2})$ par le polynôme du premier degré en $r$ interpolant cette fonction pour $r_i$ et pour $r_{i+1}$. On obtient ainsi un système linéaire approchant l'équation (7) :

$$\begin{aligned} k_{11}^n f_1^n &= h_1^n, \\ k_{21}^n f_1^n + k_{22}^n f_2^n &= f_2^n, \\ k_{s1}^n f_1^n + k_{s2}^n f_2^n + \ldots + k_{ss}^n f_s^n &= h_s^n, \end{aligned} \tag{8}$$

système dont nous n'expliciterons pas le calcul des coefficients $k_{ij}^n$.

Ce système se résoud facilement pour $n=0$ ou 1, mais devient instable dès que $n$ augmente.

La raison en est que $h(x, \omega)$ doit vérifier des conditions de stabilité que la méthode exposée permet d'expliciter; l'équation (7) n'est soluble que si $h_n(x)$ vérifie les conditions :

$$\int_0^R x^p h_n(x)\,dx=0 \tag{9}$$

pour $p<n$, $p$ et $n$ de même parité,

au nombre de $p=E(n/2)-E$ désigne la partie entière, par exemple : $n=7$; on a alors $p=3$ et $h_n(x)$ doit vérifier nécessairement :

$$\int_0^R x h_7(x)\,dx=0, \qquad \int_0^R x^3 h_7(x)\,dx=0,$$

$$\int_0^R x^5 h_7(x)\,dx=0.$$

Il faut s'attendre à des propriétés du même ordre pour le système « approchant ». Or, dire qu'un système linéaire de $s$ équations n'est soluble que si les seconds membres vérifient $p$ conditions, entraîne que le système est d'ordre $m_p=s-p$ : il ne comporte en fait que $m_p=s-p$ équations indépendantes et, lorsqu'il est soluble, ne peut définir que $m_p$ variables.

La méthode de résolution que nous utiliserons tient compte de ces remarques.

1° Nous ne garderons que $m_p$ inconnues $f_1^n$ à $f_{m_p}^n$ et donnerons aux autres inconnues la valeur 0. Simultanément nous supprimerons les $p$ dernières colonnes des premiers membres de (8).

2° Le système restant est un système surdéterminé de $s$ équations à $m_p=s-p$ inconnues. En principe $p$ équations sont combinaisons linéaires des autres et peuvent être supprimées; nous avons préféré garder toutes les équations et calculer la « pseudo-solution » ([3], p. 125) qui résoud « au mieux » le système (8), au sens des moindres carrés.

Les résultats ainsi obtenus présentent encore des instabilités gênantes. Pour réduire ces dernières nous complétons le système (8) par $m_p$-1 conditions de régularisation :

$$\begin{aligned} \varepsilon f_1^n - \varepsilon f_2^n &= 0, \\ \varepsilon f_2^n - \varepsilon f_3^n &= 0, \\ &\ddots \\ \varepsilon f_{m_p-1}^n - \varepsilon f_{m_p}^n &= 0 \end{aligned} \tag{10}$$

et nous cherchons la pseudo-solution du système formé des $s$ équations (8) et des $m_p$-1 équations (10).

Le calcul effectif se fait par une méthode de triangularisation dite méthode de Golub ([3], p. 125). L'intérêt de cette technique est qu'il existe pour chaque valeur de $n$ une matrice $R_\varepsilon^n$ qui peut être précalculée et chargée sur disque, telle que :

$$\begin{bmatrix} f_1^n \\ f_2^n \\ \vdots \\ f_s^n \end{bmatrix} = [R_\varepsilon^n] \begin{bmatrix} h_1^n \\ h_2^n \\ \vdots \\ h_s^n \end{bmatrix} \tag{11}$$

Le calcul de $f(r, \theta)$ se déroulera alors selon le schéma ci-dessous :

(1) Calcul des $h_j^n$ à partir de $h(x_j, \omega)$ par transformation de Fourier, avec usage de la transformation rapide de Fourier si $s=32$ ou 64.

(2) Calcul des $f_i^n$ à partir des $h_j^n$ pour chaque valeur de $n$ soit par résolution directe du système formé des équations (8) et (10) pour une valeur convenable de $\varepsilon$, soit par multiplication par la matrice $R_\varepsilon^n$ chargée sur disque.

(3) Calcul des $f(r_j, \theta_k)$ à partir des $f_i^n$. On utilisera une transformation rapide de Fourier si $s=32$ ou 64.

(4) La solution $f(r, \theta)$ est définie aux nœuds d'un réseau polaire et on a besoin de ses valeurs aux nœuds d'un réseau cartésien. La technique utilisée consiste à affecter à chaque nœud du réseau cartésien la valeur de $f$ au nœud du réseau polaire le plus proche.

*Remarques.* – (1) Il est intuitif (et cela se vérifie expérimentalement), que plus $\varepsilon$ est grand, plus efficace sera la régularisation, c'est-à-dire la suppression des effets dus à l'instabilité des calculs; mais en même temps que les artefacts dus à l'instabilité nous effacerons certaines variations brusques qui correspondent à des causes réelles : il faudra donc choisir entre une représentation assez fidèle mais présentant des artefacts (ce qui correspond à des valeurs de $\varepsilon$ d'ordre de 0,01) et des représentations mieux régularisées, mais moins fidèles. Nous verrons un exemple de l'influence du choix de $\varepsilon$.

(2) La méthode présentée a été développée dans le cas où $\mu\neq 0$. Elle reste valable si $\mu=0$, cas où l'équation (3) devient identique à l'équation fondamentale de la tomographie d'absorption.

## 3. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

### 3.1. Appareillage

La caméra utilisée (Opticaméra CGR) comporte un cristal de 32 cm de diamètre et est équipée d'un collimateur basse énergie à trous parallèles. Elle est connectée à un système informatique de traitement des données (Informatek). Celles-ci sont accumulées dans des matrices 64 × 64 à l'aide des programmes de routine du système puis mises sur bande magnétique. Elles sont lues et traitées sur un autre ordinateur indépendant (CII Mitra 125) mieux adapté à ces études car possédant un lecteur de cartes, une imprimante et une plus grande disponibilité. Les résultats sont, soit imprimés sous forme de tableaux de nombre à deux chiffres (valeur maximale ramenée à 100), soit visualisés sur l'écran couleur du système.

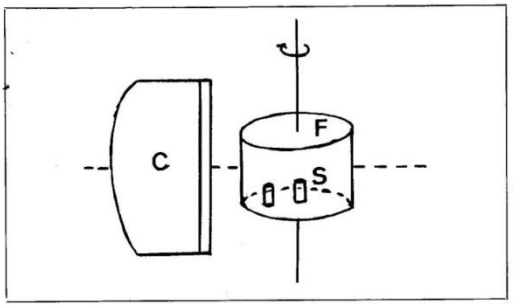



**Fig. 2. – Arrangement du fantôme F contenant les flacons S tournant devant la caméra C.**

Le fantôme employé pour les expériences consiste en un récipient qui s'évase légèrement. Il est constitué de plastique fin de 0,3 cm d'épaisseur et de 21 cm de diamètre à sa partie inférieure. Des flacons de verre remplis de solution radio-active ou non sont fixés par de la colle, sur le fond du récipient. Le fantôme est placé sur un plateau tournant de 30 cm de diamètre, spécialement construit pour ces travaux, disposé devant la caméra (*fig.* 2). Le plateau est tourné manuellement autour d'un axe vertical; 64 positions angulaires définies à l'aide d'encoches sous le plateau permettent de choisir un nombre variable de positions (16, 32 ou 64 par exemple) pour l'acquisition des données. L'axe de rotation est localisé à l'aide d'un fin capillaire radio-actif disposé au centre du plateau.

### 3.2. Procédure expérimentale

Six flacons de même diamètre (1,6 cm) sont immergés dans le fantôme contenant une solution radio-active ($^{99m}$Tc). Ces flacons contiennent un même volume de liquide dont la concentration radio-active en technétium est nulle, inférieure ou supérieure à celle de la solution.

La figure 3 présente la position des flacons et les activités mesurées correspondantes.

Les données pour la tomographie ont été collectées selon 64 incidences réparties régulièrement sur 360° (incrément angulaire de 5,625°). Le temps de comptage était de 7 secondes par incidence. L'étude a été faite au niveau d'une coupe centrale correspondant à une hauteur de 0,5 cm (dimension du pixel) passant par le milieu des sources. Le nombre total d'impulsions détecté à ce niveau après sommation sur les 64 incidences était égal à environ 669 000.

### 3.3. Résultats

Les tableaux à deux chiffres obtenus après traitement ne peuvent être présentés dans cet article, mais ils permettent une analyse fine des résultats. On peut ainsi connaître la valeur minimale au niveau des flacons hypoactifs et la valeur maximale au niveau des flacons hyperactifs (*fig.* 4). On peut aussi construire des profils d'activité (*fig.* 5 et 6) et nous avons choisi à titre d'exemple deux directions A et B définies sur la figure 3 : A passe par les flacons 1, 2 et 3 (*fig.* 5); et B ne traverse que la solution radioactive, à distance modérée du centre (3 cm) (*fig.* 6).

Les constatations faites à partir des différents documents présentés ou visualisés sur l'écran couleur du système informatique peuvent être résumées ainsi :

(*a*) le traitement mathématique introduit des artéfacts; le plus apparent dans notre étude est la couronne périphérique hyperactive;

(*b*) lorsque le centrage est satisfaisant, le traitement avec ou sans correction d'absorption objective très nettement les zones non actives (*fig.* 1, 3 et 5) ainsi que la plus active (*fig.* 4). Les autres zones sont moins visibles, en particulier celle correspondant au flacon n° 2 est à la limite de la détection;

(*c*) comme prévu le décentrage détériore la qualité des résultats et modifie l'emplacement des anomalies;

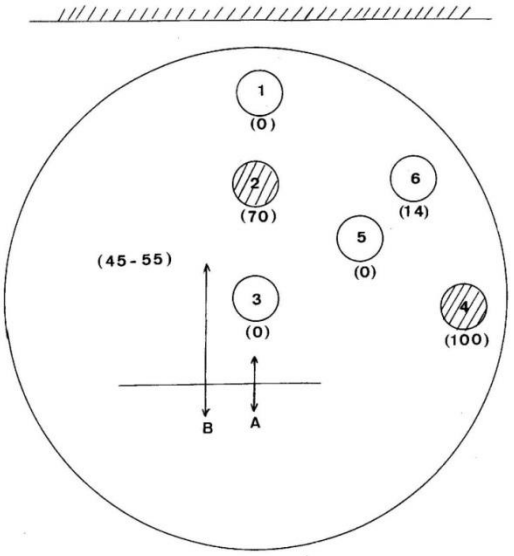



**Fig. 3. – Disposition des six flacons à l'intérieur du fantôme.** Les concentrations radioactives des flacons sont indiquées entre parenthèses; elles sont normalisées et exprimées en pourcentage du maximum. Les zones hachurées sont plus actives que la solution contenue dans le récipient. Les résultats correspondant aux divers traitements seront présentés en particulier au niveau des deux directions A et B.

cet effet est déjà marqué pour un décentrage de 0,5 cm; il est considérable pour un décentrage de 1 cm et le flou introduit masque en particulier la zone centrale; par ailleurs, le décentrage amplifie la couronne périphérique;

(*d*) la correction d'absorption permet de se rapprocher des valeurs théoriques aussi bien au niveau des zones hypo ou hyperfixantes qu'en dehors, au sein de la solution radioactive. C'est ainsi que pour la zone centrale non fixante (*fig.* 3), on obtient pour valeur minimale 3% du maximum au lieu de 10%. La zone légèrement plus active que la solution (*fig.* 2) est aussi un peu plus apparente comme le montre le profil d'activité (*fig.* 5). La valeur maximale passe de 51 à 69% du maximum (valeur théorique = 70%). La correction d'absorption amplifie aussi les fluctuations aléatoires. Il paraît alors intéressant d'utiliser un facteur de régularisation plus important, par exemple $\varepsilon = 1$ au lieu de 0,5; les résultats sont légèrement modifiés comme le montre le tableau de la figure 4. On note par ailleurs qu'au niveau de la solution radioactive à distance des anomalies (*fig.* 6), les valeurs calculées diminuent régulièrement à mesure que l'on s'approche du centre. Cet effet net en l'absence de correction d'absorption est considérablement réduit dans le cas contraire;

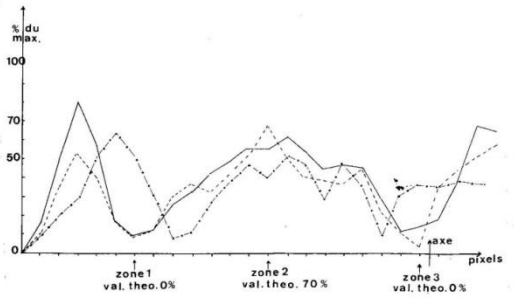



**Fig. 5. – Profil des densités radioactives calculées** [fonction $f(r, \theta)$] **suivant la coupe A traversant les zones n° 1, 2 et 3** (voir *fig.* 3) **pour trois modalités différentes** (——— $\mu = 0$, bon centrage; - - - - - $\mu = 0{,}2$, bon centrage; .-.- $\mu = 0{,}2$; décentrage de $-1$).

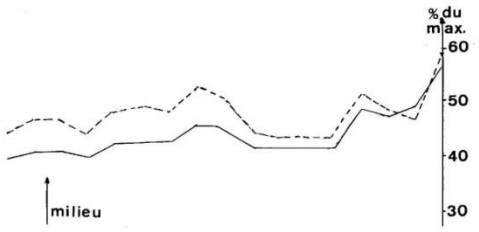



**Fig. 6. – Profil des densités radioactives calculées suivant la coupe B** (voir *fig.* 3) **pour deux modalités différentes correspondant à un centrage correct** (——— $\mu = 0$; - - - - - $\mu = 0{,}2$).

(*e*) les différents documents visualisés sur écran présentent des aspects peu différents lorsque le centrage est correct. A titre d'exemple, la figure 7 montre le résultat obtenu avec $\varepsilon = 0{,}5$ et $\mu = 0{,}2$.

### 3.4. Commentaires

(*a*) La qualité du centrage est essentielle. L'analyse précise de la courbe de réponse de la source radio-active axiale montrait que l'axe de rotation de la source et le

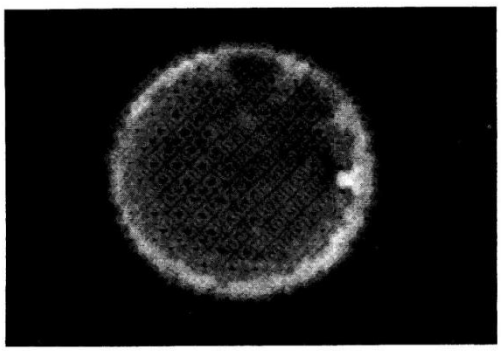


**Fig. 7. – Visualisation en noir et blanc du résultat correspondant à un bon centrage et la correction d'absorption** ($\mu = 0{,}2$). A noter que, sur le document d'origine en couleur, les différentes anomalies apparaissent beaucoup mieux.

TABLEAU

| Numéro du Flacon | Concentration radioactive normalisée | Résultats normalisés | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C = 0 $\mu = 0$ $\varepsilon = 0{,}5$ | C = 0 $\mu = 0{,}2$ $\varepsilon = 0{,}5$ | C = −1 $\mu = 0$ $\varepsilon = 0{,}5$ | C = −2 $\mu = 0$ $\varepsilon = 0{,}5$ | C = 0 $\mu = 0{,}2$ $\varepsilon = 1$ |
| 1. . . . . | 0 | 8 | 9 | 9 | 27 | 9 |
| 2. . . . . | 70 | 51 | 69 | 54 | 56 | 66 |
| 3. . . . . | 0 | 10 | 3 | 10 | 25 | 8 |
| 4. . . . . | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 5. . . . . | 0 | 1 | −5 | 9 | 18 | −3 |
| 6. . . . . | 14 | 19 | 20 | 25 | 28 | 20 |
| Maximum vrai. . . . | | 138 | 664 | 110 | 112 | 656 |

**Fig. 4. – Tableau des résultats obtenus suivant plusieurs modalités définies par le centrage** (C) (0 = correct, 1 = décentrage de 1 pixel, 2 = décentrage de 2 pixels) **et la correction d'absorption** ($\mu$ = coefficient d'absorption employé). Dans tous les cas, un prétraitement a été effectué (moyennage sur les valeurs de la coupe et celles juste voisines). Les valeurs obtenues après traitement sont normalisées et exprimées en pourcentage du maximum (= 100). Dans les zones moins actives que la solution (flacons n° 1, 3, 5 et 6); la valeur indiquée est la plus basse de la zone. Dans les zones plus actives que la solution (flacons n° 2 et 4), la valeur portée est la plus élevée de la zone.

milieu du pixel central de la matrice ne coïncidait pas parfaitement et étaient séparés d'un intervalle d'environ 1 à 2 mm. Ceci peut expliquer les légères déformations des zones anormales crées sur les résultats. Pour permettre une étude plus fine, il aurait fallu réaliser des acquisitions de matrices 128 × 128 correspondant à des pixels de 0,25 cm.

(*b*) Nous avons réalisé une correction d'absorption dans des conditions idéales : domaine circulaire et centré sur l'axe de rotation, milieu homogène. Celle-ci apporte quelques améliorations mais elles sont insuffisamment démonstratives pour imposer la correction d'absorption en routine. Pour utiliser notre algorithme, il convient par ailleurs de connaître le contour et l'assimiler à un cercle ou une ellipse; il suppose en outre que le coefficient d'absorption soit constant. Ces conditions peuvent être assez éloignées de la réalité ce qui peut réduire la valeur de la correction même utilisée comme première approximation.

(*c*) Le traitement préalable des images est utile. Le moyennage sur trois coupes réduit nettement les variations dues au hasard et diminue le bruit de fond.

(*d*) L'artéfact constitué par la couronne hyperactive est lié au fait que la concentration radioactive passe brusquement de zéro à une valeur élevée. Les fonctions utilisées ne peuvent pas suivre parfaitement « les marches d'escalier ».

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Cas ou $\mu \neq 0$

L'étude a été faite sur les hypothèses suivantes :

– $\mu$ constant à l'intérieur d'un domaine D connexe (sans « trou »);

– possibilité de calculer les fonctions $l_1(x, \omega)$ et $l_2(x, \omega)$ égales respectivement à $\overline{HP_1}$ et $\overline{HP_2}$ et qui dépendent du contour de D supposé connu (voir *fig.* 1). Ce coefficient $\mu$ intervient dans l'équation fondamentale (3) d'une part dans le premier membre par l'expression $\mathrm{ch}(\mu l)$, d'autre part dans le calcul du second membre par :

$$h(x, \omega) = \frac{1}{2}[\exp\{-\mu l_1(x, \omega)\} g_1(x, \omega) + \exp\{\mu l_2(x, \omega)\} g_2(x, \omega)],$$

où $g_1$ et $g_2$ sont les nombres de coups mesurés respectivement en $M_1$ et $M_2$ et où $l_1(x, \omega)$ et $l_2(x, \omega)$ dépendent du contour de D et devraient être calculés pour chaque contour.

Les matrices $R_\varepsilon^n$ [qui permettent le calcul des $f_i^n$ par (11)] dépendent de $\mu$ mais non du contour; elles peuvent donc être tabulées, une fois $\mu$ connu. Au contraire $h(x, \omega)$ devra être calculé pour chaque application, ce qui nécessitera le calcul de $l_1(x, \omega)$ et de $l_2(x, \omega)$.

Dans l'exemple traité, le contour de D est un cercle de rayon R, centré à l'origine. On a alors :

$$l_1(x, \omega) = \sqrt{R^2 - x^2} \quad \text{et} \quad l_2(x, \omega) = -\sqrt{R^2 - x^2}$$

Le calcul de $l_1$ et de $l_2$ sera encore facile à programmer si le contour de D est un cercle non-centré à l'origine ou une ellipse. Le cas général paraît *a priori* délicat à traiter.

### 4.2. Cas ou $\mu = 0$

Nous avons noté que l'équation (3) devenait alors identique à l'équation fondamentale de la tomographie d'absorption, pour laquelle il existe des méthodes classiques de résolution.

Avant de comparer ces méthodes et la nôtre, il faut d'abord rappeler que l'équation :

$$\int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} f(r, \theta)\, dl = h(x, \omega),$$

n'est soluble que si $h(x, \omega)$ satisfait à des conditions de compatibilité que nous avons explicitées en (9).

Ceci est un fait mathématique, indépendant de la technique de résolution, qui entraîne que le moindre écart sur $h(x, \omega)$ se traduit par de fortes erreurs sur la solution $f(r, \theta)$ : c'est un phénomène d'instabilité numérique; une conséquence est que toute technique de résolution numérique devra nécessairement faire appel à un mécanisme de régularisation qui devra éliminer au mieux les artéfacts dus à l'instabilité tout en conservant dans la mesure du possible les informations réelles. En fait il y aura toujours compromis entre ces deux aspects.

La méthode de régularisation utilisée dans les techniques classiques ([1], [4]) est en général un filtrage sur les harmoniques de $h(x, \omega)$ considérés comme fonctions de la seule variable $x$. Cette technique de filtrage diffère de façon essentielle de la technique de régularisation que nous avons utilisée; il n'a pas encore été possible de faire une comparaison sérieuse de la qualité des résultats obtenus soit par la technique que nous avons décrite, soit par les techniques classiques.

Notons enfin que le fait de pouvoir précalculer les matrices $R_\varepsilon^n$ devrait permettre un gain appréciable en temps de calcul.

**Remerciements**

Nous remercions M. Duvivier et ses collaborateurs (Unité I.N.S.E.R.M. U95) qui ont réalisé le plateau tournant employé pour l'étude expérimentale.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] B. BORNAUD et F. SOUSSALINE, Appareils et techniques scintigraphiques de Médecine nucléaire. *Bibliographie CEA BIB* 214, Suppl. n° **3,** 1979.

[2] A. M. LANDRAUD, Bases de la tomographie avec assistance d'ordinateur. Possibilités d'une méthode analogique optique. *J. Biophys. et Méd. Nucl.*, **4,** n° 1, 1980, 27-37 (nombreuses références bibliographiques).

[3] J. LEGRAS, *Méthodes et techniques de l'analyse numérique*, Dunod, Paris 1971.

[4] R. OUDIN, L'opérateur de Radon appliqué à des espaces de fonctions sur $R^2$. *Thèse d'État*, 1978 (nombreuses références bibliographiques en particulier dans le domaine théorique).

# MEDECINE NUCLEAIRE : GESTION

Gestion administrative et médicale par ordinateur d'un Service de Médecine Nucléaire

LEGRAS B, MARTIN J, VIARD D

Journal de Biologie et de Médecine Nucléaire, 1974, 9, 35, 47-54

No 20

# GESTION ADMINISTRATIVE ET MÉDICALE PAR ORDINATEUR D'UN SERVICE DE MÉDECINE NUCLÉAIRE

**par B. LEGRAS, J. MARTIN et D. VIARD**

*Avec la collaboration technique de P. EMOND et de N. BUNEL*
*Service d'Exploration Fonctionnelle par les Isotopes,*
*Section d'Informatique Médicale (Groupe INSERM U. 95) (Pr J. MARTIN)*
*U.E.R. des Sciences Médicales,*
30, *rue Lionnois,* 54000 *NANCY*

**Résumé.** — Les auteurs présentent la gestion administrative et médicale par ordinateur utilisée en routine depuis le début de l'année 1972 dans le service des Isotopes de Nancy. Ils ont fait en sorte que mis à part la perforation des cartes, cela n'entraîne pas de perte de temps de secrétariat, mais au contraire un gain par la détermination automatique des bilans mensuels. Elle leur permet surtout d'obtenir un fichier de malades, avec les examens pratiqués et de nombreux renseignements médicaux destinés à des exploitations statistiques.

## Administrative and medical computer management of a nuclear medecine laboratory

by B. LEGRAS, J. MARTIN, D. VIARD

**Abstract.** — The authors present an administrative and medical management by computer used since the beginning of 1972 in the Nuclear Medecine Laboratory of Nancy.

They managed it so that excepting the perforation of cards, it should not involve a loss of time on the part of the secretaries but on the contrary, allow a gain of time thanks to the automatic determination of the monthly balances. It allows them chiefly to obtain a card-index of the patients with the explorations and many medical data used for statistical work.

## INTRODUCTION.

Chaque mois, le Service des Isotopes de Nancy pratique environ un millier d'examens qui peuvent être rangés en trois catégories : traitements isotopiques, consultations simples après traitement, explorations dans un but diagnostique.

Ces dernières qui constituent l'essentiel de l'activité hospitalière du Service comprennent des explorations *in vivo,* essentiellement par des isotopes, mais également, depuis peu, par d'autres méthodes physiques (échographie - thermographie) et enfin des tests isotopiques *in vitro.*

Pour chaque malade, et ceci depuis des années, nous ouvrons un dossier formé d'une feuille double dans laquelle sont glissés les renseignements relatifs aux examens (demande de l'examen, observation médicale, etc...) et les résultats obtenus (calculs, courbes, doubles des réponses et des scintigraphies, etc...). La première page porte le nom, l'âge, l'adresse du patient ainsi que la date, le numéro du dossier et le type d'examen.

De plus, les Services administratifs de l'hôpital nous demandent de leur fournir pour chaque malade une facture comportant de nouveau les mêmes renseignements (état civil, domicile...) ainsi que les cotations des actes réalisés et pour les explorations isotopiques la nature et la dose du produit employé.

Enfin, il nous faut établir un bilan mensuel comprenant le total des diverses cotations (R ou Z, K et C) pour différentes catégories de malades (hospitalisés, externes...) et éventuellement, le nombre de malades par examen (*).

Le temps passé pour l'établissement du bilan mensuel nous a poussés au début de l'année 1972 à envisager l'emploi d'une fiche informatisée d'autant plus qu'il existait depuis quelques années à proximité du Service des Isotopes un ordinateur et une équipe orientée vers le problème des dossiers médicaux. La fiche informatisée devait nous permettre de remplacer la facture manuscrite envoyée à l'hôpital par une facture imprimée, de déterminer automatiquement le bilan mensuel, d'obtenir un fichier de nos malades plus commodément exploitable. Ces applications purement administratives, nous ont semblé insuffisantes pour le prix de l'opération et nous avons prévu la possibilité d'inclure des données médicales.

Nous décrirons la fiche informatisée, le moyen utilisé pour éviter des copies inutiles, les contrôles effectués par l'ordinateur pour vérifier les informations, le document imprimé en double pour l'hôpital et le Service, le bilan automatique effectué sur l'ensemble des factures imprimées, le bilan mensuel.

Nous indiquerons les contraintes et les limites de la formule utilisée ayant nécessité l'emploi pour certaines explorations de fiches informatisées supplémentaires à but purement médical.

---

(*) Le Service des Isotopes de Nancy est un établissement de l'Education Nationale qui a passé une convention avec le Centre Hospitalier et qui doit établir chaque mois un bilan comptable.

## LA FICHE INFORMATISEE ET LE DOSSIER.

La fiche informatisée de structure fixe, est une feuille imprimée recto-verso qui comprend 240 cases correspondant à 3 cartes à 80 colonnes. On peut distinguer (figures 1 et 2) deux parties, l'une administrative, l'autre médicale.

Dans la deuxième partie, le médecin indique, pour un certain nombre d'explorations, les raisons de demande, les résultats obtenus et éventuellement sur les deux dernières lignes des résultats quantitatifs. Nous avons choisi d'utiliser une simple fiche informatisée et non un dossier volumineux. Ceci nous a conduit à employer de nombreux codes qui ne figurent pas en clair sur la feuille, malgré certaines

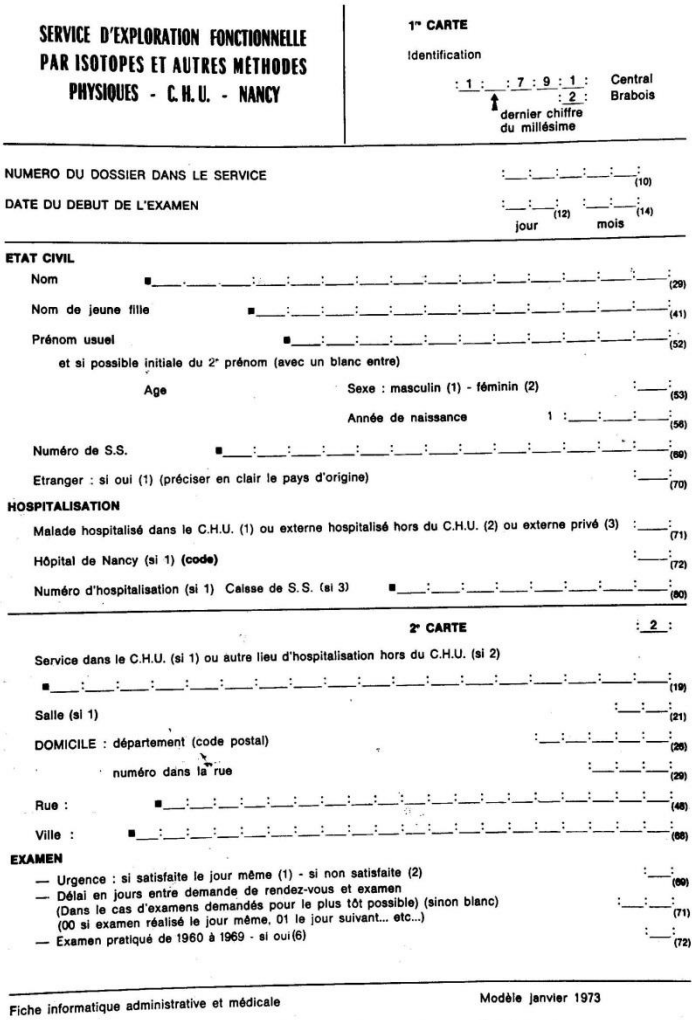



**Fig. 1. — Recto de la fiche informatisée administrative et médicale du Service des Isotopes — Partie administrative.**

Dans la partie administrative on note principalement :

— sur la 1re page : les renseignements relatifs à l'état civil du malade, le lieu d'hospitalisation et son domicile ;

— sur la 2e page : les produits utilisés, les examens pratiqués avec les cotations, les appareils employés.

réserves théoriques initiales. On pouvait craindre en effet, que la nécessité de recourir à des documents extérieurs pour coder les dossiers, freine leur utilisation en routine. Il n'en a rien été du fait surtout, de la stabilité du personnel, de la spécialisation des médecins et de leur motivation. Un des codes est alphabétique (code des hôpitaux de Nancy caractérisés par leur première lettre) ; les autres

sont numériques variant de 0 à 9 (code des consultations et traitements) ou de 00 à 99 (code des isotopes, des examens isotopiques morphologiques, non morphologiques, des tests *in vitro*, des autres examens par méthodes physiques). Notons en passant que les secrétaires apprennent très vite les codes qui de plus nous ont obligé à préciser parfaitement l'ensemble des actes pratiqués.

de la demande (codes de 00 à 99) et enfin deux pour les résultats obtenus (codes de 00 à 99). Les deux dernières lignes destinées essentiellement aux résultats quantitatifs, constituent une zone commune employée différemment selon le type d'exploration (par exemple, on utilise les deux premières cases pour indiquer le taux de fixation thyroïdienne à la 20e minute dans le cas de l'exploration thyroïdienne

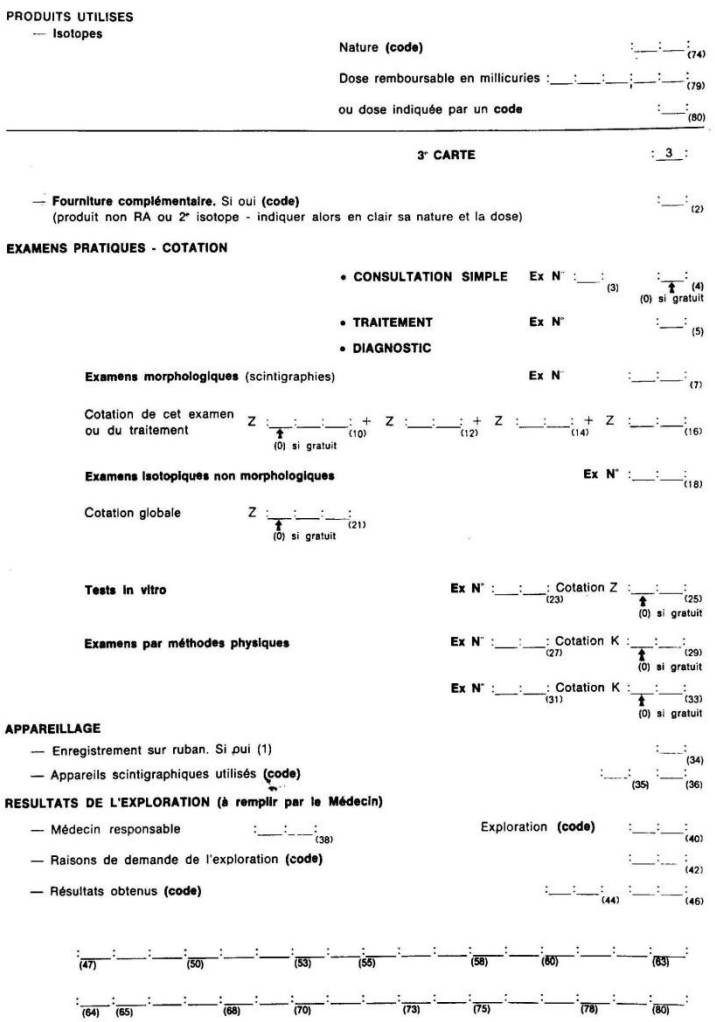



**Fig. 2. — Verso de la fiche informatisée — Partie administrative (suite) et partie médicale.**

Plus difficile a été la mise au point des codes médicaux relatifs à une vingtaine d'explorations (thyroïdienne, pulmonaire, hépatique, rénale, hématologiques, métaboliques... (*). Il existe dans tous les cas, un emplacement fixe pour le type de l'exploration (code de 00 à 99), un autre pour les raisons

(*) Voir en annexe les codes de l'exploration rénale donnés à titre d'exemple.

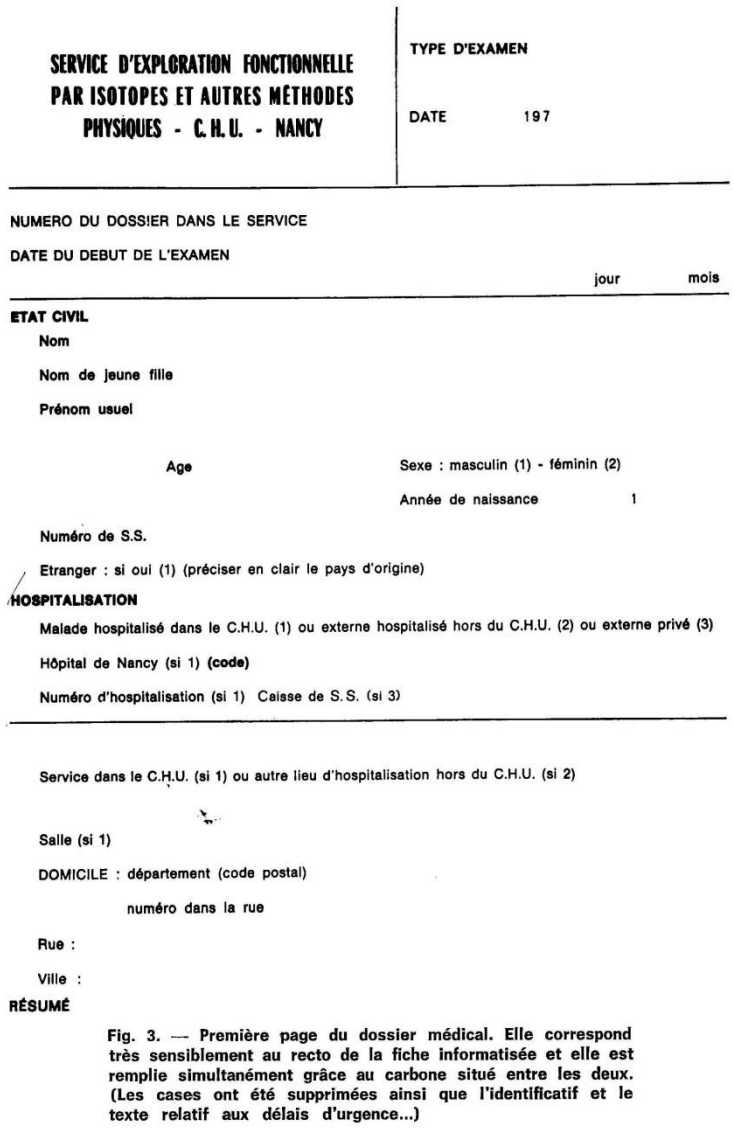
et les 4 premières pour noter le fond commun calcique dans le cas de l'exploration du métabolisme du calcium).

Parmi les autres difficultés rencontrées, signalons celle des cotations. Celles-ci sont variables dans le cas des examens isotopiques morphologiques car elles dépendent du nombre de scintigraphies effectuées. Par contre, dans le cas des examens isotopiques non morphologiques, la cotation ne varie pas et dépend seulement du type de l'examen. Nous

indiquons la cotation globale (par exemple 200 dans le cas d'une exploration complète par le Fer 59). Par programme, l'ordinateur vérifie que le nombre de Z correspond à l'examen pratiqué et imprime l'ensemble des cotations partielles (dans l'exemple choisi : Z 70 + Z 50 + Z 30 + Z 30 + Z 10 + Z 10).

informatisée (figure 3). Cette formule est moins coûteuse et plus lisible que le système de feuille autoreproductrice.

En pratique, la secrétaire remplit le recto de la fiche informatisée, ce qui remplit simultanément la première page du dossier. Il suffit alors d'enlever



**SERVICE D'EXPLORATION FONCTIONNELLE PAR ISOTOPES ET AUTRES MÉTHODES PHYSIQUES - C.H.U. - NANCY**

TYPE D'EXAMEN

DATE 197

NUMERO DU DOSSIER DANS LE SERVICE

DATE DU DEBUT DE L'EXAMEN

jour mois

**ETAT CIVIL**

Nom

Nom de jeune fille

Prénom usuel

Age

Sexe : masculin (1) - féminin (2)

Année de naissance 1

Numéro de S.S.

Etranger : si oui (1) (préciser en clair le pays d'origine)

**HOSPITALISATION**

Malade hospitalisé dans le C.H.U. (1) ou externe hospitalisé hors du C.H.U. (2) ou externe privé (3)

Hôpital de Nancy (si 1) **(code)**

Numéro d'hospitalisation (si 1) Caisse de S.S. (si 3)

Service dans le C.H.U. (si 1) ou autre lieu d'hospitalisation hors du C.H.U. (si 2)

Salle (si 1)

DOMICILE : département (code postal)

numéro dans la rue

Rue :

Ville :

**RÉSUMÉ**

**Fig. 3. — Première page du dossier médical. Elle correspond très sensiblement au recto de la fiche informatisée et elle est remplie simultanément grâce au carbone situé entre les deux. (Les cases ont été supprimées ainsi que l'identificatif et le texte relatif aux délais d'urgence...)**

Dans un premier temps les renseignements administratifs étaient écrits deux fois, d'abord sur la première page du dossier du malade, puis sur la fiche informatisée glissée à l'intérieur. Cette recopie représentait une perte considérable de temps. Nous l'avons supprimée en employant des dossiers constitués d'un bloc formé de la fiche informatisée, d'un carbone et d'une double feuille dont la première page correspond sensiblement au recto de la fiche

le carbone, d'arracher la fiche et de la remettre dans le dossier. On obtient alors un dossier dont les renseignements administratifs sont complets et bien écrits. Il est ensuite remis au médecin, qui, une fois l'examen terminé est chargé de coder la partie médicale et le rend au secrétariat. La fiche est alors complétée puis rangée. Une fois par jour l'ensemble des fiches remplies est confié au Service d'Informatique.

## L'IMPRESSION DES FACTURES.

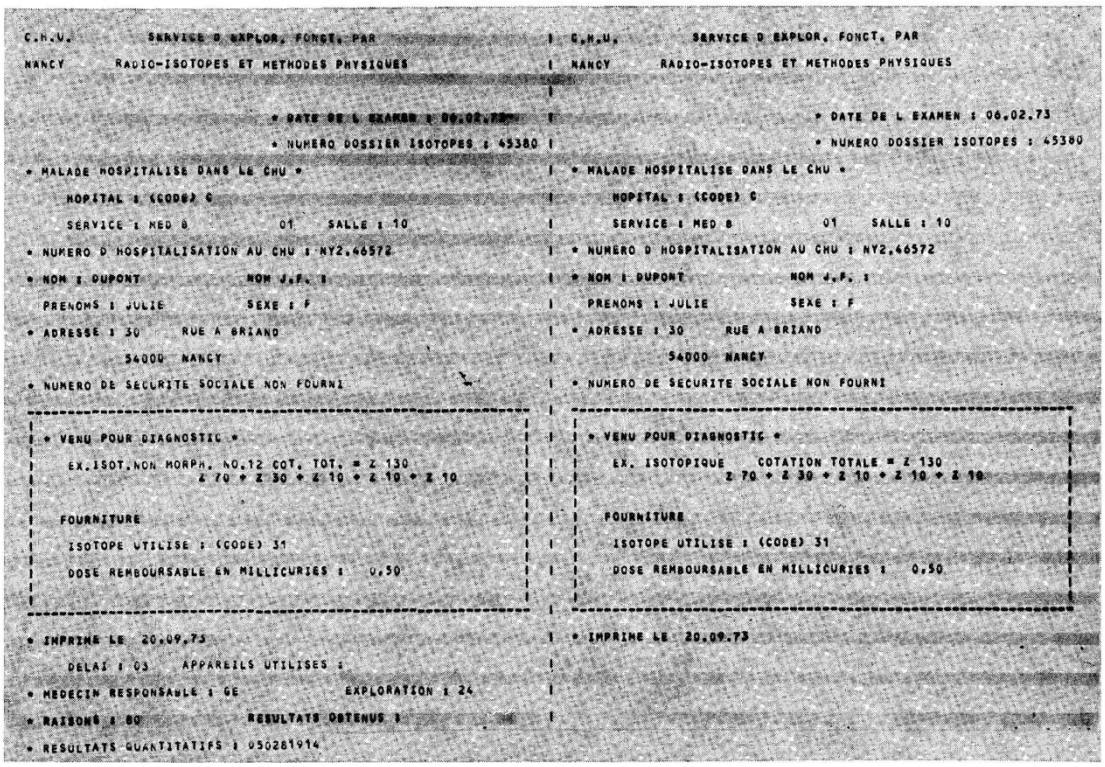
Les fiches informatisées transmises au Service d'Informatique sont perforées sur carte le jour même ou le lendemain et traitées par l'ordinateur. Celui-ci fournit pour chaque fiche deux documents imprimés, l'un à côté de l'autre (figure 4). Le premier qui ne renferme pas de données médicales est destiné à l'hôpital, le second plus complet et où figurent les renseignements médicaux reste au Service des Isotopes, dans les archives. Les feuilles imprimées sont alors renvoyées au Service des Isotopes où elles sont vérifiées puis séparées.

Au début de cette expérience, nous avons noté un taux élevé de documents imprimés incorrects, soit, parce que les fiches informatisées étaient mal ou incorrectement remplies, soit par erreur de perforation (absence de vérification des cartes pour des raisons d'insuffisance de personnel). Les corrections nécessitaient des navettes supplémentaires, des recherches de cartes, leurs corrections et de nouvelles impressions, ceci prenait du temps et retardait l'envoi des documents imprimés à l'hôpital.

La solution optimale nous a semblé être de réaliser le maximum de contrôles par le programme d'impression. Plus de 20 tests vérifient que les éléments essentiels (nom, prénom, sexe, numéro aux Isotopes, date, examen avec leurs cotations...) ne sont pas oubliés ou mal perforés. Sinon l'impression s'arrête ; les cartes sont alors retirées et corrigées immédiatement ou dans un deuxième temps. En fin de compte, la vérification des documents imprimés au Service des Isotopes ne porte plus quasiment que sur l'orthographe du nom et du domicile et le taux d'erreurs est devenu négligeable.

## LES PROGRAMMES DE BILANS ADMINISTRATIFS.

Chaque jour, on envoie à l'hôpital les factures imprimées et vérifiées. Mais cela n'est pas suffisant et on nous demande d'adresser en outre, simultanément un récapitulatif des cotations et ceci pour différentes catégories de malades (hospitalisés, externes...).



C.H.U. SERVICE D EXPLOR. FONCT. PAR
NANCY RADIO-ISOTOPES ET METHODES PHYSIQUES

* DATE DE L EXAMEN : 06.02.73
* NUMERO DOSSIER ISOTOPES : 45380
* MALADE HOSPITALISE DANS LE CHU *
HOPITAL : (CODE) 0
SERVICE : MED B 01 SALLE : 10
* NUMERO D HOSPITALISATION AU CHU : NY2.46572
* NOM : DUPONT NOM J.F. :
PRENOMS : JULIE SEXE : F
* ADRESSE : 30 RUE A BRIAND
54000 NANCY
* NUMERO DE SECURITE SOCIALE NON FOURNI

* VENU POUR DIAGNOSTIC *
EX.ISOT.NON MORPH. NO.12 COT. TOT. = Z 130
Z 70 + Z 30 + Z 10 + Z 10 + Z 10

FOURNITURE
ISOTOPE UTILISE : (CODE) 31
DOSE REMBOURSABLE EN MILLICURIES : 0.50

* IMPRIME LE 20.09.73
DELAI : 03 APPAREILS UTILISES :
* MEDECIN RESPONSABLE : GE EXPLORATION : 24
* RAISON : 80 RESULTATS OBTENUS :
* RESULTATS QUANTITATIFS : 050281914

C.H.U. SERVICE D EXPLOR. FONCT. PAR
NANCY RADIO-ISOTOPES ET METHODES PHYSIQUES

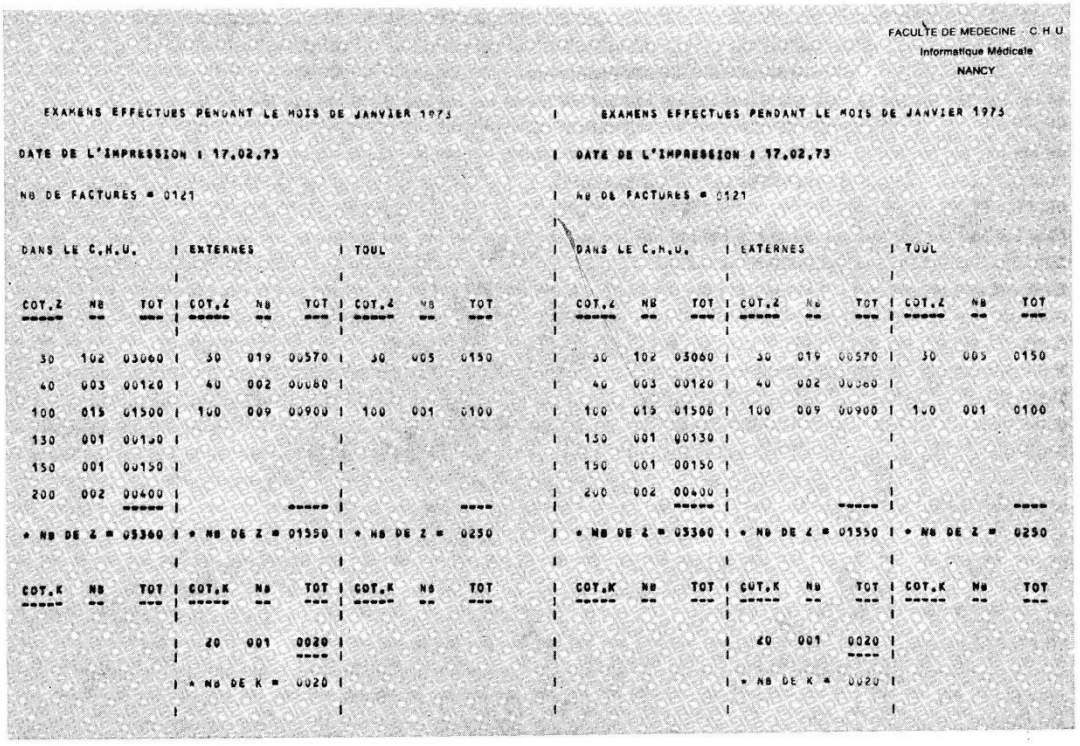
* DATE DE L EXAMEN : 06.02.73
* NUMERO DOSSIER ISOTOPES : 45380
* MALADE HOSPITALISE DANS LE CHU *
HOPITAL : (CODE) 0
SERVICE : MED B 01 SALLE : 10
* NUMERO D HOSPITALISATION AU CHU : NY2.46572
* NOM : DUPONT NOM J.F. :
PRENOMS : JULIE SEXE : F
* ADRESSE : 30 RUE A BRIAND
54000 NANCY
* NUMERO DE SECURITE SOCIALE NON FOURNI

* VENU POUR DIAGNOSTIC *
EX. ISOTOPIQUE COTATION TOTALE = Z 130
Z 70 + Z 30 + Z 10 + Z 10 + Z 10

FOURNITURE
ISOTOPE UTILISE : (CODE) 31
DOSE REMBOURSABLE EN MILLICURIES : 0.50

* IMPRIME LE 20.09.73

**Fig. 4. — Exemple de factures imprimées à partir d'une fiche informatisée. Celle de droite qui renferme des renseignements médicaux reste dans le Service des Isotopes. Celle de gauche sans données médicales est envoyé à l'hôpital. Il s'agit d'une étude de la durée de vie des plaquettes (exploration n° 24) pour une suspicion de purpura thrombopénique (raison n° 80). Les résultats quantitatifs correspondent à la durée de vie (05,0 jours), des pourcentages remis en circulation à la 30e mn (20 %) 3e h (19 %) et 24e h (14 %).**



FACULTE DE MEDECINE - C.H.U.
Informatique Médicale
NANCY

EXAMENS EFFECTUES PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1973

DATE DE L'IMPRESSION : 17.02.73

NB DE FACTURES = 0121

| DANS LE C.H.U. | | | EXTERNES | | | TOUL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COT.Z | NB | TOT | COT.Z | NB | TOT | COT.Z | NB | TOT |
| 30 | 102 | 03060 | 30 | 019 | 00570 | 30 | 005 | 0150 |
| 40 | 003 | 00120 | 40 | 002 | 00080 | | | |
| 100 | 015 | 01500 | 100 | 009 | 00900 | 100 | 001 | 0100 |
| 130 | 001 | 00130 | | | | | | |
| 150 | 001 | 00150 | | | | | | |
| 200 | 002 | 00400 | | | ----- | | | ---- |
| * NB DE Z = | | 05360 | * NB DE Z = | | 01550 | * NB DE Z = | | 0250 |
| COT.K | NB | TOT | COT.K | NB | TOT | COT.K | NB | TOT |
| | | | 20 | 001 | 0020 | | | |
| | | | * NB DE K = | | 0020 | | | |

EXAMENS EFFECTUES PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1973

DATE DE L'IMPRESSION : 17.02.73

NB DE FACTURES = 0121

DANS LE C.H.U. | EXTERNES | TOUL

COT.Z NB TOT | COT.Z NB TOT | COT.Z NB TOT

30 102 03060 | 30 019 00570 | 30 005 0150

40 003 00120 | 40 002 00080 |

100 015 01500 | 100 009 00900 | 100 001 0100

130 001 00130 |

150 001 00150 |

200 002 00400 | ----- | ----

* NB DE Z = 05360 | * NB DE Z = 01550 | * NB DE Z = 0250

COT.K NB TOT | COT.K NB TOT | COT.K NB TOT

20 001 0020 |

* NB DE K = 0020 |

**Fig. 5. — Feuille de bilan des factures pour trois catégories de malades.**

Nous avons supprimé cette étape manuelle, longue et délicate grâce à un deuxième programme qui établit ce bilan sur l'ensemble des cartes correctes et l'imprime en double (*figure 5*). Il reste seulement à vérifier que le nombre de factures imprimées adressées à l'hôpital correspond au nombre traité (indiqué en haut de la feuille). La sécurité est alors presque totale.

Le bilan mensuel devient alors très rapide. Il suffit d'utiliser ce programme sur l'ensemble des cartes du mois ou d'additionner les valeurs obtenues journalièrement.

Signalons que nos programmes généraux de fichier nous permettent également de déterminer sur une période donnée (un mois par exemple) le nombre de malades examen par examen, éventuellement service par service et de tenir ainsi à jour nos statistiques.

## LES LIMITES ET LES CONTRAINTES.

L'ordinateur du Service d'Informatique est un petit ordinateur (CII 10 010 à mémoire centrale de 16 K octets), qui permet d'exploiter des fichiers quasi-extemporanément et à la demande, à condition que ceux-ci ne soient pas trop lourds (moins de 4 000 cartes environ, ce qui correspond sensiblement aux cartes d'un mois). L'utilisation du 10 010 a l'avantage d'un coût très modique et de la commodité des programmes généraux d'interrogation mis au point.

Dans le cas des gros fichiers, l'exploitation est faite sur l'ordinateur CII 10 070 de l'Université auquel le 10 010 est relié par une ligne à 2 400 bauds. Nous montons donc sur bande magnétique nos fichiers-cartes qui deviennent vite très volumineux. A partir du fichier général, nous pouvons obtenir des sous-fichiers condensés correspondant aux diverses explorations et permettant une exploitation plus rationnelle des données médicales colligées (études statistiques par exemple, corrélations, listing de certaines catégories de malades, etc...) (fig. 6). Le coût d'utilisation du 10 070 est malheureusement plus important et nous limitons les manipulations des fichiers-bandes.

Il nous faut maintenant noter certaines limites. La première, peu gênante en pratique est que notre fichier général ne s'interroge pas en temps réel, ce qui interdit de l'utiliser comme moyen de savoir immédiatement si telle personne est déjà venue au



TABLEAU DES CARACTERISTIQUES

| LIBELLES | EFFECTIFS | MINIMUM | MAXIMUM | ETENDUE | SOMME | MOYENNE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1 HEURE | 268 | •1000000E 01 | •2300000E 02 | •2200000E 02 | •2045000E 04 | •7630596E 01 |
| *4 HEURE | 268 | •5000000E 01 | •4600000E 02 | •4100000E 02 | •4964000E 04 | •1852238E 02 |
| *1 JOUR | 268 | •2000000E 02 | •5400000E 02 | •3400000E 02 | •8947000E 04 | •3338432E 02 |
| *2 JOUR | 268 | •2000000E 02 | •5200000E 02 | •3200000E 02 | •9166000E 04 | •3420149E 02 |

| LIBELLES | VARIANCE | ESTIM VARIANCE | ECART TYPE | ESTIM EC-TYP | ECART STOC MOY | E.C.M / ETENDU |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1 HEURE | •1492700E 02 | •1498291E 02 | •3863547E 01 | •3870776E 01 | •2364454E 00 | •9304474E 02 |
| *4 HEURE | •5710034E 02 | •5731436E 02 | •7556477E 01 | •7570624E 01 | •4624497E 00 | •8865829E 02 |
| *1 JOUR | •5822949E 02 | •5844778E 02 | •7630825E 01 | •7645115E 01 | •4669999E 00 | •7280515E 02 |
| *2 JOUR | •5464600E 02 | •5485088E 02 | •7392293E 01 | •7406137E 01 | •4524021E 00 | •7073354E 02 |

**Fig. 6. — Etude statistique réalisée à partir du fichier général de tous les malades de l'année 1972 (8 400). Résultats relatifs aux taux de fixation thyroïdienne à différents moments (1re heure, 4e heure, 1er jour, 2e jour) chez les sujets considérés comme euthyroïdiens (268).**

Service et pour quel examen. La seconde est qu'il est peu commode et coûteux en temps de récupérer les cartes pour les modifier ou les compléter. Ceci nous empêche en pratique de rajouter par exemple plusieurs semaines après la perforation des cartes certaines données médicales comme les résultats d'autres examens ou mieux les résultats définitifs. De plus, il est impossible d'attendre ces éléments car l'hôpital doit recevoir en général les factures dans un délai inférieur à 15 jours suivant l'examen. On peut pour quelques examens rares (examen par le Fer 59 — durée de vie des hématies par exemple) mettre les cartes de côté, mais celà devient malaisé lorsqu'il s'agit d'examens très fréquents. Ceci nous a conduit dans certains cas, les explorations cérébrales par exemple, à utiliser une fiche informatisée spéciale et de ne plus remplir la partie médicale du bordereau habituel.

Quant aux contraintes, elles sont minimes par rapport aux avantages. La fiche informatisée doit être remplie le plus parfaitement possible, mais ceci permet d'obtenir des dossiers complets et corrects. Le codage de la partie médicale constitue aussi un surcroît de travail pour le médecin, mais, la connaissance et l'emploi du code sont acquis rapidement et l'intérêt lui paraît suffisamment grand pour qu'il fasse en général l'effort nécessaire.

## CONCLUSION.

Depuis le début de l'année 1972, nous utilisons au Service des Isotopes un dossier informatisé qui sert à la fois dans un but administratif et médical.

Si l'on ne tient pas compte du temps de la perforation des cartes, le temps gagné par le secrétariat est notable, les dossiers mieux remplis, et les bilans réalisés automatiquement.

Le codage des renseignements médicaux est relativement rapide et les médecins ont en leur possession un fichier d'où ils peuvent extraire les renseignements désirés (par exemple connaître tous les dossiers correspondant à telle ou telle caractéristique) et sur lesquels ils peuvent réaliser des travaux statistiques. Les avantages sont donc grands pour un coût peu important.

Dans l'avenir nous pensons que les Services de Médecine Nucléaire possèderont des ordinateurs branchés derrière une (ou plusieurs) caméras à scintillations et servant à des tâches multiples (traitement des scintigraphies, gestion du fichier des malades, etc...) évitant ainsi une possible sous-utilisation. Les données seraient saisies directement sur bande magnétique par l'intermédiaire d'une petite console et le fichier pourrait être facilement manipulé, modifié et interrogé. Ceci est pour demain, nous l'espérons.

## ANNEXE. EXEMPLE DE CODES MEDICAUX. EXPLORATION RENALE

**I. — CODE DE L'EXPLORATION : 04.**

**II. — CODE DES RAISONS DE LA DEMANDE DE L'EXAMEN.**

01 — Suspicion d'une tumeur rénale.
02 — Etude d'une tumeur rénale connue.
05 — Suspicion de lésion rénale après traumatisme.
10 — Suspicion d'une anomalie rénale congénitale.
11 — Etude d'un rein ectopique.
13 — Etude d'un rein muet à l'urographie.
20 — Etude d'une insuffisance rénale.
24 — Suspicion d'une polykystose rénale.
25 — Etude d'une polykystose rénale.
30 — Etude d'une affection rénale d'origine infectieuse.
31 — Etude d'une affection rénale d'origine obstructive.
40 — Surveillance d'un rein transplanté.
50 — Etude d'une hypertension artérielle.
55 — Suspicion de lésion rénale vasculaire (sténose...).
90 — Autre raison.

**III. — CODE DES RESULTATS OBTENUS.**

01 — Scintigraphie d'apparence normale.
10 — Absence de fixation au niveau d'une loge rénale.
11 — Rein surnuméraire.
12 — Rein ectopique.
13 — Anomalie de conformation (rein en fer à cheval, aplasie segmentaire...).
20 — Reins de taille inférieure à la normale.
21 — Existence d'un rein de taille inférieure à la normale sans hypertrophie compensatrice de l'autre rein.
22 — Existence d'un rein de taille inférieure à la normale avec hypertrophie compensatrice de l'autre rein.
30 — Hypofixation des deux reins avec forte fixation hépatique.
35 — Visualisation d'une zone hypofixante ou d'une encoche.
36 — Visualisation de plusieurs zones hypofixantes.
50 — Néphrogramme normal des deux côtés.
55 — Néphrogramme anormal d'un seul côté.
57 — Néphrogramme anormal des deux côtés.
90 — Autre résultat.

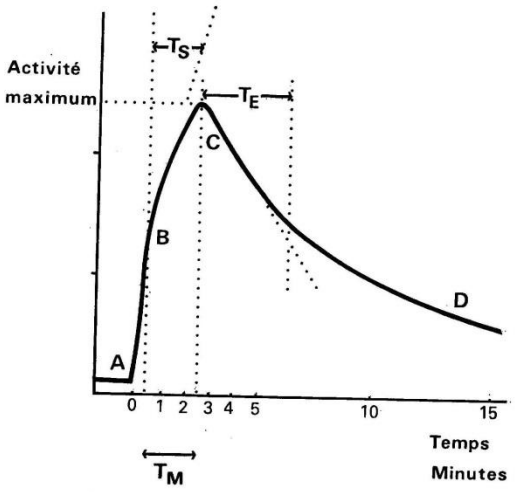



Schéma d'un néphrogramme normal.

**IV. — RESULTATS QUANTITATIFS** (relatifs aux néphrogrammes).

| CASES 47 | | | 51 | 54 | | | 58 | 61 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| , | , | , | | , | , | , | , | |
| $T_M$ mn 99 si pas d'excretion | $T_S$ mn | $T_E$ mn | | $T_M$ mn 99 si pas d'excrétion | $T_S$ mn | $T_E$ mn | | $\frac{\max G}{\max D}$ |
| Rein gauche | | | | Rein droit | | | | |

Les paramètres quantitatifs utilisés sont les suivants (voir schéma) :

$T_M$ : temps d'apparition du maximum.

$T_S$ : période de la phase secrétrice BC (temps nécessaire au doublement de l'activité à partir de B).

$T_E$ : période de la phase excrétrice CD (temps nécessaire à la disparition de la moitié de l'activité à partir de C).

54

Intérêt clinique de l'utilisation en temps différé de l'ordinateur en exploration fonctionnelle isotopique

LEGRAS B, MARTIN J, GEORGES F

Annales Médicales de Nancy, 1975, 14, 341-348

No 25

Extrait des Annales Médicales de Nancy Tome XIV — Mars 1975

# Intérêt clinique de l'utilisation en temps différé de l'ordinateur en exploration fonctionnelle isotopique

par B. LEGRAS, J. MARTIN, F. GEORGES

**RÉSUMÉ**

*L'ordinateur utilisé en temps différé dans un service d'explorations fonctionnelles présente de nombreux avantages, car les domaines d'application sont très nombreux :*

*— gestion des différents types d'explorations, des stocks...*

*— analyse d'images, particulièrement en scintigraphie et gammagraphie*

*— calculs et modèles pour l'exploitation des résultats.*

*Nous avons mis au point, à côté d'un dossier systématique qui permet à la fois de prendre en charge l'aspect administratif et l'aspect médical de ces explorations, de nombreux dossiers particuliers (17 à ce jour) qui facilitent beaucoup la tâche de nos techniciens. L'utilisation de l'ordinateur a permis de gagner de très nombreuses heures de personnel, avec le bénéfice supplémentaire de calculs toujours exacts et d'une présentation impeccable des résultats.*

## INTRODUCTION

De nombreuses explorations fonctionnelles isotopiques sont relativement complexes et les résultats nécessitent de multiples calculs. Il s'en suit que leur détermination manuelle ou même à l'aide d'une calculatrice de bureau entraîne une perte de temps rapidement excessive indépendamment d'un risque élevé d'erreurs.

L'emploi de calculatrices programmables à partir de cartes magnétiques a constitué un progrès notable et nous sommes servis pendant plusieurs années d'un appareil de ce type (Programma Olivetti.).

L'utilisation de l'ordinateur muni des périphériques adéquats permet de nouvelles améliorations et nous avons été amenés à abandonner la calculatrice programmable. Mis à part le fait qu'il est indispensable dès que le programme devient volumineux, un autre avantage majeur de l'ordinateur réside dans ses possibilités typographiques. Dans tous les cas, nous faisons imprimer les données, certains calculs intermédiaires permettant les contrôles et les résultats. Ces derniers comprennent souvent des courbes et des renseignements médicaux (valeurs normales et/ou pathologiques). Ils sont toujours fournis en double exemplaires l'un pour nos dossiers, l'autre pour le service demandeur. Nous avons veillé à la présentation des résultats pour éviter leur recopie et gagner ainsi du temps de secrétariat.

Depuis le début de l'année 1972, nous avons mis au point plus de dix programmes d'exploration fonctionnelle que nous décrirons rapidement ici.

## MATÉRIEL

Les petits programmes sont traités sur l'ordinateur CII 10 010 du Service d'Informatique Médicale de la Faculté de Médecine. Il comprend un lecteur de cartes, un lecteur rapide de ruban et une imprimante. Sa mémoire centrale est de 16 K octets.

Deux gros programmes (fer et calcium) comprenant un lissage biexponentiel sont traités sur l'ordinateur CII 10 070 de l'Institut Universitaire de Calcul Automatique (mémoire centrale de 128 K octets) auquel est relié le CII 10 010 par une ligne téléphonique. Les données sont lues et les résultats imprimés au niveau du CII 10 010.

La proximité du Service d'Isotopes et de l'ordinateur constitue un gros avantage et les résultats sont livrés habituellement dans les heures qui suivent.

---

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 24.4.1974.

## PROGRAMMES UTILISÉS

### 1) Mesure de l'absorption de la vitamine B12 en présence et en l'absence de facteur intrinsèque par une technique de double marquage (test de Schilling)

Le système calcule, en tenant compte de la superposition des deux spectres, les taux d'absorption de la vitamine B12 libre marquée au Cobalt 58 et celui de la vitamine B12 additionnée de facteur intrinsèque (vit. B12 marquée au Cobalt 57). L'édition fournit outre les données, les résultats obtenus ainsi que les valeurs habituelles pour différentes affections (fig. 1).

```
!                          C.H.U. NANCY
!                SERVICE D EXPLORATION FONCTIONNELLE
!                        PAR LES RADIO-ISOTOPES

!   EXPLORATION ISOTOPIQUE DE L ABSORPTION
!  ----------------------------------------
!   DE LA VITAMINE B12 PAR DOUBLE MARQUAGE
!  ----------------------------------------

!                 M[redacted]              RENE
!                 DERMATO             13.02.74

!   R E S U L T A T S .
!  ----------------------

!  VOLUME DES URINES RECUEILLIES EN 24H. (EN ML.) : V = 2000

!  ACTIVITE ELIMINEE DANS LES URINES
!  EN L ABSENCE DE FACTEUR INTRINSEQUE (CO58)
!  EN POURCENTAGE DE LA DOSE INJECTEE :              A- =    3,78

!  ACTIVITE ELIMINEE DANS LES URINES
!  EN PRESENCE DE FACTEUR INTRINSEQUE (CO57)
!  EN POURCENTAGE DE LA DOSE INJECTEE :              A+ =   14,27

!  RAPPORT DES DEUX VALEURS PRECEDENTES :          A+/A- =    3,76
!  (INDEPENDANT DE LA FONCTION RENALE,
!  D UN RECUEIL URINAIRE IMPARFAIT
!  ET D UN TRAITEMENT ANTERIEUR PAR LA VITAMINE B12)

!  VALEURS HABITUELLES   !
!  --------------------  !
!                        !
!                        ! A-        A+        A+/A- =
!                        !
!                        !
!  ----------------------! ------------------------------
!                        !
!                        !
!  SUJETS NORMAUX        ! 11 A 28   12 A 30   0,7 A 1,4
!                        !
!                        !
!  MALABSORPTIONS NON    !
!  DUES A UN MANQUE DE   ! INF. A 4  INF. A 4  0,7 A 1,4
!  FACTEUR INTRINSEQUE   !
!                        !
!                        !
!  ANEMIES BIERMERIENNES !
!  ET AUTRES MALABSORPT. ! 0 A 5,5   5 A 14    1,8 A 15
!  DUES A UN MANQUE DE   !
!  FACTEUR INTRINSEQUE   !
```

FIGURE 1

### 2) Mesure de l'eau totale après injection d'eau tritiée

Le système corrige les différences d'absorption des échantillons biologiques émetteurs $\beta$ à partir d'étalons. Il détermine ensuite le volume de diffusion de l'eau en litre, en litre/kg et en litre/kg théorique ainsi que la masse maigre et il imprime ces résultats ainsi que les données (fig. 2).

```
                SERVICE D EXPLORATION FONCTIONNELLE
                        PAR LES RADIO-ISOTOPES
                * MESURE DE L EAU ECHANGEABLE *

L[redacted]      PHILIPPE                60 ANS

INS RESP

05.06.73

POIDS ACTUEL (KG)        =  61,4

POIDS THEORIQUE (KG)     =  58,3

TAILLE                   =   1,61

EAU ECHANGEABLE          =  31 L

                         =  51 % DU POIDS ACTUEL

                         =  53 % DU POIDS THEORIQUE

            * VAL.NORM. = H : 54 % ; F : 49 % *

MASSE MAIGRE             =  42 KG
```

FIGURE 2

### 3) Mesure du pool échangeable du sodium ou du potassium après injection d'un traceur émetteur gamma

Il existe deux programmes légèrement différents. Dans les deux cas, le système calcule les pools échangeables en tenant compte éventuellement de la décroissance physique du traceur au moment des comptages (cas du K 42 et du Na 24 qui ont une courte période). Il imprime ces résultats en meq, meq/kg et meq/kg théorique, ainsi que les valeurs normales (fig. 3).

### 4) Tracé des courbes de comptage externes au cours de l'érythropoièse par le fer 59

Le système calcule les résultats des comptages au niveau des organes de deux manières différentes :

– activité réellement fixée dans l'organe à un moment donné. Pour cela, il tient compte de l'activité plasmatique puis globulaire déterminée à partir des échantillons sanguins ;

– activité observée à un moment donné rapportée à l'activité initiale. Il imprime les valeurs obtenues et trace les courbes correspondantes.

### 5) Tracé des courbes de comptages externes au cours de l'étude de la durée de vie des hématies ou des plaquettes marquées au Cr 51

Il existe deux programmes légèrement différents. Dans les deux cas, le système rapporte l'activité observée à un moment donné au niveau d'un organe (foie, rate ou sacrum) à celle du cœur. Il imprime les données et les taux de fixation obtenus et trace les courbes correspondantes (fig. 4).

C.H.U. SERVICE D EXPLORATION FONCTIONNELLE
NANCY PAR LES RADIO-ISOTOPES

* MESURE DU POTASSIUM ECHANGEABLE *

G[redacted] MARTIAL 68 ANS

MARINGER 2

10.07.73

POIDS ACTUEL (KG) : 66,1

POIDS THEORIQUE (KG) : 61,2

TAILLE : 1,65

DIURESE DES 24 H (ML) : 1400

* RESULTATS.

K ECHANGEABLE (MEQ) : 1013,06

K ECH./POIDS ACT. (MEQ/KG) : 15,32

K ECH./POIDS THE. (MEQ/KG) : 16,55

* VALEURS MOYENNES (D APRES BERNIER) *

| SEXE | AGE | K.ECH. (MEQ/KG TH) |
|---|---|---|
| H | 16-30 | 48 +-3 |
| | 31-60 | 45 +-3 |
| | 61-90 | 37 +-3 |
| F | 16-30 | 38 +-3 |
| | 31-60 | 34 +-3 |
| | 61-90 | 29 +-3 |

FIGURE 3

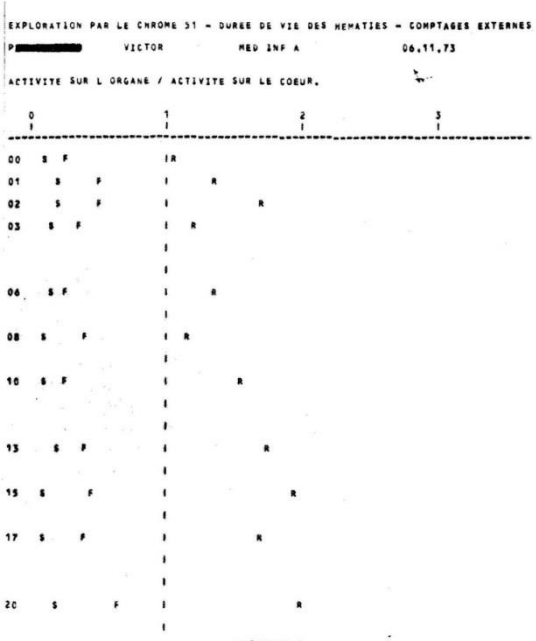



FIGURE 4

6) **Tracé de la courbe de décroissance de l'activité des plaquettes marquées au Cr 51**

Le système calcule l'activité des échantillons et la rapporte à la dose injectée. Il imprime ces résultats et trace les courbes correspondantes en coordonnées cartésiennes et semi-logarithmiques (fig. 5).




FIGURE 5

7) **Durée de vie des hématies**

Il comprend deux programmes différents utilisés successivement :

- tracé de la courbe de décroissance de l'activité des hématies marquées au Cr 51 en coordonnées sémilogarithmiques ;
- à partir de cette courbe, on détermine la période que l'on introduit en données avec la dose injectée. Le second

programme calcule alors différents paramètres cliniques (destructions, production, indices) qu'il imprime (fig. 6).

C.H.U. NANCY

SERVICE D EXPLORATION FONCTIONNELLE PAR LES RADIO-ISOTOPES

EXPLORATION PAR LE CHROME 51 - DUREE DE VIE DES HEMATIES

S[redacted] VICTOR 64 ANS

NED A 03.12.73

NUMERO DU DOSSIER AUX ISOTOPES = 52561

* RESULTATS *

| | | |
|---|---|---|
| HEMATOCRITE STABLE - VALEUR CORRIGEE MOYENNE<br>** VN. H = 43 ; F = 41 ** | = | 32,5 % |
| VOLUME SANGUIN A J = 0 | = | 4741, ML |
| VOLUME SANGUIN THEORIQUE | = | 4710 ML |
| VOLUME GLOBULAIRE A J = 0 | = | 1541, ML |
| VOLUME GLOBULAIRE THEORIQUE | = | 2020 ML |
| TEMPS DE DEMI-DISPARITION DES HEMATIES - T50<br>** VN = 26 A 33 J ** | = | 20,0 J |

DESTRUCTION OU PRODUCTION REELLE PAR JOUR

= 33,9 ML/J = 2,20 POURCENT DU VOL. GLOBUL.
** VN = 0.83 POURCENT DU VOL. GLOBUL. **

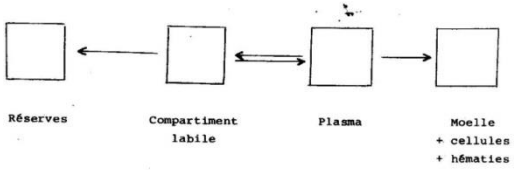
| | | |
|---|---|---|
| DESTRUCTION OU PRODUCTION IDEALE PAR JOUR | = | 16,9 ML |
| PRODUCTION DE COMPENSATION PAR JOUR | = | 44,9 ML |
| INDEX DE PRODUCTION REELLE | = | 1,9 |
| INDEX DE PRODUCTION DE COMPENSATION | = | 2,6 |

* CONCLUSIONS *

FIGURE 6

## 8) Exploration de l'érythropoïèse par le Fer 59

Le modèle adopté (Najean) comprend 4 compartiments (fig. 7). Les valeurs plasmatiques sont approchées par une courbe constituée d'une somme de deux exponentielles.




SCHEMA DE L'ERYTHROPOIESE SUIVANT NAJEAN

FIGURE 7

Le calcul des coefficients se fait à partir des paramètres de la courbe et de la valeur du plateau d'incorporation globulaire.

Les résultats comprennent :

– les résultats immédiats de l'exploration (hématocrite, ...) ;

– les caractéristiques du modèle compartimental adopté (fig. 8) ;

– les courbes expérimentales et celles qui sont recalculées d'après l'ajustement (Fig. 9).

SERVICE DES ISOTOPES
C.H.U. NANCY
EXPLORATION PAR LE FER 59

NOM DU MALADE [redacted]
PRENOM MARIA
DOSSIER DES ISOTOPES N, 44612
AGE 77 ANS
LIEU D'HOSPITALISATION MEDEC 8
DATE DE L'EXAMEN. JOUR. 9 MOIS. 1 ANNEE.73

DONNEES EXPERIMENTALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| POIDS | = 55.00 KG | | |
| FER SERIQUE | = 98 GAMMA.100 ML | **VAL.NORM. | HOMMES 90 A 130 |
| | | **VAL.NORM. | FEMMES 70 A 120 |
| HEMATOCRITE CORRIGE MOYEN | = 30 POURCENT | | |
| VOLUME SANGUIN | = 2860 ML | | |
| VOLUME SANGUIN THEORIQUE | = 3300 ML | | |
| VOLUME GLOBULAIRE | = 1010 ML | | |
| VOLUME GLOBULAIRE THEORIQUE | = 1435 ML | | |

RESULTATS DU LISSAGE

ACTIVITE A L'ORIGINE,2ML = 1072 COUPS.MN

| | | | |
|---|---|---|---|
| EXPONENTIELLE COURTE | | | |
| FACTEUR A L'ORIGINE | = .9975 | **VN SUP A .990 | ** |
| LAMBDA | = 24.6763 | | |
| PERIODE = .0281 J | = 40.4 MN | **VN = 70 A 110 MN | ** |
| EXPONENTIELLE LONGUE | | | |
| FACTEUR A L'ORIGINE | = .0025 | **VN INF A .010 | ** |
| LAMBDA | = .0518 | | |
| PERIODE | = 13.37 J | **VN = 3 J | ** |
| INCORPORATION GLOBULAIRE | | | |
| MAXIMUM D'INCORPORATION = | .45 | **VN = .76 A .86 | ** |
| VITESSE D'INCORPORATION = | J | **VN =2.6 A 3.2 J | ** |
| TEMPS D'APPAR DU MAXIMUM= | J | **VN = 12 A 14 J | ** |
| COEFFICIENTS D ECHANGE PAR JOUR | | | |
| COMP PLASMA - COMP LABILE =19.574 | | **VN= 3.08 | ** |
| COMP LABILE - COMP PLASMA = .078 | | **VN= 0.18 | ** |
| COMP LABILE - RESERVES = .036 | | **VN= 0.22 | ** |
| COMP PLASMA - HEMOGLOBINE = 5.040 | | **VN= 7.41 | ** |

VOLUME DE DIFFUS. DE SIDEROPH= 1900.1 ML = 34.5 ML.KG

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| COMPARTIMENTS | | | | | |
| PLASMATIQUE | = 1.882 | MG = .034 | MG.KG | **VN = .046 A .063 | ** |
| LABILE | = 320.604 | MG = 5.829 | MG.KG | **VN = .070 A .570 | ** |
| FLUX D ECHANGE | | | | | |
| COMP LAB - RESERVES = | 11.56 | MG.J = .210 | MG.KG.J | **VN = .030 A .160 | ** |
| COMP PLA - HEMOGLOB = | 9.39 | MG.J = .171 | MG.KG.J | **VN = .370 A .520 | ** |
| MG SYNTHETISEE = | 2.76 | G.J = .050 | G.KG.J | **VN = .110 A .150 | ** |

FIGURE 8

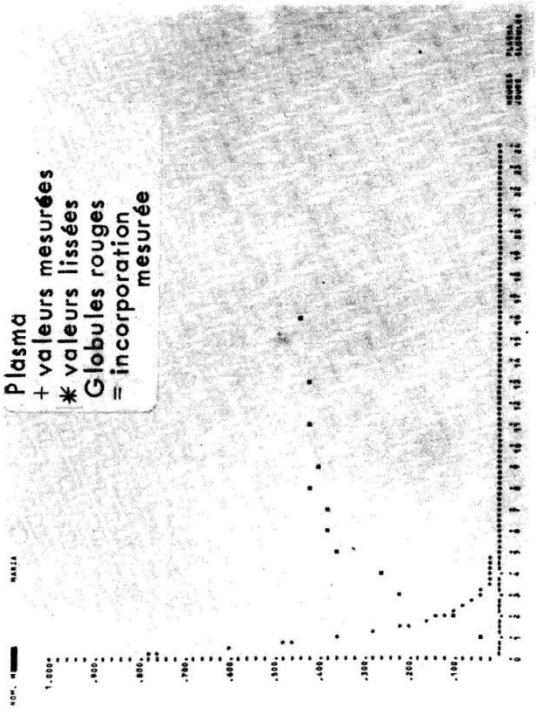



FIGURE 9

9) **Exploration du métabolisme du calcium par le calcium 45**

Il s'agit comme pour le fer 59 d'une étude compartimentale avec ajustement de la courbe expérimentale par une somme de deux exponentielles. Les résultats sont voisins des précédents (fig. 10).

SERVICE DES ISOTOPES U.E.R. C.H.U. NANCY
EXPLORATION DU METABOLISME CALCIQUE

NOM DU MALADE [redacted]
PRENOM
NO.AUX ISOTOPES 0

AGE 50 ANS
LIEU D'HOSPITALISATION MED E
DATE DE L'EXAMEN 8/10/1973
POIDS 70 KG

RESULTATS

| | | | |
|---|---|---|---|
| POOL RAPIDEMENT ECHANGEABLE | 2026.4 MG | = | 28.95 MG/KG |
| POOL LENTEMENT ECHANGEABLE | 7374.4 MG | = | 105.35 MG/KG |
| POOL COMMUN CALCIQUE | 9400.8 MG | = | 134.30 MG/KG |
| CALCEMIE MOYENNE | 81.4 MG/L | | |
| CALCIURIE | 10.0 MG/J | = | .14 MG/J/KG |
| CALCIUM FECAL TOTAL | 382.0 MG/J | = | 5.46 MG/J/KG |
| CALCIUM FECAL ENDOGENE | 6.1 MG/J | = | .09 MG/J/KG |
| ACCRETION OSSEUSE | 1543.6 MG/J | = | 22.05 MG/J/KG |
| RESORPTION OSSEUSE | 1039.4 MG/J | = | 14.79 MG/J/KG |
| ECART | 508.3 MG/J | = | 7.26 MG/J/KG |
| CALCIUM INGERE | 900.0 MG/J | = | 12.86 MG/J/KG |
| CALCIUM ABSORBE | .6 MG/J | = | .01 MG/J/KG |

TAUX DE TRANSFERT PAR JOUR — GLOBAL DU POOL RAPIDEMENT ECHANGEABLE: .77
DU POOL RAPIDE VERS LE POOL LENT : 1.53
DU POOL LENT VERS LE POOL RAPIDE : .42

FIGURE 10

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'ordinateur s'avère un outil de plus en plus précieux en Médecine Nucléaire.

Son utilisation la plus courante consiste à traiter les informations provenant d'une caméra à scintillations : correction de l'hétérogénéité du champ de la caméra, lissage des valeurs obtenues pour réduire les fluctuations aléatoires et améliorer l'image scintigraphique, tracé de courbes dynamique..., etc.

On peut aussi employer l'ordinateur à des tâches de gestion. Depuis 1972, la gestion administrative et médicale du Service des Isotopes est faite par ce moyen (2). Elle fournit la facturation des examens, le bilan mensuel des cotations et des examens. De plus, elle permet à partir des données médicales indiquées la recherche et l'impression des dossiers possédant les caractéristiques désirées ainsi que des études statistiques.

Le troisième domaine d'utilisation est celui que nous avons illustré dans cet article. L'ordinateur présente un intérêt considérable en exploration fonctionnelle isotopique. Il permet un gain de temps notable et procure une sécurité accrue. Il est très utile, voire indispensable, pour les études compartimentales complexes nécessitant la détermination de plusieurs exponentielles (fer 59 - calcium 45).

Section d'Informatique Médicale
Groupe de Recherches U 115
(Dir. : Pr J. Martin)
30, rue Lionnois - 54000 NANCY
et
Service de Médecine Nucléaire,
C.H.R. de Brabois

BIBLIOGRAPHIE

LEGRAS B., MARTIN J., PORTMANN M.C. — Contrôle statistique de divers lissages des scintigraphies numériques. Résultats obtenus en pratique médicale. *In Medical Radioisotope Scintigraphy,* 1972, IAEA.

LEGRAS B., MARTIN J., VIARD D. — Gestion administrative et médicale par ordinateur d'un Service de Médecine Nucléaire.

*Journal de Biologie et de Médecine Nucléaire,* 1974, **9**.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement Mademoiselle MONOT, Monsieur EMOND et Monsieur SIRANTOINE qui ont participé à l'écriture des programmes.

Ensemble de programmes informatiques pour les explorations fonctionnelles métaboliques et hématologiques par les radio-isotopes

LEGRAS B, CHAU N, MARTIN J

Journal Français de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1977, 2, 147-151

No 34

# Ensemble de programmes informatiques pour les explorations fonctionnelles métaboliques et hématologiques par radio-isotopes

B. LEGRAS, N. CHAU et J. MARTIN

RÉSUMÉ. — Les auteurs présentent des programmes écrits en Fortran (et donc facilement adaptables) utilisés en routine au Service de Médecine nucléaire du C.H.U. de Nancy. Trois programmes sont employés pour des explorations métaboliques : absorption de la vitamine B 12, eau échangeable, masse échangeable du sodium ou du potassium; trois autres correspondent à des explorations hématologiques : comptages externes (hématies ou plaquettes), durée de vie des hématies, étude de l'érythropoièse (cinétique à 1 ou 2 compartiments et comptages externes). Un soin particulier a été porté aux éditions des documents comme le montrent les différentes figures.

ABSTRACT. — *The authors present programs written in Fortran (and therefore easily adaptable) regularly used in a Nuclear Medicine Service. Three programs are employed for metabolic investigations:* B 12 *vitamine absorption, exchangeable water, exchangeable sodium or potassium. Three others are used for hematological investigations: external counting (red cells or platelets), red cells survical, erythropoietic study (kinetic with* 1 *or* 2 *compartments and external counting). A special attention has been brought to the editions of the documents as shown.*

## INTRODUCTION

De nombreuses explorations fonctionnelles isotopiques sont complexes et les résultats nécessitent de multiples calculs. Il s'ensuit que leur détermination manuelle entraîne une perte de temps rapidement execessive indépendamment d'un risque élevé d'erreurs. Pour ces raisons, nous avons été amenés à utiliser l'ordinateur depuis 1972 [1].

Celui-ci présente de nombreux autres avantages. Il permet en particulier des études compartimentales complexes, là où l'on se contente souvent d'un modèle plus grossier. Nous avons donc veillé à la présentation des résultats pour faciliter la lecture, éviter la recopie et gagner ainsi du temps de secrétariat.

Section d'Informatique médicale (Unité I.N.S.E.R.M.U. 115) Faculté de Médecine, B.P. n° 1080, 54019 Nancy Cedex et Service des Isotopes, C.H.U. de Nancy-Brabois.

Reçu en décembre 1976.

(1) Un document complet est à la disposition des personnes intéressées [2].

Nous décrirons rapidement dans cet article les programmes d'explorations métaboliques et hématologiques utilisés en routine par le Service de Médecine nucléaire (1), en présentant pour chacun une partie des résultats fournis par l'ordinateur.

## PROGRAMMES UTILISÉS

Le but recherché était de mettre au point des programmes fournissant des documents très clairs avec un contrôle facile des données, des résultats intermédiaires utiles et des résultats définitifs sous forme élaborée permettant une analyse facile par le médecin. Aussi, nous faisons imprimer les valeurs de référence et éventuellement certaines valeurs correspondant à des états pathologiques. Ces résultats définitifs sont toujours fournis en double exemplaires, l'un pour les dossiers du Service des Isotopes, l'autre pour le Médecin demandeur.

Écrits d'abord en Astrol (langage spécifique de l'ordinateur CII 10010 alors en notre possession), les programmes ont été en 1976 améliorés et réécrits en Fortran (langage universel accepté par de nombreux ordinateurs). Ils passent actuellement sur le nouvel ordinateur (CII Mitra 15) de la Section d'Informatique de la Faculté de Médecine. Les données sont indiquées sur des bordereaux et perforées sur des cartes. Les résultats sont fournis par une imprimante rapide (²). Les programmes mis au point sont au nombre de 6 : 3 concernent des explorations métaboliques, les 3 autres sont utilisés en hématologie.

## 1. Mesure de l'absorption de la vitamine B 12 en présence et en l'absence de facteur intrinsèque par une technique de double marquage (test de Schilling)

Le programme calcule, en tenant compte de la superposition des deux spectres, les taux d'absorption de la vitamine B 12 libre marquée au Cobalt-58 et celui de la vitamine B 12 additionnée de facteur intrinsèque (vitamine B 12 marquée au Cobalt-57). L'édition fournit outre les données, les résultats obtenus ainsi que les valeurs habituelles pour différentes affections (*fig.* 1).

SECT. D'INF. MED. - PROF. J. MARTIN

SERVICE D'EXPLORATIONS FONCTIONNELLES
PAR LES RADIO-ISOTOPES (C.H.U. BRABOIS)
* ABSORPTION DE LA VITAMINE B 12 *

| | |
|---|---|
| PATIENT : | NUDER MAURI |
| LIEU D'HOSPITALISATION : | CHIR B |
| DATE DE L'EXAMEN : | 12-11-74 |

RESULTATS

| | |
|---|---|
| VOLUME DES URINES RECUEILLIES EN 24 H : | 850 ML |
| POURCENTAGE D'ACTIVITE ELIMINEE DANS LES URINES EN ABSENCE DE FACTEUR INTRINSEQUE (FI) (A-) : | 26.4 % |
| POURCENTAGE D'ACTIVITE ELIMINEE DANS LES URINES EN PRESENCE DE FI (A+) : | 23.5 % |
| A+/A- : (INDEPENDANT DE LA FONCTION RENALE D'UN RECUEIL URINAIRE IMPARFAIT ET D'UN TRAITEMENT ANTERIEUR PAR LA VITAMINE B 12) | 0.89 |

VALEURS HABITUELLES EN %

| | SUJETS NORMAUX | MALABSORPTION NON DUES A UN MANQUE DE FI | ANEMIES BIERMERTIENNES ET AUTRES MALABSORPTIONS DUES A UN MANQUE DE FI |
|---|---|---|---|
| A- : | 11 A 28 | INF A 4 | 0 A 5.5 |
| A+ : | 12 A 30 | INF A 4 | 5 A 14 |
| A+/A-: | 0.7 A 1.4 | 0.7 A 1.4 | 1.8 A 15 |

Fig. 1

## 2. Mesure de l'eau totale après injection d'eau tritiée

Le programme corrige les différences d'absorption des échantillons biologiques émetteurs β à partir d'étalons. Il détermine ensuite le volume de diffusion de l'eau en litre, en litre par kilogramme et en litre par kilogramme théorique ainsi que la masse maigre et il imprime ces résultats ainsi que les données (*fig.* 2).

SECT. D'INF. MED. - PROF. J. MARTIN

SERVICE D'EXPLORATIONS FONCTIONNELLES
PAR LES RADIO-ISOTOPES (U.E.R. NANCY)
* MESURE DE L'EAU ECHANGEABLE *

Fig. 2

| | |
|---|---|
| PATIENT : | LAVAUX PHILIPPE |
| LIEU D'HOSPITALISATION : | INS RESP |
| DATE DE L'EXAMEN : | 5- 6-73 |
| AGE : | 60 ANS |
| SEXE : | MASCULIN |
| POIDS ACTUEL : | 61.4 KG |
| POIDS THEORIQUE : | 58.3 KG |
| TAILLE : | 1.61 M |

RESULTATS

| | |
|---|---|
| EAU ECHANGEABLE : | 31 L |
| EAU ECHANG./POIDS ACTUEL : | 51 % |
| EAU ECHANG./POIDS THEOR. : (VALEUR NORMALE : 54 %) | 54 % |
| MASSE MAIGRE : | 43 KG |

## 3. Mesure du pool échangeable du sodium ou du potassium après injection d'un traceur émetteur gamma

Le programme calcule les pools échangeables en tenant compte éventuellement de la décroissance physique du traceur au moment des comptages (cas du potassium 42 et du sodium 24 qui ont une courte période). Il imprime ces résultats en milliéquivalents, milliéquivalent par kilogramme et milliéquivalents par kilogramme théorique, ainsi que les valeurs normales (*fig.* 3).

SECT. D'INF. MED. - PROF. J. MARTIN

SERVICE D'EXPLORATIONS FONCTIONNELLES
PAR LES RADIO-ISOTOPES (C.H.U. BRABOIS)
* MESURE DU POTASSIUM ECHANGEABLE *
(ISOTOPE UTILISE : K 42)

Fig. 3

| | |
|---|---|
| PATIENT : | PUPPO RENE |
| LIEU D'HOSPITALISATION : | PROUVE A |
| DATE DE L'EXAMEN : | 1-10-74 |
| AGE : | 42 ANS |
| SEXE : | MASCULIN |
| POIDS ACTUEL : | 75.4 KG |
| POIDS THEORIQUE : | 65.7 KG |
| TAILLE : | 1.71 M |
| DIURESE : | 1910 ML |

RESULTATS

| | |
|---|---|
| MASSE ECHANGEABLE : | 1419. MEQ |
| MASSE ECHANG./POIDS ACTUEL : | 18.8 MEQ/KG |
| MASSE ECHANG./POIDS THEOR. : (VALEUR MOYENNE D'APRES BERNIER : 42 A 48 MEQ/KG) | 21.6 MEQ/KG |

(²) Les programmes sont facilement adaptables sur les ordinateurs utilisés en Médecine nucléaire pour les traitements scintigraphiques statiques et dynamiques, dans la mesure où ils possèdent un compilateur Fortran. Les données seraient alors introduites à partir du clavier.

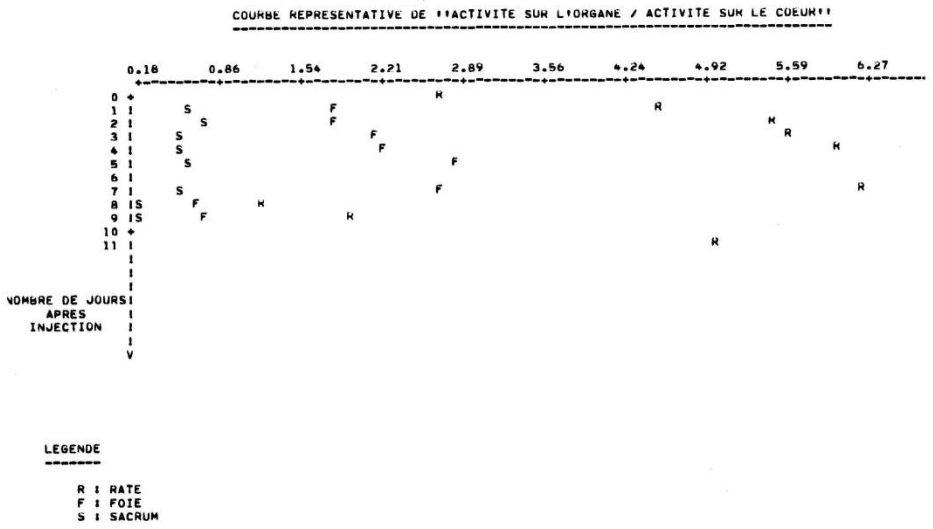



Fig. 4

SECT. D'INF. MED. - PROF. J. MARTIN

SERVICE D'EXPLORATIONS FONCTIONNELLES

PAR LES RADIO-ISOTOPES (C.H.U. BRABOIS)

* DUREE DE VIE DES HEMATIES *

| | |
|---|---|
| PATIENTE : | NABIALEK . MARTINE |
| LIEU D'HOSPITALISATION : | RHUMATO |
| DATE DE L'EXAMEN : | 16-12-74 |
| AGE : | 23 ANS |
| SEXE : | FEMININ |
| ETAT DE L'HEMATOCRITE : | INSTABLE |
| HEMATOCRITE CORRIGE MOYEN : (VALEUR NORMALE : 41 %) | 27.6 % |
| HEMATOCRITE CORRIGE A J=0 : | 29 % |
| HEMATOCRITE CORRIGE A J=11 : | 14 % |

RESULTATS

| | |
|---|---|
| VOLUME SANGUIN A J=0 : | 3290. Ml |
| VOLUME GLOBULAIRE REEL A J=0 : | 954. Ml |
| THEORIQUE A J=0 : | 1349. Ml |
| TEMPS DE DEMI-DISPAR. DES HEMATIES : (VALEUR NORMALE : 26 A 33 J) | 13.8 J |
| DESTRUCTION REELLE PAR J : (3.20 % DU VOLUME GLOBULAIRE A J=0 : VALEUR NORMALE : 0.83 %) | 30.5 Ml |
| PRODUCTION REELLE PAR J : (1.50 % DU VOLUME GLOBULAIRE A J=0 : VALEUR NORMALE : 0.83 %) | 14.3 Ml |
| DESTRUCT. ET PRODUCT. THEOR. PAR J : | 11.2 Ml |
| PRODUCTION DE COMPENSATION PAR J : | 98.9 Ml |
| INDEX DE PRODUCTION REELLE : (VALEUR NORMALE : 1) | 1.3 |
| INDEX DE PRODUCTION DE COMPENSATION : (VALEUR NORMALE : 1) | 8.8 |

Fig. 5

RESULTATS

MODELE DE NAJEAN A 2 EXPONENTIELLES

(DEPART DE FER VERS LES RESERVES A PARTIR D'UN COMPARTIMENT LABILE ECHANGEABLE)

| | | VALEUR CALCULEE | VALEUR NORMALE |
|---|---|---|---|
| INCORPORATION GLOBULAIRE : | | | |
| MAXIMUM D'INCORPORATION : | | 78 % | 70-85 % |
| TEMPS DE DEMI-INCORPORATION MAXIMALE : | | 1.7 J | 1.5-2.5 J |
| PERIODES DE L'ACTIVITE PLASMATIQUE : | | | |
| EXPONENTIELLE COURTE : | | 57 MN | 60-110 MN |
| EXPONENTIELLE LONGUE : | | 3.9 H | 3 J |
| POOLS : | | | |
| FER PLASMATIQUE | TOTAL : | 1.0 MG | |
| | PAR KG : | 0.07 MG | 0.05 MG |
| FER LABILE ECHANGEABLE | TOTAL : | 0.9 MG | |
| | PAR KG : | 0.06 MG | .07-.57 MG |
| COEFFICIENTS DE RENOUVELLEMENT PAR J : | | | |
| PLASMA VERS COMPARTIMENT LABILE : | | 6.3 | 3.08 |
| COMPARTIMENT LABILE VERS PLASMA : | | 4.1 | 0.18 |
| COMPARTIMENT LABILE VERS RESERVES : | | 2.5 | 0.22 |
| PLASMA VERS MOELLE : | | 8.9 | 7.2 |
| FLUX DE RENOUVELLEMENT PAR J : | | | |
| COMP. LABILE VERS RESERVES | TOTAL : | 2.4 MG | |
| | PAR KG : | 0.16 MG | |
| PLASMA VERS MOELLE | TOTAL : | 8.7 MG | |
| | PAR KG : | 0.58 MG | .37-.57 MG |
| HEMOGLOBINE SYNTHETISEE | TOTAL : | 2.5 G | |
| | PAR KG : | 0.17 G | .11-.15 G |

Fig. 6

**4. Comptages externes au cours de l'étude de la durée de vie des hématies ou des plaquettes marquées au $^{51}Cr$**

Le programme rapporte l'activité observée à un moment donné au niveau d'un organe (foie, rate ou ou sacrum) à celle du cœur. Il imprime les données et les taux de fixation obtenus et trace les courbes correspondantes en coordonnées cartésiennes (*fig.* 4).

**5. Durée de vie des hématies**

Le programme détermine l'exponentielle qui traduit la décroissance de l'activité des hématies marquées au $^{51}Cr$ en fonction du temps. A partir de ses caractéristiques, il calcule différents paramètres cliniques (destruction, production, indices) qu'il imprime (*fig.* 5). Les calculs différent selon que l'hématocrite est stable ou non pendant l'examen.

**6. Étude de l'érythropoïèse par le fer**

Pour la cinétique plasmatique, on a adopté soit le modèle simplifié à un compartiment plasmatique correspondant à une exponentielle, soit le modèle de Najean à 2 compartiments correspondant à deux exponentielles (3).

Le programme définit l'exponentielle unique (valeurs obtenues pendant les deux premières heures) ou les 2 exponentielles (valeurs des 2 premiers jours). Il détermine aussi la courbe de l'incorporation globulaire (exponentielle croissante). Des paramètres du système sont calculés à partir des paramètres de la courbe plasmatique, de la valeur du plateau d'incorporation globulaire et de quelques données (sidérémie, hématocrite, etc.).

Le programme imprime les caractéristiques du modèle choisi (coefficients d'échange, flux, pools) (*fig.* 6) ainsi que les données, les résultats intermédiaires et les courbes.

Le même programme, utilisant certaines valeurs calculées (telle la dose injectée), détermine l'activité au niveau des organes choisis (activité comptée moins activité circulante) ramenée à l'activité injectée. Il imprime les résultats et fournit les courbes correspondantes.

## CONCLUSION

L'ordinateur s'avère un outil de plus en plus précieux en Médecine nucléaire.

Son utilisation la plus courante consiste à traiter les informations provenant d'une caméra à scintillations : correction de l'hétérogénéité du champ de la caméra, lissage des valeurs obtenues pour réduire les fluctuations aléatoires et améliorer l'image scintigraphique, tracé de courbes dynamiques, etc.

On peut aussi employer l'ordinateur à des tâches de gestion. Depuis 1972, la gestion administrative et médicale du Service des isotopes est faite par ce moyen [3]. Elle fournit la facturation des examens, le bilan mensuel des cotations et des examens. De plus, elle permet à partir des données médicales indiquées la recherche et l'impression des dossiers possèdant les caractéristiques désirées ainsi que des études statistiques.

Le troisième domaine d'utilisation est celui que nous avons illustré dans cet article. L'ordinateur présente un intérêt considérable en exploration fonctionnelle isotopique. Il permet un gain de temps notable et procure une sécurité accrue. Il est très utile, voire indispensable, pour les études compartimentales complexes nécessitant la détermination de plusieurs exponentielles (fer-59).

## BIBLIOGRAPHIE

[1] B. LEGRAS, J. MARTIN et F. GEORGES, Intérêt clinique de l'utilisation en temps différé de l'ordinateur en exploration fonctionnelle isotopique. *Ann. Méd. de Nancy*, **14**, 1975, 341-348.

[2] B. LEGRAS, N. CHAU et J. MARTIN, Ensemble de programmes Fortran pour explorations fonctionnelles hématologiques et métaboliques par radio-isotopes. Rapport 53 p., 1976.

[3] B. LEGRAS, J. MARTIN et D. VIARD, Gestion administrative et médicale par ordinateur d'un Service de Médecine nucléaire. *J. Biol. Méd. Nucl.*, **9**, 1974, 47-54.

*Nous remercions M^me^ Bunel pour sa collaboration technique.*

(3) Le modèle de Najean est caractérisé par un compartiment labile en équilibre avec le compartiment plasmatique, un flux de fer irréversible vers la mœlle à partir du plasma et un flux irréversible vers les réserves à partir du compartiment labile.

Gestion médicale et administrative par ordinateur du Service de Médecine Nucléaire

LEGRAS B, CHAU N, LAMBERT J-P, MARTIN J, BERTRAND A

Journal Français de Biophysique et de Médecine Nucléaire, 1977, 5, 225-230

No 36

# Gestion médicale et administrative par ordinateur du service de médecine nucléaire de Nancy

B. LEGRAS (*), N. CHAU (*), J.-P. LAMBERT (*); J. MARTIN (*) (**) et A. BERTRAND (**).

RÉSUMÉ. – Les auteurs présentent les résultats d'une gestion informatique de données administratives et médicales d'un Service de Médecine nucléaire. En contrepartie d'un surcroît de travail modéré de secrétariat (usage de carbones évitant des recopies) et d'efforts réduits pour les médecins, les avantages sont considérables. On obtient chaque mois un bilan très complet de l'activité du Service. A partir des fichiers médicaux, l'ordinateur permet des statistiques et des éditions en clair (avec ou sans tri) fournissant les dossiers sélectionnés.

SUMMARY. – *This article presents the results of the processing of the administrative and medical data collected in a Department of Nuclear medicine. For a moderate increase in the secretaries'work (limited by the use of carbon copies) and for minor efforts of the doctors, the resulting advantages are tremendous. A detailed balance of the Department activity can be obtained monthly. From the medical files, the computer provides statistical data and listings in clear from (with or without sort) of the selected records.*

## INTRODUCTION

Chaque année le Service de Médecine nucléaire du C.H.U. de Nancy-Brabois pratique plus de dix mille examens qui se répartissent en trois catérogies : traitements isotopiques, consultations simples après traitement, explorations à but diagnostique.

Ces dernières qui constituent l'essentiel de l'activité hospitalière du Service comprennent des explorations *in vivo* essentiellement par des isotopes mais également par d'autres méthodes physiques (échographie) et enfin des tests isotopiques *in vitro*.

En 1972, le Service était en dehors du C.H.U., sous convention et devait établir pour chaque malade une facture et un bilan comptable mensuel. Nous avons alors mis au point une fiche informatique unique renfermant les renseignements administratifs, les caractéristiques de l'examen, les cotations et aussi des renseignements médicaux. Nous avons décrit dans une publication cette expérience poursuivie sous cette forme pendant 3 ans, qui nous a permis de réaliser une gestion administrative automatique et de constituer un fichier de malades avec de nombreux renseignements médicaux.

(*) Section d'Informatique médicale, Unité I.N.S.E.R.M. U 115, Faculté de Médecine, B.P. n° 1080, 54019 Nancy Cedex.

(**) Service de Médecine nucléaire, C.H.U. Nancy-Brabois.

J. FR. BIOPHYS. ET MÉD. NUCL., *5*, 1977, 227-232.

L'inconvénient de la formule résidait dans le fait d'indiquer sur la même feuille les données administratives et les données médicales. Les premières doivent être réunies pour une exploitation commune et rapide; les secondes doivent être rassemblées par exploration pour une exploitation spécifique, en général non urgente. Il faut donc constituer un fichier administratif unique et des fichiers médicaux multiples et distincts.

En 1975, date de création d'un Service dans le C.H.U., nous avons simplifié et modifié les bordereaux de données en séparant la fiche administrative et la fiche médicale. Les programmes ont été réécrits en Fortran [1] et passent actuellement sur l'ordinateur « CII Mitra 15 » de la Section d'Informatique Médicale de la Faculté de Médecine, peu éloignée du Service de Médecine Nucléaire.

Nous décrirons les fiches informatisées, les moyens utilisés pour éviter des copies inutiles, les contrôles effectués par l'ordinateur pour vérifier les informations, les bilans administratifs mensuels et annuels fournis par l'ordinateur, les éditions et les études statistiques relatives aux fichiers médicaux [2].

[1] Les programmes étaient écrits initialement en Astrol et passaient sur ordinateur « CII 10010 » qui ne possédait pas de compilateur Fortran. L'Astrol est un langage spécifique de l'ordinateur alors que le Fortran est un langage universel accepté par la majorité des ordinateurs actuels.

[2] Un document complet est à la disposition des personnes intéressées.

## LES FICHES INFORMATIQUES

Les fiches informatiques administratives et médicales correspondent à une carte à 80 colonnes. Elles font partie de liasses formées successivement :

- de la fiche médicale (partie commune avec la fiche administrative jusqu'à la colonne 45 (*fig.* 1);

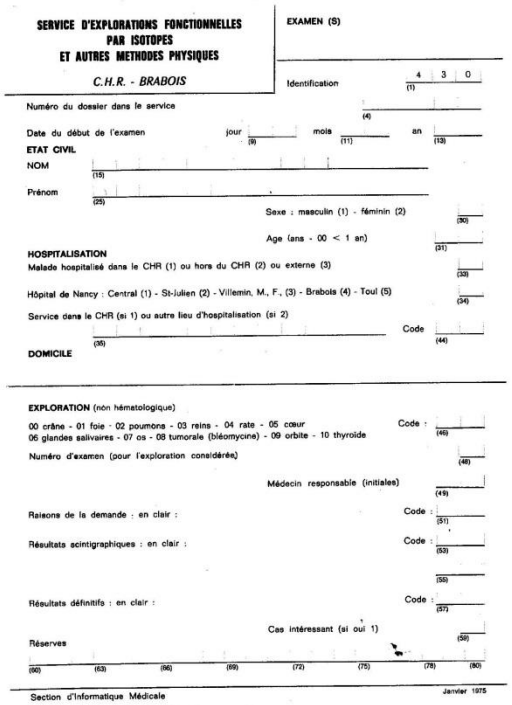



Fig. 1

- de la fiche administrative séparée de la précédente par un carbonne (*fig.* 2);
- et enfin, d'une double feuille dont la première page correspond sensiblement à la fiche administrative (*fig.* 3) et qui est remplie simultanément grâce à un second carbone. Cette double feuille constitue la chemise dans laquelle sont glissés les scintigraphies, les lettres et autres résultats.

Nous utilisons de nombreux codes numériques pour le lieu d'hospitalisation, les produits utilisés, les examens réalisés, les raisons de la demande, les résultats obtenus. A chacun d'eux nous associons, dans des dictionnaires de traduction, la signification en clair qui seule apparaît dans les diverses éditions et les bilans. Ces dictionnaires, édités facilement pour le personnel médical et du secrétariat, peuvent être aisément modifiés et remis à jour. Ils sont stockés sur disque.

Signalons en passant que les secrétaires apprennent très vite les codes administratifs qui de plus nous ont obligé à préciser parfaitement l'ensemble des actes pratiqués. Plus difficile a été la mise au point des codes médicaux relatifs à une dizaine d'explorations (thyroïdienne, pulmonaire, hépatique, rénale, cérébrale,

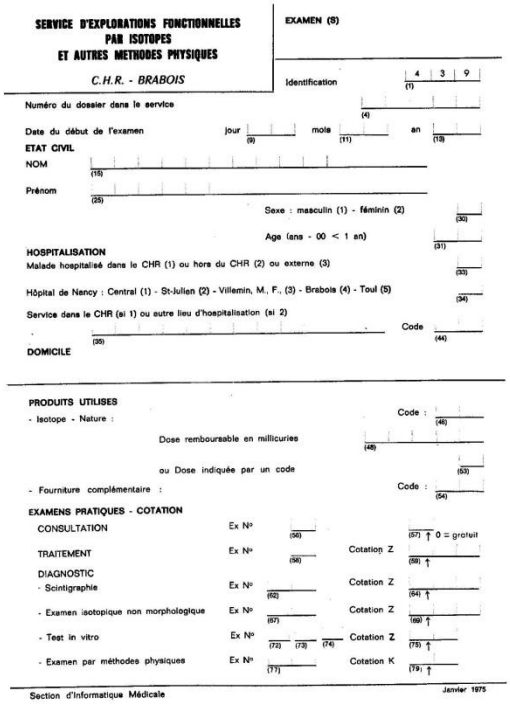



Fig. 2

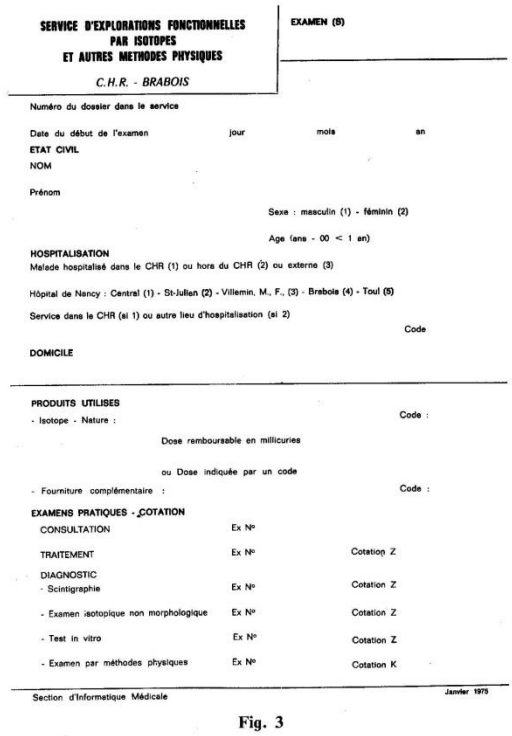



Fig. 3

osseuse, etc.). Il existe dans tous les cas un emplacement fixe pour le type de l'exploration, pour les raisons de la demande et les résultats obtenus. Nous avions prévu un emplacement pour les résultats définitifs mais ceux-ci ne sont jamais indiqués. La dernière ligne constitue une zone commune employée différemment selon le type d'exploration et destinée souvent à des résultats quantitatifs (par exemple : taux de fixation pour l'exploration thyroïdienne).

## LES CONTROLES

### 1. Validation des données

*Fiche administrative*

Nous avons mis au point un programme qui vérifie pour chaque carte que les éléments essentiels (nom, prénom, sexe, numéro du dossier, examens avec leurs cotations, leurs doses,...) ne sont pas oubliés ou erronés. Sinon la lecture s'arrête ce qui permet de retirer la carte mal remplie pour la compléter ou la corriger. De plus, le programme imprime un message d'erreur et le contenu de la carte avec des étoiles pour signaler l'emplacement incomplet ou inexact (*fig.* 4).

```
    LE CODE DE SCINTIGRAPHIE EST INDIQUE MAIS SA COTATION N'EST PAS DONNEE
43923378 5 776HOUSSENANDMARCE1  140RL      6447  200 30      17
                                                             *****

                    ------------------------------

LE CODE D'ISOTOPE EST INDIQUE MAIS LA DOSE N'EST PAS DONNEE
43923327 1 776LEFEVRE   J PIE1303            10      01            34 70
                                             ********

                    ------------------------------
```

Fig. 4

*Fiche médicale*

De la même façon, un programme contrôle les données et principalement que les codes indiqués pour les raisons et les résultats appartiennent bien au dictionnaire de l'exploration. Sinon, la lecture s'arrête avec impression des données et des anomalies repérées par des étoiles (*fig.* 5).

```
PAUSE
430 827512 375BOUDRIE   PAULE26314MED E    0410 VA303232      04
                                                      **
PAUSE
430 824611 375ROHMER    LEA  24914MED E    0402 VA840000    0522
                                             **
PAUSE
430 8034 5 375PAILLARD  JEANN23914MED E    0410?HU0602061     07
                                                      **
```

Fig. 5

```
  NUMERO     NOM     PRENOM  AGE SEXE   DATE     ORIGINE    COTATION TOTALE                    EXAMENS
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
LES NUMEROS DES DOSSIERS DEPUIS 32051. JUSQU A 32456.MANQUENT
 32462. VEZ         SIMON        F    1- 4-77  MED A      K 20                  REFLEXOG
*32462. MAR         MONIQ   50   F   30- 4-77  EXTERNE    7 30+7 30             SC THYR + FIX THYR
 32464. BAX         BERNA        F    1- 4-77  MED A      K 20                  REFLEXOG
*32464. VIG         JEANN   34   F   30- 4-77  EXTERNE    7 30+7 30             SC THYR + FIX THYR
 32466. FRA         MIREI   42   F    1- 4-77  CAV        7 90                  SC RATE
*32466. MOU         MADEL   56   F   30- 4-77  EXTERNE    7 30+7 30             SC THYR + FIX THYR
 32468. SCH         PIERR   39   M   30- 4-77  EXTERNE    7 30+7 30             SC THYR + FIX THYR
*32468. VOG         EDWIG   73   F    1- 4-77  MED E      7 40                  TR HYPERTHYROIDIE
 32469.
 32561. COU         M LOU   57   F    5- 4-77  MED E      7 30+7 30+7 60        SC THYR + FIX THYR+ TEST THYR
*32561. CAN         SIMON        F   12- 4-77  MED E      7 60                  TEST THYR
 32570.
 32670. VAN         MARCE   47   F    7- 4-77  EXTERNE    7 30+7 30+7 20        SC THYR + FIX THYR+ TEST THYR
*32670. BAR         JACQU        M    7- 4-77  EXTERNE    7 20                  TEST THYR
```

Fig. 6

### 2. Recherche des cartes administratives absentes

Un autre programme effectue un tri sur disque des fiches par numéro de dossier croissant. Il imprime en clair soit la totalité du fichier trié soit les seules anomalies (numéros manquants ou en double) (*fig.* 6).

Ce contrôle réalisé seulement courant 1976 a été appliqué au fichier de 1975. Il a montré l'absence d'environ 10 % des examens pratiqués.

Actuellement, pour limiter ces erreurs au maximum, nous faisons rechercher dans le registre manuscrit du Service où sont notés ces examens dans le même ordre, les fiches non codées signalées par l'ordinateur. Le fichier complété et validé est alors monté sur disque et exploité.

## LES BILANS ADMINISTRATIFS

Les programmes de bilan fournissent pour la période considérée (mois ou année) les renseignements suivants :

- nombre de malades du C.H.U. et en dehors et total des C, K, ou Z correspondant à ces deux catégories de malades pour les différents examens effectués (consultations, traitements et explorations à but diagnostique) (*fig.* 7);
- total des doses remboursables pour les différents isotopes;
- total des différentes fournitures complémentaires utilisées;
- nombre de malades et cotations pour les différents services hospitaliers du C.H.U. et quelques autres lieux d'hospitalisation codés) (*fig.* 8);
- répartition des examens en fonction des divers services avec totaux partiels (*fig.* 9);
- répartition des malades par sexe et par tranches d'âge;
- récapitulatif des examens et des cotations (*fig.* 10);
- répartition des examens sur les différents mois de l'année pour l'ensemble des malades (*fig.* 11) et pour les malades des services choisis.

Il faut souligner que pour faciliter la lecture et l'analyse des documents, les examens, les isotopes, les fournitures complémentaires et les lieux d'hospitalisation sont imprimés en clair.

BILAN DES SCINTIGRAPHIES (DU 1- 2-76 AU 29- 2-76)

| EXAMEN PRATIQUE | EFFECTIF DES PATIENTS | | PATIENTS PAYANTS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GRATUITS | GRATUITS ET PAYANTS | CHU | | HORS CHU | | |
| | | | EFFECTIF | NOMBRE DE Z | EFFECTIF | NOMBRE DE Z | |
| THYROIDE | 0 | 164 | 119 | 3710. | 45 | 1350. | |
| THYROIDE AVEC BALAYAGE | 0 | 11 | 3 | 180. | 8 | 480. | |
| REIN | 0 | 2 | 2 | 90. | 0 | 0. | |
| FOIE | 0 | 79 | 73 | 6570. | 6 | 540. | |
| RATE | 0 | 18 | 18 | 1620. | 0 | 0. | |
| CERVEAU | 0 | 115 | 94 | 14100. | 21 | 3150. | |
| ESPACES SOUS-ARACHNOIDIEN VERTEBRAUX | 0 | 4 | 4 | 600. | 0 | 0. | |
| CITERNES | 0 | 5 | 5 | 750. | 0 | 0. | |
| POUMON (PERFUSION) | 0 | 76 | 72 | 7200. | 4 | 400. | |
| OS | 0 | 57 | 43 | 6450. | 14 | 2100. | |
| MARQUAGE TUMORAL | 0 | 17 | 16 | 2400. | 1 | 150. | |
| SURRENALES | 0 | 1 | 0 | 0. | 1 | 150. | |
| TOTAL | 0 | 569 | 449 | 43670. | 100 | 8330. | |

**Fig. 7**

ORIGINE DES MALADES HOSPITALISES DANS LE CHU

SERVICES DE MEDECINE (DU 1- 2-76 AU 29- 2-76)

| SERVICE | NOMBRE DE MALADES | NOMBRE DE Z | NOMBRE DE A |
|---|---|---|---|
| MEDECINE A | 55 | 5560. | 0. |
| MEDECINE B | 68 | 7680. | 40. |
| MEDECINE C | 33 | 2470. | 140. |
| MEDECINE D | 51 | 4880. | 0. |
| MEDECINE E | 175 | 9670. | 180. |
| MEDECINE F | 6 | 620. | 0. |
| MEDECINE G | 82 | 2660. | 0. |
| MEDECINE J | 36 | 4580. | 20. |
| CARDIOLOGIE CENTRAL | 5 | 400. | 0. |
| CARDIOLOGIE BRABOIS | 5 | 460. | 20. |
| RHUMATOLOGIE | 25 | 3540. | 0. |
| NEPHROLOGIE | 5 | 570. | 0. |
| PNEUMOLOGIE HOMME | 10 | 960. | 0. |
| PNEUMOLOGIE FEMME | 9 | 690. | 0. |

**Fig. 8**

## LES FICHIERS MÉDICAUX

Un programme d'édition fournit pour chaque fichier une liste des malades (rangés ou non suivant l'ordre alphabétique). Les fiches sont imprimées ligne par ligne avec édition en claire du lieu d'hospitalisation, des raisons et des résultats (*fig.* 12). D'autres programmes généraux permettent des études statistiques sur les données (dénombrements, moyennes,...) ainsi que des sélections avant les statistiques ou les impressions.

A la fin de chaque année, nous fournissons à chaque médecin responsable d'une exploration, la liste définitive, dans l'ordre alphabétique, des malades ayant subi cette exploration pendant l'année considérée.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Depuis 2 ans, nous utilisons au Service des Isotopes un dossier informatique qui sert à la fois dans un but administratif et médical.

REPARTITION DES EXAMENS SUIVANT LES LIEUX D'HOSPITALISATION CODES (DU 1- 6-76 AU 30- 6-76)

(HEMA : DUREE DE VIE DES G.R. ET DES PLAQUETTES ET EXPLORATION PAR FE59 - MET : K. NA ET EAU ECHANGEAB

| LIEUX D'HOSPITAL. CODES | SCINTIGRAPHIES | | | | | | | | | | | | EXAMENS ISOTOPIQUES NON MORPHOLOGIQUES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | THYR | REIN | FOIE | RATE | CERV ORB | POUM | OS | TUM | LCR | COEUR | AUTRES | TOTAL | HEMA | MASS | MET | B12 | THYR | AUTRES | TOTAL |
| MED A | 1 | 1 | 23 | 22 | 6 | 0 | 9 | 2 | 6 | 0 | 0 | 70 | 7 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 11 |
| MED B | 7 | 0 | 16 | 0 | 29 | 3 | 9 | 8 | 2 | 1 | 0 | 75 | 0 | 3 | 0 | 0 | 6 | 1 | 10 |
| MED C | 1 | 0 | 4 | 0 | 3 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| MED D | 5 | 0 | 11 | 1 | 13 | 8 | 5 | 5 | 2 | 0 | 1 | 51 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| MED F | 69 | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 | 84 | 0 | 1 | 0 | 0 | 64 | 0 | 65 |
| MED F | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| MED G | 13 | 0 | 3 | 1 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 37 | 0 | 13 | 0 | 50 |
| MED H | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MED J | 3 | 1 | 2 | 0 | 15 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 |
| CARD B | 1 | 0 | 3 | 0 | 6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| RHUMAT | 3 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 5 |
| NEPHR | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| PNEUM H | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 5 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| PNEUM F | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| INS RESP | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 19 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 26 | 0 | 68 | 3 | 0 | 0 | 0 | 71 |
| INFECT | 2 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |

**Fig. 9**

RECAPITULATIF DES EXAMENS ET DES COTATIONS (DU 1- 1-75 AU 31-12-75)

| RECAPITULATIF | CHU | HORS CHU | TOTAL |
|---|---|---|---|
| NOMBRE TOTAL DE DOSSIERS | 7220 | 1631 | 8851 |
| NOMBRE TOTAL DE MALADES VENUS AU SERVICE | 5929 | 1497 | 7426 |
| - AVEC EXAMENS IN VIVO SEULS | 5185 | 1257 | 6442 |
| - AVEC EXAMENS IN VIVO ET IN VITRO | 704 | 240 | 1004 |
| NOMBRE TOTAL DE DOSSIERS DE TESTS IN VITRO | 2035 | 374 | 2429 |
| - AVEC TESTS IN VITRO SEULS | 1291 | 134 | 1425 |
| NOMBRE DE TRAITEMENTS | 96 | 152 | 248 |
| NOMBRE DE SCINTIGRAMMES | 4413 | 1093 | 5506 |
| NOMBRE D'EXAMENS ISOTOPIQUES NON MORPHOLOGIQUES | 2922 | 722 | 3644 |
| NOMBRE D'ULTRA-SONS | 231 | 71 | 302 |
| NOMBRE DE C | 20. | 35. | 55. |
| NOMBRE DE K | 4040. | 1420. | 5460. |
| NOMBRE DE Z | 548430. | 122770. | 669220. |
| NOMBRE DE Z (EXAMENS IN VIVO) | 501850. | 115010. | 616860. |
| NOMBRE DE Z (TESTS IN VITRO) | 44000. | 7760. | 52360. |

**Fig. 10**

Avec des contraintes faibles (pas de recopie grâce à des carbones pour le secrétariat, indication au minimum de deux nombres pour le médecin), on obtient de nombreux fichiers médicaux indépendants et un fichier administratif.

Il n'y a aucun double emploi avec le système « Sigma » qui est effectivement implanté au C.H.R. de Brabois. En effet, celui-ci, à des fins de facturation, n'enregistre que la cotation de l'acte médical, sans autre précision.

Notre fichier administratif fournit de nombreux bilans sur l'activité du Service, indispensables aux médecins : total des factures avec surtout l'indication de la répartition des utilisations des radio-isotopes, les fournitures complémentaires, le dénombrement des

TOTALITE DES MALADES

(MEMA TOUREF DE VIE DES G.R. ET DES PLAQUETTES ET EXPLORATIONS PAR FE59 - MET IR+ NA ET EAU ECHANGEABLES)

| MOIS | SCINTIGRAPHIES | | | | | | | | | | | | EXAMENS ISOTOPIQUES NON HEMATOLOGIQUES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | THYR | REIN | FOIE | RATE | CERV ORM | POUM | OS | TUM | LCR | COEUR | AUTRES | TOT | HEMA | MET | MASS | B12 | THYR | AUTRES | TOT |
| JANVIER | 134 | 2 | 60 | 20 | 73 | 66 | 32 | 16 | 1 | 1 | 5 | 412 | 11 | 2 | 98 | 15 | 125 | 7 | 258 |
| FEVRIER | 138 | 2 | 63 | 17 | 68 | 68 | 36 | 13 | 1 | 1 | 1 | 388 | 11 | 0 | 89 | 11 | 134 | 3 | 248 |
| MARS | 164 | 2 | 65 | 26 | 60 | 62 | 35 | 12 | 4 | 0 | 0 | 430 | 4 | 5 | 123 | 9 | 152 | 3 | 296 |
| AVRIL | 207 | 1 | 61 | 19 | 78 | 62 | 39 | 19 | 1 | 0 | 0 | 487 | 7 | 0 | 97 | 11 | 197 | 12 | 324 |
| MAI | 152 | 3 | 60 | 13 | 75 | 50 | 36 | 14 | 3 | 0 | 1 | 407 | 7 | 0 | 69 | 8 | 137 | 14 | 235 |
| JUIN | 178 | 3 | 60 | 17 | 93 | 63 | 35 | 14 | 1 | 1 | 1 | 466 | 4 | 0 | 90 | 8 | 170 | 6 | 278 |
| JUILLET | 137 | 6 | 65 | 19 | 94 | 43 | 40 | 14 | 3 | 2 | 1 | 424 | 14 | 2 | 88 | 9 | 135 | 2 | 250 |
| AOUT | 88 | 2 | 49 | 11 | 64 | 32 | 29 | 10 | 1 | 0 | 4 | 290 | 7 | 0 | 52 | 11 | 86 | 2 | 158 |
| SEPTEMBRE | 164 | 0 | 93 | 26 | 121 | 72 | 30 | 14 | 4 | 2 | 3 | 529 | 12 | 0 | 87 | 15 | 158 | 8 | 280 |
| OCTOBRE | 203 | 1 | 86 | 19 | 122 | 88 | 65 | 19 | 0 | 2 | 5 | 610 | 14 | 1 | 112 | 12 | 185 | 14 | 338 |
| NOVEMBRE | 172 | 0 | 86 | 22 | 115 | 67 | 50 | 14 | 12 | 4 | 8 | 550 | 6 | 0 | 115 | 17 | 166 | 10 | 314 |
| DECEMBRE | 160 | 0 | 80 | 29 | 103 | 57 | 56 | 25 | 2 | 0 | 1 | 513 | 6 | 0 | 100 | 12 | 140 | 7 | 265 |
| TOTAL | 1849 | 22 | 828 | 236 | 1060 | 732 | 483 | 184 | 33 | 13 | 30 | 5506 | 103 | 10 | 1120 | 136 | 1785 | 88 | 3244 |

**Fig. 11**

| NUMERO | NOM | PRENOM | AGE | SEXE | DATE | ORIGINE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7160 | PER | MARCE | 42 | M | 29- 1- 75 | MED E |
| 6870 | PET | LISE | 28 | F | 16- 1- 75 | MED A |
| 6932 | PIE | ALPHO | 66 | F | 20- 1- 75 | MED A |
| 7152 | PIE | FRANC | 19 | M | 29- 1- 75 | MED E |
| 6874 | PLO | JEAN | 49 | M | 16- 1- 75 | MED M |
| 7200 | POC | ROLAN | 24 | M | 30- 1- 75 | MED A |
| 6916 | POI | RENEE | 28 | F | 20- 1- 75 | MED B |
| 6927 | POU | MAUR | 58 | M | 20- 1- 75 | MED C |
| 7205 | POL | ANGEL | 50 | F | 30- 1- 75 | MED E |

| RAISON DE LA DEMANDE | | RESULTAT | |
|---|---|---|---|
| SURVEILLANCE (TR MED POUR HYPER) | 12 18 | GOITRE HOMOGENE | |
| | | FIXATION ELEVEE | |
| HYPERTHYROIDIE AVEC GLANDE NORMALE? | 14 37 | GLANDE NORMALE | |
| | | FIXATION NORMALE | |
| SURVEILLANCE (NEO THYROIDIEN) | 10 | RESIDU THYROIDIEN | |
| | | FIXATION NORMALE | |
| GOITRE ANCIEN SANS DYSTHYROIDIE | 39 52 | GOITRE HOMOGENE | |
| | | FIXATION ELEVEE (SANS ANGIE) | |
| SURVEILLANCE (TH MED POUR HYPER) | 14 20 | GOITRE HOMOGENE | |
| | | FIXATION ELEVEE | |
| HYPERTHYROIDIE AVEC GLANDE NORMALE? | 41 48 | GLANDE NORMALE | |
| | | FIXATION ELEVEE (AVEC ANGIE) | |
| HYPERTHYROIDIE AVEC GOITRE? | 30 | GOITRE HOMOGENE | |
| | | FIXATION NORMALE | |
| GOITRE? | 01 | GLANDE NORMALE | |
| | | FIXATION BASSE (SATUR.PROB) | |
| TEST QUERIDO (ORIGINE HYPO?) | 08 | GLANDE NORMALE | |
| | | QUERIDO - (HYPO PERTPH) | |

**Fig. 12**

divers examens, leurs répartitions suivant les Services, selon les âges des malades, leur sexe.

Ces fichiers médicaux fournissent aux médecins des listes de malades rangés par ordre alphabétique et par année qui permettent facilement de retrouver pour tel ou tel malade les raisons d'une ancienne visite et les résultats obtenus et de noter de nouveaux renseignements. On peut aussi fournir des listes partielles des dossiers possédant telle(s) ou telle(s) caractéristique(s) pour des études données. On peut enfin exploiter les résultats médicaux par des traitements statistiques.

Nous remercions M^me^ N. Bunel pour sa collaboration technique.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] B. LEGRAS, J. MARTIN et D. VIARD, Gestion administrative et médicale par ordinateur d'un Service de Médecine nucléaire, *Journal de Biologie et de Médecine nucléaire*, **9**, 35, 1974, p. 47-54.

[2] B. LEGRAS, J. MARTIN, N. CHAU, J. P. LAMBERT et D. BARBAZANGES, *Gestion médicale et administrative par méthodes informatiques d'un Service de Médecine nucléaire*, Rapport, 1977, 130 p.

Bilan descriptif et évaluation sommaire de quatre ans d'activité d'un Service de Médecine Nucléaire

LEGRAS B, CHAU N, MARTIN J, LAMBERT J-P, GEORGES F, VAILLANT D, HOCQUARD C, BERTRAND A

Journal Français de Biophysique et de Médecine Nucléaire, 1980, 4, 187-191

No 48

# Bilan descriptif et évaluation sommaire de 4 ans d'activité d'un Service de Médecine Nucléaire

B. LEGRAS (*), (**), N. CHAU (**), J. MARTIN (*), (**),
J. P. LAMBERT (**), A. BERTRAND (*), F. GEORGES (*),
D. VAILLANT (*), C. HOCQUARD (*)

RÉSUMÉ. — Une gestion médicale et administrative par méthodes informatiques, employée depuis début 1975 au Service de Médecine Nucléaire du C.H.R. de Nancy, a permis de déterminer avec précision l'activité du Service, l'évolution des examens pendant ces 4 années et de mieux connaître les raisons de demande de différentes explorations ainsi que les résultats obtenus.

SUMMARY. — *A medical and administrative processing by computer applied since January 1975 in the Department of Nuclear medicine at the Regional Hospital in Nancy made it possible to define very precisely the activity in the Department, the evolution of the investigations during these past four years and to find out more data about the reasons why these different investigations were required as well as about the results obtained.*

## INTRODUCTION

Le Service de Médecine Nucléaire du C.H.R. de Nancy-Brabois a été créé en 1974. Bien qu'il ne reçoive pas les malades de tous les Services du C.H.R. et en particulier ceux de Neurologie, de Neurochirurgie et de Pédiatrie, on peut cependant considérer son activité comme assez proche de celle de la majorité des autres Services de Médecine Nucléaire français.

(*) Service de Médecine Nucléaire du C.H.R. de Nancy-Brabois.
(**) Section d'Informatique Médicale (Groupe I.N.S.E.R.M., U 115), Faculté de Médecine, Nancy.

*Tirés à part :* B. LEGRAS, Faculté de Médecine, Laboratoire d'Informatique Médicale, Groupe I.N.S.E.R.M., U 115, avenue de la Forêt-de-Haye, B.P. n° 184, 54500 Vandœuvre-les-Nancy.

Reçu en juin 1979.

Son équipement consiste essentiellement en deux gamma-caméra couplées depuis 1977 à un ordinateur (ce qui permet des explorations dynamiques complexes et a favorisé le développement de certaines d'entre elles comme la détermination de la fraction d'éjection du ventricule gauche).

Chaque année, plus de 10 000 examens isotopiques sont pratiqués et les méthodes manuelles ne permettent pas de connaître avec précision l'activité du Service et son évolution. Pour ces raisons, nous utilisons en routine depuis 1975 des méthodes informatiques pour obtenir une gestion médicale et administrative efficace du Service. Ces méthodes avaient été appliquées précédemment depuis 1972 dans l'autre Service de Médecine Nucléaire. Elles ont été considérablement modifiées en 1975.

La thèse de Denis Barbazange [1] avait fait le point après 2 ans d'activité. Le but de cet article est de dégager maintenant un certain nombre d'éléments après 4 années complètes d'utilisation.

J. BIOPHYS. ET MÉD. NUCL., 1980, **4**, 3, 187-191. — 0399-0435/1980/187/ $ 5.00/© Gauthier-Villars

## DESCRIPTION RAPIDE DE LA GESTION INFORMATIQUE DU SERVICE

Nous employons des fiches informatiques administratives et médicales décrites en détail dans un article précédent [2] (*fig.*). Elles font partie de liasses autocopiantes évitant les recopies inutiles des parties communes. Outre les renseignements administratifs (nom, prénom, date, sexe, lieu d'hospitalisation) nous utilisons de nombreux codes numériques pour le service d'hospitalisation, les produits utilisés, les examens réalisés, les raisons de la demande, les résultats obtenus. Ceci fournit un système complet qui simplifie le secrétariat et a l'appui des médecins du Service.

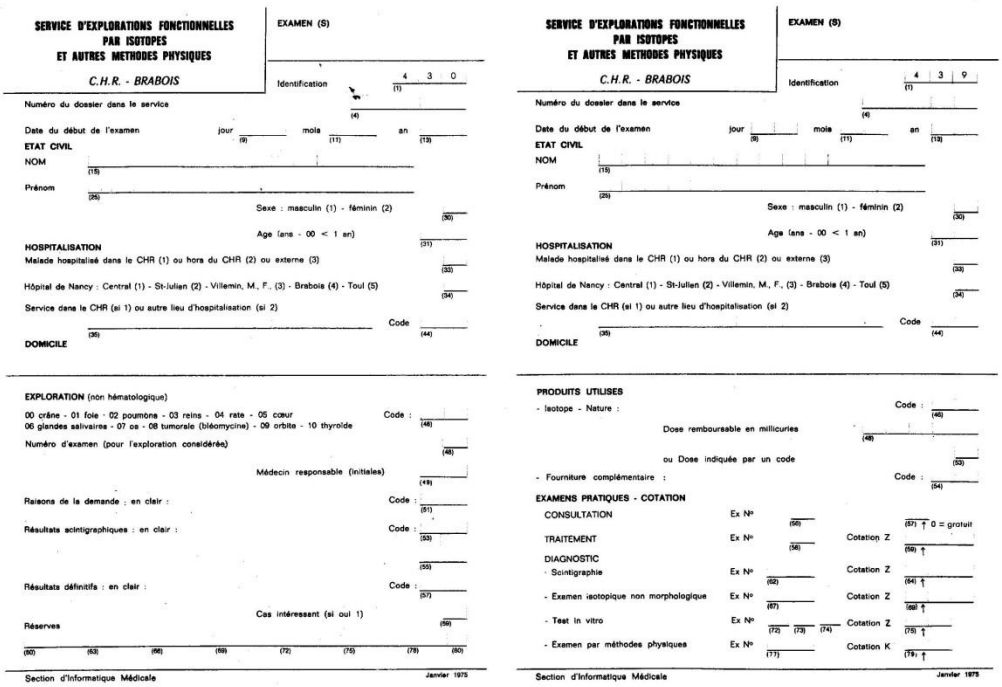
Chaque fiche correspond à un bloc de 80 colonnes. La perforation des cartes et l'exploitation des données sont réalisées par le département d'Informatique Médicale de la Faculté. Différents programmes servent à la validation des données (recherche des oublis, des nombres erronés) et à la détection des fiches absentes.

Les programmes de bilan administratif fournissent pour la période considérée (mois ou année), les renseignements suivants :

- nature des actes;
- nombre de malades hospitalisés au C.H.R. et consulants externes et total des C, K et Z correspondant à ces deux catégories de malades pour les différents examens effectués (consultations, traitements, et explorations à but diagnostic);
- total des doses pour les différents isotopes;
- total des différentes fournitures complémentaires utilisées (trousses non radioactives...);
- nombre de malades et cotations pour les différents services hospitaliers du C.H.R.;
- répartition des examens pour les différents mois de l'année;
- répartition par tranche d'âge et par sexe.

Comme on le voit, ces informations sont complémentaires de celles du système informatique hospitalier Sigma car elles sont orientées vers les problèmes médicaux de gestion du Service, beaucoup plus que vers les problèmes administratifs du type facturation.

Pour les fichiers médicaux, un programme d'édition fournit pour chaque exploration une liste des malades (rangés ou non suivant l'ordre alphabétique) avec édition en clair du lieu d'hospitalisation, des raisons et des résultats. D'autres programmes généraux permettent des études statistiques sur les données (dénombrements, moyennes) avec ou sans sélection. L'exploitation informatique des fichiers médicaux et administratifs est réalisée sur un petit ordinateur (CII Mitra 125). Elle prend moins de 2 heures par mois ce qui la rend très peu coûteuse.




**Bordereaux utilisés pour la gestion médicale (A) et administrative (B).**

## ÉVOLUTION DES EXAMENS ISOTOPIQUES DE JANVIER 1975 A DÉCEMBRE 1978

### (a) Examens scintigraphiques

26 833 examens scintigraphiques ont été réalisés (20 302, soit 75,7 %, chez des malades hospitalisés au C.H.R.). Le tableau I montre la diminution des scintigraphies hépatiques et spléniques depuis 1977 liée au développement de l'échographie, l'augmentation modérée des scintigraphies cérébrales (malgré l'installation d'un scanner X), l'augmentation importante des scintigraphies osseuses et celle encore plus considérable des examens en cardiologie (scintigraphies myocardiques, mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche).

TABLEAU I

Bilan des examens scintigraphiques de 1975 à 1978

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
|---|---|---|---|---|
| Scintigraphies thyroïdiennes | 1 897 | 2 197 | 1 889 | 2 094 |
| Scintigraphies cérébrales et orbitaires | 1 046 | 1 586 | 1 494 | 1 737 |
| Cisternographies isotopiques | 36 | 122 | 125 | 91 |
| Scintigraphies du squelette | 483 | 940 | 963 | 1 368 |
| Scintigraphies hépatiques | 828 | 993 | 851 | 560 |
| Scintigraphies spléniques | 238 | 334 | 276 | 172 |
| Scintigraphies rénales | 22 | 37 | 65 | 35 |
| Scintigraphies pulmonaires de perfusion et de ventilation | 732 | 810 | 557 | 675 |
| Scintigraphies du myocarde et mesure de la fraction d'éjection | 13 | 31 | 66 | 364 |
| Fixation de la bléomycine ou du gallium | 184 | 285 | 228 | 191 |
| Lymphographies isotopiques | 11 | 18 | 43 | 22 |
| Scintigraphies surrénaliennes | 7 | 29 | 21 | 22 |
| Autres examens scintigraphiques | 8 | 15 | 11 | 11 |
| TOTAL | 5 505 | 7 397 | 6 589 | 7 342 |

### (b) Examens isotopiques non scintigraphiques

12 043 examens ont été réalisés pendant ces 4 ans (8 718, soit 72,4 % chez des malades du C.H.R.). Le tableau II chiffre la baisse des courbes de fixation thyroïdienne remplacées de plus en plus par les tests *in vitro* (voir plus loin), la diminution d'examens longs (durée de vie des hématies, fer-59 «normal»), l'accroissement des débits cardiaques.

TABLEAU II

Bilan des examens isotopiques non scintigraphiques de 1975 à 1978

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
|---|---|---|---|---|
| Courbes de fixation thyroïdienne | 1 785 | 1 943 | 1 420 | 1 415 |
| Masses sanguines | 1 120 | 970 | 801 | 842 |
| Tests de Schilling | 138 | 134 | 142 | 134 |
| Durées de vie des hématies | 44 | 38 | 22 | 15 |
| Fer-59 «longs» | 15 | 14 | 17 | 8 |
| Fer-59 «rapides» | 43 | 55 | 51 | 65 |
| Sodium, potassium et eau échangeables | 10 | 156 | 12 | 8 |
| Débits cardiaques | 24 | 50 | 149 | 152 |
| Autres examens | 56 | 45 | 68 | 61 |
| TOTAL | 3 235 | 3 418 | 2 682 | 2 708 |

### (c) Examens isotopiques *in vitro*

Les tests thyroïdiens *in vitro* se multiplient : 2 429 en 1975, 4 397 en 1976, 4 783 en 1977, 7 080 en 1978. 64,4 % d'entre eux ont été réalisés chez des sujets hospitalisés au C.H.R.

### (d) Traitements isotopiques

1 087 traitements ont été réalisés (429 chez des malades hospitalisés au C.H.R. soit 39,5 %). Le tableau III montre la relative stabilité des divers traitements obtenus par certains isotopes émetteurs béta.

TABLEAU III

Bilan des traitements isotopiques de 1975 à 1978

| Traitements isotopiques | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
|---|---|---|---|---|
| Hyperthyroïdies ou néoplasmes thyroïdiens | 90 | 114 | 99 | 137 |
| Polyglobulies | 9 | 10 | 12 | 10 |
| Angiomes | 36 | 32 | 35 | 42 |
| Épanchements néoplasiques (ascite, pleurésie) | 11 | 12 | 6 | 5 |
| Arthrites | 98 | 92 | 123 | 114 |
| TOTAL | 244 | 260 | 275 | 308 |

### (e) Isotopes utilisés

De nouveaux isotopes sont employés; en particulier le xénon-133 pour l'exploration pulmonaire (364 mCi en 1976, 1 952 en 1978) et le gallium-67 (48 mCi en 1976, 120 en 1978). Le technétium-99*m* qui marque de nombreuses molécules et dont les propriétés physiques sont optimales pour les détecteurs des gamma-caméras actuellement en usage est de plus en plus utilisé (22 210 mCi en 1975, 58 110 en 1978).

### (f) Répartition par sexe et par âge

La prédominance masculine se manifeste pour la plupart des examens (53 % des scintigraphies cérébrales, 74 % des pulmonaires, 55 % des osseuses, 60 % des hépatiques, 55 % des spléniques) sauf les examens thyroïdiens (21 %).

La répartition par âge varie légèrement d'un examen à l'autre. La fréquence maximale est entre 70 et 79 ans pour les examens cérébraux, 60-69 ans pour les pulmonaires et les hépatiques, 40-49 ans pour les thyroïdiens, 50-69 ans pour les osseux, 50-59 ans pour les spléniques.

**(g) Origine des malades**

Les malades sont surtout envoyés par les services hospitaliers. Les malades externes sont en nombre réduit sauf pour les examens thyroïdiens (27 %) et osseux (9 %). La proportion des consultants externes est plus grande pour l'autre service de Médecine Nucléaire de Nancy (Service hors C.H.R. sous convention avec l'Hôpital).

## QUELQUES RÉSULTATS CLINIQUES

**(a) Explorations thyroïdiennes** (9 888 dossiers remplis de 1973 à 1979)

Les raisons de la demande se répartissent principalement entre les suspicions d'hyperthyroïdie (25,7 %), d'hypothyroïdie (8,1 %), les études des goîtres euthyroïdiens (15,4 %), des nodules isolés (13 %), des tests dynamiques (10 %) et les surveillances de traitement (médical, chirurgical ou isotopique) (20 %). Les résultats sont variés. Citons comme exemple que parmi les 982 nodules froids scintigraphiques notés, 25,8 % présentaient un tracé de type liquidien aux ultra-sons et que 10 % des fixations thyroïdiennes étaient basses en rapport avec une saturation iodée certaine ou très probable.

**(b) Explorations cérébrales** (5 184 dossiers remplis de 1975 à 1979)

Les raisons de demande d'une scintigraphie cérébrale sont très diverses. Notons la crise épileptique (11 %), la perte de connaissance (8,5 %), la suspicion de métastases cérébrales (8,9 %) [principalement pour néo-bronchique (2,3 %)], et tous les petits signes variés qui font craindre un processus expansif que l'on veut éliminer (29,1 %). Dans notre service qui ne reçoit pas les malades de neurologie et de neurochirurgie, 83,9 % des scintigraphies étaient normales et par exemple, nous n'avons obtenu des images de type ramollissement que dans 4,1 % des examens et de type gliome que dans 2,8 % des cas.

**(c) Explorations osseuses** (3 497 dossiers remplis de 1974 à 1979)

La raison la plus fréquente de demande de scintigraphie osseuse est la suspicion de métastases (43,4 %) [en premier lieu pour néoplasme du sein (12,1 %)]. Les autres raisons sont très variées. 42,2 % des examens sont normaux. Signalons par ailleurs que nous avons rencontré des foyers hypofixants dans 1 % des examens.

**(d) Explorations hépatiques** (2 794 dossiers remplis de 1975 à 1979)

La scintigraphie hépatique pour suspicion de métastases du foie d'un néoplasme connu constitue, là aussi, la principale raison (43,5 %). L'exploration pour suspicion de cirrhose est retrouvée dans 12,8 % des cas. Les autres raisons sont nombreuses. Citons par exemple 3,5 % de suspicion de kyste hydatique. L'organe est normal dans 38,2 % des cas. De simples anomalies de position sont indiquées dans 18,5 % des examens. On note aussi des lésions parenchymateuses multiples (9,8 %) ou uniques (6,7 %), des images en faveur d'une cirrhose (fixation extra-hépatique par exemple) dans 13,5 % des cas.

**(e) Explorations spléniques** (898 dossiers remplis de 1975 à 1979)

La raison la plus fréquente est la suspicion d'atteinte splénique principalement au cours des hémopathies malignes (70 %). Un examen normal a été obtenu dans 48,9 % des cas, des anomalies de la fixation dans 10,9 %, une splénomégalie homogène dans 37,1 %.

**(f) Explorations pulmonaires** (1 918 dossiers remplis de 1975 à 1979)

24,7 % des scintigraphies pulmonaires de perfusion étaient réalisées pour suspicion d'embolie. L'étude de la vascularisation est souvent demandée chez des bronchitiques (28,1 %), des asthmatiques (5,5 %) et dans un bilan préopératoire de néoplasme pulmonaire (5,3 %).

TABLEAU IV

Quelques résultats obtenus chez les sujets adressés pour suspicion de métastases d'un néoplasme connu

| Année | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
|---|---|---|---|---|
| *Pourcentage d'examens réalisés pour suspicion de métastases (néo connu) en :* | | | | |
| — scintigraphies osseuses | 51,1 | 46,6 | 48,9 | 33,2 |
| — scintigraphies cérébrales | 11,2 | 9,3 | 9,2 | 8,9 |
| — scintigraphies hépatiques | 40,5 | 40,9 | 44,8 | 49 |
| *Pourcentage de résultats normaux à l'intérieur de ces sous-groupes :* | | | | |
| — scintigraphies osseuses | 40,6 | 46,3 | 48,1 | 46,6 |
| — scintigraphies cérébrales | 65 | 74,6 | 84,7 | 81,9 |
| — scintigraphies hépatiques | 46,4 | 41,2 | 49,7 | 51,0 |
| *Pourcentage de résultats très évocateurs de métastases à l'intérieur de ces sous-groupes :* | | | | |
| — scintigraphies osseuses | 39,6 | 33,2 | 32,5 | 33,5 |
| — scintigraphies cérébrales | 22,3 | 8,8 | 8,1 | 10,3 |
| — scintigraphies hépatiques | 30,2 | 18,2 | 27,3 | 17,8 |

**(g) Exemple d'étude de sous-groupes**

Le système informatique permet de sélectionner et d'analyser des sous-groupes et à titre d'exemple, le tableau IV présente quelques résultats obtenus chez les sujets adressés pour suspicion de métastases d'un néoplasme connu et chez qui on a pratiqué des scintigraphies osseuses, cérébrales ou hépatiques. On constate en particulier le pourcentage élevé de sujets pour les explorations osseuses mais celui-ci a nettement diminué de 1975 à 1978, l'examen étant demandé de plus en plus fréquemment pour d'autres affections.

## DISCUSSION

La Médecine Nucléaire est une spécialité récente qui évolue rapidement du fait de l'amélioration des techniques, l'apparition de nouvelles molécules radioactives et la volonté de réduire l'irradiation des patients. Par ailleurs, on doit préciser ses indications relativement à d'autres méthodes physiques récentes, également non traumatisantes, telles que l'échographie, la thermographie et la tomodensitométrie.

Ce changement dans les explorations, les demandes et les raisons rend nécessaire, si l'on veut l'apprécier valablement, l'emploi d'un outil puissant comme un dossier informatisé.

C'est ainsi, par exemple, que nous avons pu chiffrer la diminution des scintigraphies hépatiques (−40 % de 1976 à 1978) et spléniques (−48 % de 1976 à 1978), le développement des scintigraphies osseuses (+180 % de 1975 à 1978) et cardiaques (+450 % de 1977 à 1978), l'augmentation des tests thyroïdiens *in vitro* (+190 % de 1975 à 1978).

Nous avons pu avoir également une vue d'ensemble des demandes pour différents examens ainsi que des résultats obtenus. Nous avons ainsi constaté le pourcentage élevé d'examens normaux pour les scintigraphies cérébrales (84 %) et osseuses (42 %). Nous avons posé la question aux médecins demandeurs et ils nous ont expliqué qu'à leurs yeux, l'innocuité et la sensibilité de ces examens en faisaient d'excellents instruments d'orientation pour éliminer ou non d'autres explorations plus complexes et parfois plus traumatisantes.

## CONCLUSION

Avec des contraintes réduites pour le secrétariat et les médecins, la gestion informatique utilisée permet de connaître avec précision la demande médicale, l'activité du Service et son évolution.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] D. Barbazanges, Gestion médicale et administrative par méthodes informatiques d'un Service de Médecine Nucléaire, *Thèse Nancy*, 1977.

[2] B. Legras, N. Chau, J. P. Lambert, J. Martin et A. Bertrand, Gestion médicale et administrative par ordinateur du Service de Médecine Nucléaire de Nancy, *J. Fr. Biophys. et Med. Nucl.*, **5**, 1977, 227-232.

Recueil et exploitation informatique de données de morbidité hospitalière dans différents services du CHR de Nancy

LEGRAS B, MARTIN J

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 277-282

No 64

# Recueil et exploitation informatique de données de morbidité hospitalière dans différents service du C.H.R. de Nancy

par **B. LEGRAS, J. MARTIN**

**RÉSUMÉ**

Les auteurs font le point de différentes expériences de recueil de données de morbidité dans le C.H.R. de Nancy, utilisant une formule informatisée simple. Celle-ci adaptée, à chaque service, présente des éléments communs (renseignements de base et diagnostics notés selon le code O.M.S. des maladies). L'informatique permet une exploitation poussée de ces données (relevé, statistiques...) et fournit en outre une solution efficace pour retrouver les dossiers des sujets porteurs des mêmes pathologies.

**Mots-clés :**

Dossier médical,
Morbidité,
Activité médicale,
Ordinateur.

***SUMMARY***

*The authors are taking stock of the different methods used to gather data concerning the diseases in the general hospital at Nancy, using a simple computerized system. This system adapted to the needs of each department presents common factors (basic information and diagnoses in accordance with the W.H.O. register of diseases). This processing allows an increased utilisation of these data (summaries, statistics...) and furthermore, provides an effective method of locating the files of subjects having the same diseases.*

***Key-words :***

*Medical file,
Morbidity diseases,
Medical activity,
Computer.*

A plusieurs reprises dans le passé, le Ministère de la Santé a mis l'accent sur la nécessité de disposer de données fiables sur la morbidité dans les hôpitaux. Cela avait amené les auteurs à proposer en 1977 à la direction hospitalière, un projet de recueil systématique des données de morbidité au C.H.R. de Nancy, projet refusé pour des raisons financières.

A la demande de plusieurs services hospitaliers, nous avons alors entrepris différentes études de morbidité à l'aide de fichiers informatisés au titre d'une recherche que nous jugeons essentielle (mais sans financement).

Une communication présentée à la Société de Médecine en 1979 décrivait une formule informatisée relativement simple, voisine de celle proposée à Grenoble et reprise ensuite avec diverses modifications à Lyon, à Caen, à Dijon...

Différents services ont adapté à leurs problèmes notre proposition tout en conservant des informations communes et un codage des maladies selon la nomenclature de l'OMS (9e révision). Il est possible, dès maintenant, de faire le point des expériences en cours.

## DOSSIER MINIMAL COMMUN

Il comporte des renseignements suivants qui correspondent à une carte à 80 caractères :

— code du service (identification)
— numéro du dossier dans le service
— nom et prénom du patient
— date de naissance *(ou âge)
— sexe
— date d'entrée
— date de sortie (ou durée du séjour)
— nombre d'hospitalisation dans le service (1 = première fois...)
— provenance (médecin, hors CHR, consultation, accueil, transfert...)
— mode de sortie (retour au domicile, transfert, décès...)
— diagnostics de sorties (au minimum 4 diagnostics peuvent être codés)

Ces données sont voisines de celles en cours d'étude au niveau de la Communauté Européenne pour définir un dossier commun minimum hospitalier.

## INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES

Elles varient selon les services et leurs domaines d'intérêt. Citons :

— le code postal (information souvent présente)

* L'âge est calculé par programme à partir de la date de naissance s'il n'est pas indiqué directement. Il en est de même de la durée du séjour.

— les techniques chirurgicales utilisées (service de chirurgie maxillo-faciale),

— les principaux examens et thérapeutiques employés (service de cardiologie de l'Hôpital Central, de Médecine B et de Médecine H), données nombreuses nécessitant une seconde carte.

— une subdivision supplémentaire pour les diagnostics OMS, nécessitant un 5e chiffre. Cette possibilité est intéressante à l'intérieur de certaines spécialités en évolution. Elle est utilisée dans le service de Médecine E pour la pathologie endocrinienne* et dans le service de Chirurgie maxillo-faciale.

— on peut aussi adjoindre des informations supplémentaires, comme des données d'état civil, des caractéristiques sur l'environnement familial. C'est ce qui est fait dans le service de Médecine B, où sont indiqués en outre l'avis du médecin sur l'utilité de l'hospitalisation et une appréciation globale sur l'effet des soins.

Parmi ces études, il faut mettre à part celle réalisée depuis de nombreuses années dans le service des Maladies Infectieuses. Les dossiers ont été repris rétrospectivement à partir de 1967 (plusieurs thèses ont présenté le résultat de ce travail) et un code spécial, mis au point par le Professeur DUREUX, est employé. Par ailleurs ce fichier n'est pas nominal à la différence des autres.

## BILAN TECHNIQUE ACTUEL

Le tableau ci dessous indique la date des dossiers les plus anciens, le nombre de cartes par dossier et les malades concernés (il ne s'agit pas ici de dossiers médicaux en général mais seulement de dossiers de morbidité**).

## UNE FORMULE INTÉRESSANTE

Pour conserver les informations transmises à l'ordinateur, différentes formules sont utilisables. En l'absence de système autocopiant, deux services (Médecine E et Cardiologie) ont choisi d'employer des chemises cartonnées dont la première page correspond à la fiche informatique (Fig. 1). Il suffit alors de photocopier cette page et de transmettre ce double au laboratoire d'informatique. Par contre les autres services utilisent des fiches distinctes et ne cherche pas, en général, à les récupérer par la suite.

| Service Hospitalier du CHR | Dossiers codes depuis | Nombre de cartes par dossier | Malades concernés. H = hospitalisation C = consultants |
|---|---|---|---|
| Maladies infectieuses | 1 - 1967 | 1 | H |
| Chirurgie maxillo-faciale | 1 - 1978 | 1 | H |
| Médecine E | 1 - 1980 | 1 * | H + C |
| Médecine B | 1 - 1980 | 2 | H |
| Cardiologie (Hôpital Central) | 1 - 1980 | 2 | H |
| Médecine H | 1 - 1981 | 2 | H + C |

* En 1980, seuls les dossiers des sujets hospitalisés présentant une pathologie thyroïdienne ont été codés. En 1981, tous les dossiers des malades hospitalisés et consultants externes sont introduits en ordinateur.

Figure n° 1 — **Première page de la chemise cartonnée utilisée comme dossier du patient à chaque hospitalisation dans le service de Cardiologie (Hôpital Central).**

## REMPLISSAGE DES DOSSIERS

La qualité du traitement des informations dépend avant tout de la qualité des données recueillies. Habituellement ce sont les internes et les assistants chef de clinique qui codent la partie essentielle, c'est à dire les diagnostics de sortie des patients.

Certaines informations peuvent être remplies par les externes (renseignements administratifs) ou même les infirmières (cas du service de Médecine B pour certaines données). C'est la secrétaire qui, en dernier ressort, complète le dossier en indiquant le numéro de celui-ci quand il s'agit d'une première hospitalisation.

Il faut souligner qu'un des inconvénients est qu'à chaque changement d'internes et d'externes, les assistants doivent enseigner à leurs nouveaux collaborateurs cette tâche dont ils n'ont pas souvent l'habitude. D'un autre côté ces explications renouvellent les efforts et évitent la routine.

## LES DEMANDES DES UTILISATEURS ET L'EXPLOITATION DES FICHIERS.

Les demandes des utilisateurs sont variées et dépendent de leurs préoccupations.

A l'occasion d'un travail donné, on sera amené à étudier les caractéristiques d'un groupe de sujets. C'est ainsi qu'un travail récent qui a porté sur les sujets de plus de 65 ans hospitalisés en Médecine B et secondairement placés a mis en évidence plusieurs facteurs de risque. Dans d'autres cas, les médecins désirent obtenir uniquement les numéros des dossiers possédant telle ou telle caractéristique (par exemple, en Cardiologie, les patients ayant subi une échographie, un doppler et une exploration isotopique, ou en pathologie infectieuse les sujets traités par thiophénicol).

Plus fréquemment, il s'agit de connaître les dossiers de sujets présentant une maladie donnée (par exemple, en endocrinologie, tous les sujets présentant une thyroïdite). Plutôt que de multiplier les demandes, il est préférable de posséder un relevé du fichier selon les diagnostics et de consulter cette liste triée par ordinateur. Cette formule qui permet de supprimer les fichiers analytiques manuels a été développé depuis plusieurs années dans le service des Maladies Infectieuses (plus de 12.000 dossiers codés).

Il faut indiquer aussi qu'on peut éditer les diagnostics " en clair " (programmes mis au point actuellement pour les services de Cardiologie et de Médecine B - Fig. 2.). D'autres relevés sont également utiles : liste alphabétique, liste selon les numéros de dossiers (elle permet de controler si la séquence des numéros est complète*).

Ces statistiques fournies donnent la possibilité de mieux connaître l'activité du service et en particulier de suivre l'évolution de la morbidité (Fig. 3).

* Par exemple si 2554 = insuffisance corticosurrénalienne (ICS) non tuberculeuse ; 25541 = ICS par rétraction corticale ; 25542 = ICS après surrenalectomie ; 25543 = ICS périphérique d'autre origine ; 25544 = ICS d'origine centrale.

** On peut signaler qu'un fichier de ce type est aussi utilisé dans les services de Médecine de l'hôpital de Saint-Dié et à l'hôpital de Bainville-sur-Madon.

* Nous n'avons pas souligné les problèmes de validation des données (informations absentes, erreurs à la perforation...), étape qui est indispensable pour obtenir un fichier fiable.

SERVICE DE CARDIOLOGIE- HOPITAL CENTRAL

| NO DOSS. | NOM | PREN. | NAISS. | S | CODE.P | ENTREE | SORTIE | FO | DIA1 | DIA2 | DIA3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 81 0487 | BER[redacted] | FRANC | 10 | 2 | 97 | 1 54 500 | 1 781 16 | 781 | 02 | 4266 | 412 | 4280 |
| | | | | | 4266 | BLOC SINO-AURICULAIRE | | | | | | |
| | | | | | 4280 | INSUFFISANCE CARDIAQUE GLOBALE | | | | | | |
| | | | | | 412 | INFARCTUS ANCIEN DU MYOCARDE | | | | | | |
| 81 0465 | VAR[redacted] | YVONN | 29 | 7 | 15 | 2 57 000 | 20 581 | 23 | 581 | 01 | 4273 | |
| | | | | | 4273 | FIBRILLATION ET FLUTTER AURICULAIRES | | | | | | |
| 81 0467 | CH[redacted] | MARCE | 12 | 2 | 25 | 1 52 130 | 24 581 | 25 | 581 | 01 | 4273 | |
| | | | | | 4273 | FIBRILLATION ET FLUTTER AURICULAIRES | | | | | | |
| 81 0466 | RIM[redacted] | JOSEP | 8 | 8 | 54 | 1 57 560 | 10 681 | 13 | 681 | 01 | 4276 | |
| | | | | | 4276 | EXTRASYSTOLES | | | | | | |
| 80 1120 | FER[redacted] | CLAIR | 20 | 11 | 22 | 2 88 300 | 11 281 | 12 | 281 | 03 | 3942 | |
| | | | | | 394 | MALADIE DE LA VALVULE MITRALE | | | | | | |
| 81 0497 | HIL[redacted] | JOSEP | 3 | 4 | 37 | 1 00 | 6 781 | 10 | 781 | 01 | 413 | |
| | | | | | 413 | ANGINE DE POITRINE | | | | | | |
| 81 0489 | PIU[redacted] | NELLY | 7 | 7 | 34 | 2 54 000 | 11 781 | 17 | 781 | 01 | 4151 | |
| | | | | | 4151 | EMBOLIE PULMONAIRE | | | | | | |
| 80 0164 | BER[redacted] | CLAIR | 8 | 9 | 21 | 2 54 000 | 22 581 | 26 | 581 | 03 | 4276 | |
| | | | | | 4276 | EXTRASYSTOLES | | | | | | |
| 81 0464 | BAR[redacted] | TANIS | 24 | 6 | 22 | 1 54 130 | 17 681 | 25 | 681 | 01 | 413 | |
| | | | | | 413 | ANGINE DE POITRINE | | | | | | |
| 81 0496 | POU[redacted] | MAURI | 0 | 0 | 17 | 1 29 000 | 5 781 | 5 | 781 | 01 | 413 | 4273 |
| | | | | | 4273 | FIBRILLATION ET FLUTTER AURICULAIRES | | | | | | |
| | | | | | 413 | ANGINE DE POITRINE | | | | | | |

Figure n° 2 — **Exemple de listage du fichier avec édition en clair des diagnostics (service de Cardiologie-Hôpital Central).**

| Années | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Septicémies | 7 | 14 | 13 | 5 | 16 | 19 | 12 | 15 | 5 | 12 | 23 | 47 | 52 | 59 | 57 | 356 |
| Meningites —Tuberculeuses | 12 | 10 | 1 | 9 | 8 | 6 | 9 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 8 | 10 | 2 | 107 |
| — Lymphocytaires bénignes | 56 | 38 | 73 | 56 | 102 | 90 | 57 | 60 | 64 | 80 | 83 | 69 | 38 | 54 | 88 | 1.008 |
| — purulentes | 14 | 25 | 24 | 26 | 43 | 55 | 50 | 61 | 20 | 38 | 40 | 51 | 31 | 41 | 58 | 577 |
| Scarlatine | 26 | 36 | 20 | 8 | 10 | 9 | 5 | 8 | 5 | 2 | 6 | 3 | 5 | 11 | 4 | 158 |
| Brucelloses | 8 | 14 | 14 | 16 | 19 | 25 | 10 | 8 | 11 | 16 | 8 | 11 | 8 | 21 | 9 | 198 |
| Coqueluches | 52 | 72 | 74 | 61 | 37 | 59 | 28 | 24 | 8 | 3 | 5 | 7 | 4 | 5 | 12 | 451 |
| Tétanos | 38 | 43 | 43 | 36 | 39 | 32 | 42 | 26 | 26 | 21 | 30 | 28 | 24 | 24 | 18 | 470 |
| Rougeoles | 35 | 86 | 35 | 76 | 44 | 21 | 82 | 43 | 44 | 84 | 14 | 59 | 86 | 63 | 55 | 827 |
| Hépatites virales | 5 | 9 | 6 | 22 | 9 | 13 | 8 | 18 | 22 | 36 | 14 | 34 | 27 | 26 | 17 | 266 |
| Nombre de dossier codés | 802 | 814 | 791 | 848 | 910 | 809 | 780 | 802 | 807 | 783 | 695 | 1013 | 999 | 1042 | 1018 | 12.913 |

Figure n° 3 — **Statistiques de morbidité (limitées aux principales maladies) du service des Maladies Infectieuses de 1965 à 1978, obtenues à partir du fichier informatisé du service.**

## POSSIBILITÉS OFFERTE PAR LES MICRO-ORDINATEURS

A l'heure actuelle, le coût[1] et les possibilités des micro-ordinateurs entraînent leur généralisation dans de nombreux domaines et en particulier celui de l'hôpital[2] où leurs applications sont nombreuses et variées (contrôle de machine, secrétariat, fichiers...).

On peut donc envisager d'en acheter également pour stocker et gérer des dossiers de morbidité du type de ceux qui ont été décrits. Malheureusement les petits systèmes habituels possèdent des limites génantes pour l'exploitation des fichiers volumineux (mémoires externes réduites, programmes d'exploitation insuffisants). La solution pourrait être alors un transfert périodique des données sur un plus gros ordinateur apte à ces tâches.

Pour ces raisons le laboratoire d'Informatique Médicale a développé des programmes de transfert d'informations d'un micro-ordinateur[3] vers son système informatique principal (MITRA 125). Le transfert périodique de données médicales stockées sur disquette est alors réalisable[4] à condition que, pour des raisons de comptabilité entre matériel, le micro-ordinateur acheté par le service soit identique à celui que possède le laboratoire. Cette formule présente plusieurs avantages, notamment la possibilité d'une validation rigoureuse sur place des informations médicales et peut-être une meilleure participation du corps médical[5].

## CONCLUSION

Il est inutile d'insister sur l'intérêt évident pour les médecins de posséder les informations décrites et notamment la fréquence des diverses maladies. La formule présentée peut être généralisée et on pourrait obtenir alors comme sous-produit des statistiques anonymes de morbidité au niveau du C.H.R.. Cependant des statistiques ne seront valables que si les diagnostics sont indiqués soigneusement par les médecins et donc si ceux-ci sont convaincus des avantages qu'ils peuvent retirer de cette collecte des informations pour leur service*.

Il faut rappeler à nouveau que ces différents travaux ont été réalisés par le laboratoire d'Informatique Médicale sans aide financière, ni de l'hôpital, ni des services concernés. La poursuite en routine et plus encore l'extension à d'autres services nécessitent des moyens financiers adaptés**. Il paraîtrait normal que l'hôpital apporte une aide à ces réalisations médicales utilisant l'informatique, qui n'appartiennent plus au domaine de la recherche et dont les médecins et les patients tirent un bénéfice incontestable.

Travail du laboratoire
d'Informatique Médicale
et du Groupe INSERM U 115 (Pr J. MARTIN)

1 Prix variant entre 10.000 et 30.000 F selon les équipements (taille de la mémoire, périphériques)

2 Début 1982, plus de 20 micro-ordinateurs sont en fonctionnement dans les services hospitaliers du CHR de Nancy.

3 Micro-ordinateur APPLE II.

4 Il suffit alors d'une simple recopie sur disquette vierge qui serait transmise au laboratoire d'Informatique Médicale.

5 A noter qu'un club de mini-informatique médicale s'est ouvert au CHR de Nancy, début septembre 1981, sous la direction des auteurs. Les personnes intéressées par ces problèmes peuvent prendre contact avec les responsables.

* La circulaire de 1968 sur le recueil des données de morbidité à l'échelon national a connu un échec relatif parce que les médecins n'étaient pas impliqués dans le recueil des informations et que la collecte était restée dans la plupart des cas une démarche purement administrative, parfois confiée à des personnels non qualifiés.

** Les moyens financiers envisagés seraient peu de chose à côté du budget global du Centre Régional d'Informatique Hospitalière (plus de dix millions de Francs en 1980).

BIBLIOGRAPHIE

DOLCI (J.L.). — Bilans d'activité de la clinique des Maladies Infectieuses durant les années 1967 - 1968- 1976. Etude comparative par méthodes informatiques des 12 dernières années avec référence au bilans antérieurs.
*Thèse Méd.*, Nancy, 1978.

GIRARDIER (M.), HERNICOT (P.), VALOIS (J.). — Valeur informationnelle d'un dossier médical résumé de sortie (système DOSTAM). Expérience de 4 ans dans dix hôpitaux de la région Rhône Alpes.
*In Medical Computing (Publ. Taylor et Francis)*, 1977, 445-457.

LEGRAS (B.), BENAMGHAR (L.), CHAU (N.), MARTIN (J.). — Activité médicale des services hospitaliers et des consultations : archives et morbidité hospitalière. Une formule informatisée simple pour mieux résoudre ces problèmes.
*Ann. Méd.* Nancy, 1980, **29**, 1211-1216.

LEGRAS (B.), DUREUX (J.B.), CHAU (N.), BENAMGHAR (L.), LAMBERT (J.P.), MARTIN (J.), BLONDIN (S.), DERIVES (D.), DOLCI (J.L.). — Une méthode de recherche rapide d'observations selon des critères sélectionnés. Application à l'archivage des dossiers du service de Maladies Infectieuses et de Réanimation.
*Ann. Méd.* Nancy, 1980, **29**, 1203-1209.

MANCIAUX (M.A.), LEGRAS (B.), REGENT (M.C.), SCHMIDT (J.M.), PENIN (F.), CUNY (G.). — Hébergement collectif - Etude statistique des facteurs de risque dans une population âgée hospitalisée.
A paraître dans Ann. Méd. Nancy.

ROGER (F.H.). — Recommendations for comparable medical record summaries among hospitals in the european community. In Medical Informatics Europe 81.
Proceedings Toulouse, France (Publ. Springen-Verlag), 1981, 454-461.

SITE (J.). — Statistiques de morbidité hospitalière. (Lyon) Informatique et Information - Colloque national Janvier 1979.

**SERVICE DE CARDIOLOGIE**
**HOPITAL CENTRAL**

# OBSERVATION CLINIQUE

N° S.S. :

M.O.7.1. Numéro du Dossier 5 : ... : 10

MEDECIN TRAITANT
nom, adresse

NOM 18 : ... : 25
PRENOM 26 : ... : 30
Date de naissance 31 : ... (jour) ... (mois) ... (an) : Sexe : ... : 37 (M = 1 F = 2)
PROFESSION : .....
ADRESSE COMPLETE : .....
CODE POSTAL : ... : 42 (00 si venant de l'étranger)

CARDIOLOGUE
nom, adresse

DATE D'ENTREE : ... : 48
DATE DE SORTIE : ... (jour) ... (mois) ... (an) : 54

INTERNE

HOSPITALISATION pour la .....ème fois dans le service (01 : 1re fois, 02 : 2e fois...) : ... : 56
PROVENANCE 1 : Consult., 2 : accueil, 3 : médecin, 4 : transf. autre service CHR
5 : transf. autre hôpital ou clinique, 9 : autre : ... : 57
MODE DE SORTIE DU SERVICE : 1 : transf. serv. méd., 2 : trans. ser. chir.
3 : autre hôpital ou clinique, 4 : retour domicile, 6 : décès,
7 : sortie surdécharge, 8 : réadaptation Jeanne-d'Arc, 9 : autre : ... : 58
Réserves : ... : 59

## DIAGNOSTICS DE SORTIE en clair

Dgn. principal (1) ..... : ... : 63
Dgn. complém. (2) ..... : ... : 67
Dgn. complém. (3) ..... : ... : 71
Dgn. complém. (4) ..... : ... : 75
Dgn. complém. (5) ..... : ... : 79
Dossier intéressant 1 = OUI : ... : 80

M.O.7.2. Numéro du Dossier 5 : ... : 10

**I. EXAMENS :**

Phonomécanographie : ... : 11
Vectocardiographie : ... : 12
Echocardiographie : ... : 13
Doppler : ... : 14
Epreuve d'effort : ... : 15
Holter : ... : 16
Fract. éject. isotopique : ... : 17
Scinti. myoc. au thallium : ... : 18
Isotopes effort : ... : 19
Autres examens isotopiques : ... : 20
Réserves : ... : 23
Débit cardiaque : ... : 24
Cathétérisme droit : ... : 25
Cathétérisme droit avec effort : ... : 26
Cathétérisme gauche : ... : 27
Coronarographie : ... : 28
Exploration endocavitaire : ... : 29
Artério. membres inférieurs : ... : 30
Autres artériographies : ... : 31
Réserves : ... : 34

**II. THERAPEUTIQUES :**

Médicale : ... : 35
Electrique : ... : 36
Chirurgie valvulaire : ... : 37
Chirurgie coronaire : ... : 38
Autre chirurgie : ... : 39
Réserves : ... : 42

Evaluation de l'activité médicale du Service de Médecine Nucléaire du CHU de Nancy de 1975 à 1982

Intérêt de la qualité d'une gestion médicale et administrative informatique pour l'évaluation des examens pratiqués et de leur facturation : un véritable "tableau de bord"

LEGRAS B, MARTIN J, LAMBERT J-P, CHAU N, BERTRAND A

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 737-740

No 87

# Evaluation de l'activité médicale du Service de Médecine Nucléaire du C.H.U. de Nancy de 1975 à 1982

## Intérêt de la qualité d'une gestion médicale et administrative informatique pour l'évaluation des examens pratiqués et de leur facturation : un véritable « tableau de bord »

par **B. LEGRAS, J. MARTIN, J.P. LAMBERT, N. CHAU, A. BERTRAND**

**RÉSUMÉ**

Une gestion informatisée, médicale et administrative, utilisant un dossier informatisé simple, bien intégré au fonctionnement, est employée depuis début 1975 au Service de Médecine Nucléaire du C.H.R. de Nancy. Elle a permis de déterminer avec précision le tableau de bord des activités du Service et l'évolution des examens pendant ces huit dernières années. Ces données sont des éléments fondamentaux de réflexion pour les médecins, et devraient aussi l'être pour les administrateurs de santé. C'est le « tableau de bord » trop souvent réduit à ses seuls aspects financiers.

**Mots-clés :**
Gestion,
Médecine Nucléaire,
Informatique.

**ESTIMATION OF MEDICAL ACTIVITY IN THE DEPARTMENT OF NUCLEAR MEDICINE OF THE UNIVERSITY HOSPITAL CENTER IN NANCY BETWEEN 1975 AND 1982**
**Utility of the quality of medical and administrative management with data processing for precise appraisal of the investigations which were carried out and of their invoice making out : a real « dash-board »**

***SUMMARY***

*A medical and administrative processing by computer, using a simple computerised file which is well integrated into the operation, has been applied since January 1975 in the Department of Nuclear Medicine at the regional hospital in Nancy. This has made it possible to define very precisely the instrument panel of the activities in the department and the evolution of the investigations during these past eight years. This data is the fondamental element of thought for the doctors and should also be for the health administrators.*

***Key-words :***
*Processing,*
*Nuclear Medicine,*
*Computer.*

### INTRODUCTION

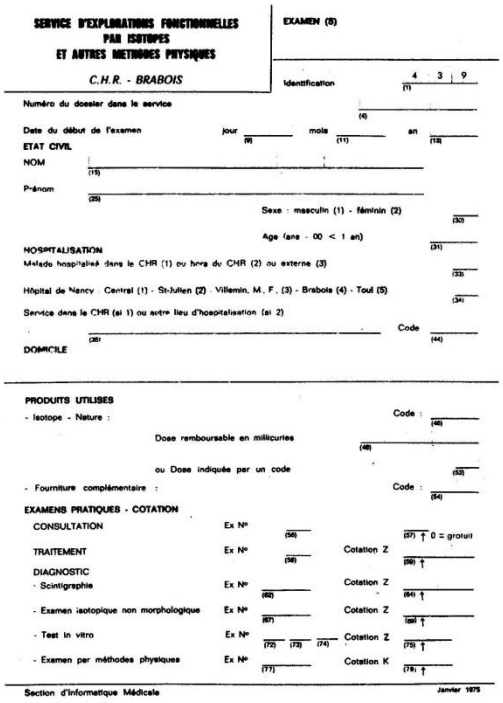
Le Service de Médecine Nucléaire de Nancy-Brabois a été ouvert en 1973 dès la mise en service de ce nouvel hôpital de 1 200 lits ; il a été crée par division du service d'origine, ouvert dès 1952 (Professeur KELLERSHOHN, puis Professeurs BURG et MARTIN, et actuellement Professeur ROBERT) à la Faculté, près des hôpitaux de ville. Chaque année, plus de 10 000 examens isotopiques y sont pratiqués et les méthodes manuelles ne permettent pas de détailler avec précision l'activité du Service. Pour obtenir des informations valables, nous avons mis en place en 1975 une gestion informatisée du Service, sur le modèle de celle que nous avions déjà dans le service des hôpitaux de ville. Ces dernières années, la médecine nucléaire a subi des évolutions importantes, en particulier avec l'apparition de systèmes informatiques intégrés. Ceux-ci ont permis le développement d'explorations dynamiques complexes (depuis 1977, le Service possède un ordinateur couplé aux deux gamma-caméras) ; pendant le même temps, des examens classiques ont été plus ou moins abandonnés.

Communication présentée à la séance de la Société de Médecine de Nancy (économie médicale et évaluation des soins) 22 avril 1981 - Article complété en juin 1983.

L'évolution des divers examens réalisés dans le Service au cours des huit dernières années est donc un bon témoin des modifications de la demande médicale pour les explorations de Médecine Nucléaire.

### Description rapide de la gestion informatique du service

Nous employons des fiches informatiques décrites en détail dans des articles précédents (figure n° 1). Elles font partie de liasses autocopiantes évitant les recopies inutiles des parties communes. Outre les renseignements administratifs (nom, prénom, date, sexe, lieu d'hospitalisation) nous indiquons à l'aide de codes numériques le service d'hospitalisation, les produits utilisés et les examens réalisés. Chaque fiche correspond à un bloc de 80 colonnes. La perforation des cartes et l'exploitation des données sont réalisées par le laboratoire d'Informatique Médicale de la Faculté. Différents programmes servent à la validation des données (recherche des oublis, des nombre erronés) et à la détection des fiches absentes. Il s'agit donc d'un travail en temps différé. Depuis un an, afin de mieux suivre certaines conséquences économiques des activités isotopiques, un fichier séparé rend compte de toutes les commandes de radio-éléments et produits annexes (kits de marquage en particulier) avec leur facturation séparée.



SERVICE D'EXPLORATIONS FONCTIONNELLES PAR ISOTOPES ET AUTRES METHODES PHYSIQUES

C.H.R. - BRABOIS

EXAMEN (0)

Identification 4 3 9 (1)

Numéro du dossier dans le service (4)

Date du début de l'examen jour (9) mois (11) an (13)

ETAT CIVIL

NOM (15)

Prénom (25)

Sexe : masculin (1) - féminin (2) (32)

Age (ans - 00 < 1 an) (31)

HOSPITALISATION

Malade hospitalisé dans le CHR (1) ou hors du CHR (2) ou externe (3) (33)

Hôpital de Nancy : Central (1) - St-Julien (2) - Villemin, M, F, (3) - Brabois (4) - Toul (5) (34)

Service dans le CHR (si 1) ou autre lieu d'hospitalisation (si 2)

Code (44)

(35)

DOMICILE

PRODUITS UTILISES

- Isotope - Nature : Code : (48)

Dose remboursable en millicuries (49)

ou Dose indiquée par un code (53)

- Fourniture complémentaire : Code : (54)

EXAMENS PRATIQUES - COTATION

CONSULTATION Ex N° (56) (57) 0 = gratuit

TRAITEMENT Ex N° (58) Cotation Z (59)

DIAGNOSTIC

- Scintigraphie Ex N° (60) Cotation Z (64)

- Examen isotopique non morphologique Ex N° (67) Cotation Z (69)

- Test in vitro Ex N° (72) (73) (74) Cotation Z (75)

- Examen par méthodes physiques Ex N° (77) Cotation K (79)

Section d'Informatique Médicale — Janvier 1975

Figure n° 1 : **Page informatique du bordereau autocopiant utilisé comme dossier-chemise de l'observation de nos malades.**

Les programmes de bilan fournissent pour la période considérée (mois ou année), les renseignements suivants :

- nature réelle des actes effectués pour les malades,
- nombre de malades hospitalisés au C.H.R. et consultants externes,
- total des cotations administratives de la S.S. : C, K et Z, correspondant à ces deux catégories de malades pour les différents examens effectués (consultations, traitements et explorations à but diagnostic),
- total des doses pour les différents isotopes,
- total des différentes fournitures complémentaires utilisées (trousses non radioactives...),
- nombre de malades et types d'examens pour les différents services hospitaliers du C.H.R.,
- répartition des examens pour les différents mois de l'année,
- répartition par tranche d'âge et de sexe.

Comme on le voit, ces informations sont complémentaires de celles du système informatique hospitalier Sigma car elles sont orientées vers les problèmes médicaux de gestion du Service, beaucoup plus que vers les problèmes administratifs du type facturation.

## Evolution des Examens isotopiques de janvier 1975 à décembre 1982

*Examens scintigraphiques*

Le tableau I présente l'évolution des 58 750 examens scintigraphiques (ou angioscintigraphiques) de ces huit années (environ 74 % ont été effectuées chez des malades hospitalisés au C.H.R.). Ce tableau montre la stabilité des scintigraphies thyroïdiennes (1er rang des examens jusqu'à 1981), l'augmentation constante des scintigraphies osseuses (examen passant en 1982 au 1er rang avant la scintigraphies cérébrales), le développement impressionnant des explorations cardiaques depuis 1977 (scintigraphies mycoardiques et plus encore mesure de la fraction d'éjection, qui avec 1 712 examens en 1982 passe au 3e rang des examens). Les explorations dynamiques employant l'ordinateur se sont multipliées : mesure de la fraction d'éjection (déjà signalée), examen pulmonaire au Xénon 133, angioscintigraphies cérébrales et autres (mains, corps caverneux), mesure de la fixation rénale du bichlorure de mercure. Par contre, l'apparition de nouvelle techniques physiques a entrainé une baisse notable de certains examens : c'est le cas des scintigraphies hépatiques et spléniques (phénomène très net depuis 1977, lié à la généralisation des examens échographiques) ; les scintigraphies cérébrales qui ont progressé jusqu'en 1978, ont depuis légérement diminué en 1980, mais de façon moins importante que l'utilisation privilégiée de la tomodensitométrie aurait pu le laisser prévoir.

On note aussi un recul de certains examens qui après un engouement initial, on vu préciser leurs indications et leurs limites : (cisternographies isotopiques, explorations à la bléomycine et au gallium). Cette diminution de la demande des examens simplement morphologiques est compensée et au-delà par des examens dynamiques beaucoup plus complexes. L'année 1982 a vu notamment le développement des tomographies cardiaques (312 examens). L'ensemble des explorations cardiaques a atteint 2 585 examens.

**TABLEAU I**

**Bilan des examens scintigraphiques de 1975 à 1982**

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — Scintigraphies thyroïdiennes et balayage | 1897 | 2197 | 1889 | 2094 | 1989 | 1982 | 2138 | 1934 |
| — Scintigraphies (et angioscintigraphies) cérébrales, scintigraphies orbitaires et salivaires | 1047 | 1593 | 1500 | 1739 | 1647 | 1260 | 1161 | 984 |
| — Scintigraphie osseuses | 483 | 940 | 963 | 1368 | 1550 | 1578 | 1929 | 2074 |
| — Scintigraphies pulmonaires de perfusion (macroagregats | 732 | 810 | 547 | 558 | 572 | 435 | 616 | 709 |
| — Scintigraphies pulmonaires de perfusion-ventilation (Xenon) | 0 | 0 | 10 | 67 | 283 | 282 | 232 | 222 |
| — Scintigraphies du myocarde | 13 | 31 | 30 | 79 | 93 | 216 | 408 | 562 |
| — Scintigraphies des cavités avec étude de la fraction d'éjection | 0 | 0 | 36 | 285 | 365 | 838 | 1423 | 1712 |
| — Tomographies cardiaques | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 311 |
| — Scintigraphies hépatiques | 828 | 993 | 851 | 560 | 361 | 195 | 133 | 122 |
| — Scintigraphies spléniques | 238 | 334 | 276 | 172 | 139 | 59 | 39 | 26 |
| — Fixation de la bléomycine ou du gallium | 184 | 285 | 228 | 191 | 139 | 129 | 155 | 151 |
| — Scintigraphies rénales et fixation rénale du bichlorure | 22 | 37 | 65 | 35 | 61 | 85 | 62 | 42 |
| — Scintigraphies des citernes | 36 | 122 | 125 | 91 | 24 | 26 | 26 | 16 |
| — Lymphographies isotopiques | 11 | 18 | 43 | 22 | 20 | 26 | 25 | 18 |
| — Scintigraphies des surrénales | 7 | 29 | 21 | 22 | 25 | 25 | 12 | 19 |
| — Scintigraphies de la moëlle réticulaire et érythroporétique | 1 | 18 | 15 | 16 | 11 | 10 | 4 | 5 |
| — Autres examens isotopiques (diverticule de Meckel, ...) | 7 | 13 | 4 | 9 | 9 | 5 | 5 | 6 |
| — Autres examens angioscintigraphiques | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 55 | 24 | 23 |
| TOTAL | 5506 | 7416 | 6603 | 7308 | 7370 | 7204 | 8395 | 8948 |

*Examens isotopiques non scintigraphiques*

Le tableau II donne le détail des 17 824 examens réalisés pendant ces huit ans (environ 73 % chez des malades du C.H.R.). Ce tableau montre la diminution de nombreux examens, et leur remplacement. Par exemple les courbes de fixation thyroïdiennes sont supplantées de plus en plus par des tests in vitro (voir plus loin) et les néphrogrammes isotopiques par la mesure de la fixation rénale du bichlorure (voir examens isotopiques scintigraphiques). On note l'accroissement des débits cardiaques jusqu'en 1978 et une chute notable en 1980.

TABLEAU II

**Bilan des examens isotopiques non scintigraphiques de 1975 à 1982**

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — Courbes de fixation thyroïdienne | 1785 | 1943 | 1420 | 1415 | 571 | 376 | 307 | 277 |
| — Masses sanguines | 1120 | 970 | 801 | 842 | 653 | 632 | 589 | 884 |
| — Tests de Schilling | 138 | 134 | 142 | 134 | 127 | 100 | 124 | 142 |
| — Durée de vie des hématies | 44 | 38 | 22 | 15 | 20 | 10 | 14 | 12 |
| — Fer-59 « longs » | 15 | 14 | 17 | 8 | 8 | 7 | 10 | 26 |
| — Fer-59 « rapides » | 43 | 55 | 51 | 65 | 60 | 63 | 62 | 50 |
| — Sodium, potassium et eau échangeables | 10 | 156 | 12 | 8 | 12 | 12 | 1 | 4 |
| — Débits cardiaques (+ masse) | 24 | 50 | 149 | 152 | 139 | 76 | 119 | 59 |
| — Néphrogrammes | 51 | 44 | 48 | 36 | 31 | 24 | 26 | 11 |
| — Autres examens | 5 | 1 | 20 | 25 | 7 | 7 | 9 | 11 |
| Total | 3235 | 3418 | 2682 | 2708 | 1628 | 1307 | 1380 | 1466 |

*Examens isotopiques in vitro*

Les tests thyroïdiens in vitro se multiplient : 2 429 en 1975 ; 4 397 en 1976, 4 783 en 1977, 7 080 en 1978, 7 205 en 1979, 6 854 en 1980, 8 086 en 1981, 8 981 en 1982 ; 62 % d'entre eux ont été réalisés chez des sujets hospitalisés au C.H.R.

*Traitements isotopiques*

2 209 traitements ont été effectués (41 % chez des malades hospitalisés au C.H.R.). Le tableau III montre la relative stabilité des divers traitements réalisés par les isotopes émetteurs béta, mis à part les épanchements néoplasiques.

TABLEAU III

**Bilan des traitements isotopiques de 1975 à 1982**

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — Hyperthyroïdies ou néoplasmes thyroïdiens | 90 | 114 | 99 | 137 | 102 | 113 | 123 | 95 |
| — Polyglobulies | 29 | 33 | 22 | 31 | 30 | 27 | 9 | 9 |
| — Angiomes | 36 | 32 | 35 | 42 | 33 | 28 | 28 | 14 |
| — Epanchement néoplasiques (ascite, pleurésie) | 11 | 12 | 6 | 5 | 4 | 1 | 0 | 2 |
| — Arthrites | 98 | 92 | 123 | 114 | 85 | 108 | 145 | 92 |
| TOTAL | 264 | 283 | 285 | 329 | 254 | 277 | 305 | 212 |

*Etude par service*

Les programmes mis au point fournissent la répartition des examens par service (Tableau IV) et à titre d'exemple nous avons représenté l'évolution de ces examens au cours des années pour un important service de Médecine (Médecine A) (Tableau V). On retrouve l'évolution notée pour l'ensemble des examens. Les chefs de Service intéressés peuvent recevoir toutes ces informations détaillées.

TABLEAU V

**Principaux examens scintigraphiques pratiqués de 1972 à 1982 pour les patients hospitalisés dans le service de Médecine A**

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — Scintigraphies thyroïdiennes | 48 | 53 | 32 | 37 | 35 | 30 | 36 | 26 |
| — Scintigraphies cérébrales | 76 | 114 | 85 | 86 | 96 | 60 | 43 | 31 |
| — Scintigraphies osseuses | 52 | 87 | 101 | 108 | 120 | 108 | 99 | 86 |
| — Scintigraphies hépatiques | 193 | 210 | 173 | 105 | 100 | 17 | 0 | 1 |
| — Scintigraphies spléniques | 136 | 203 | 143 | 79 | 77 | 27 | 4 | 9 |
| — Scintigraphies pulmonaires | 9 | 4 | 7 | 15 | 19 | 14 | 11 | 26 |
| — Autres (cœur, FE...) | 6 | 21 | 47 | 25 | 46 | 48 | 64 | 94 |

TABLEAU IV

**Répartition des principaux examens scintigraphiques réalisés en 1980 parmi les importants services demandeurs (plus de 90 examens annuels)**

| | Thyr. | Foie | Rate | Cerveau | Poumon | Os | Cœur | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Médecine A | 30 | 17 | 27 | 60 | 14 | 108 | 20 | 276 |
| Médecine B | 41 | 5 | 3 | 243 | 21 | 100 | 2 | 415 |
| Médecine C | 21 | 1 | 0 | 37 | 5 | 32 | 0 | 96 |
| Médecine D | 21 | 5 | 1 | 85 | 34 | 48 | 4 | 198 |
| Médecine E | 748 | 4 | 1 | 60 | 8 | 61 | 3 | 855 |
| Médecine J | 32 | 1 | 1 | 105 | 4 | 33 | 1 | 177 |
| Cardio Brabois | 32 | 5 | 2 | 81 | 105 | 14 | 894 | 1133 |
| Rhumatologie | 34 | 3 | 1 | 56 | 4 | 450 | 0 | 548 |
| Pneumologie Hommes | 10 | 4 | 0 | 16 | 68 | 21 | 0 | 119 |
| Pneumologie Femmes | 21 | 0 | 0 | 52 | 25 | 30 | 0 | 128 |
| Insuf. Resp. | 10 | 3 | 0 | 14 | 191 | 18 | 4 | 240 |
| Infectieux | 11 | 7 | 1 | 58 | 11 | 84 | 3 | 175 |

*Répartition par sexe et âge*

La prédominance masculine se manifeste pour la plupart des examens (53 % des scintigraphies cérébrales, 74 % des pulmonaires, 55 % des osseuses, 60 % des hépatiques, 55 % des spléniques) sauf pour les examens thyroïdiens (21 %). Faute de statistiques correctes globales de morbidité du C.H.R., nous n'avons pas pu comparer avec la répartition des affections.

La répartition par âge varie légèrement d'un examen à l'autre. La fréquence maximale est entre 70 - 79 ans pour les examens cérébraux, 60 - 69 ans pour les pulmonaires et les hépatiques, 40 - 49 ans pour les thyroïdiens, 50 - 69 ans pour les osseux, 50 - 59 ans pour les spléniques.

*Origine des malades*

Les malades sont surtout envoyés par les services hospitaliers. Les malades externes sont en nombre réduit sauf pour les examens thyroïdiens (27 %) et osseux (9 %). La proportion des consultants externes est plus grande pour le deuxième service de Médecine Nucléaire de Nancy (Service hors C.H.R. sous convention avec l'Hôpital, resté dans les locaux du service d'origine).

*Comparaison des résultats avec ceux fournis par le système informatique du C.H.R.*

Le principal problème des traitements informatiques est celui de la qualité du recueil correcte des données. Les très nombreux contrôles effectués par l'ordinateur (suivi de la correction manuelle des données erronées ou incomplètes) ainsi que la détection des fiches absentes (à l'aide d'un programme de tri) nous permettent d'obtenir un fichier complet et fiable où le nombre d'erreurs est réduit au minimum.

TABLEAU VI

**Comparaison des montants en Z obtenus par la gestion informatique du Service et par celle de l'hôpital (totaux indiqués dans les rapports annuels)**

| | Total en Z pour les malades hospitalisés | | | Total en Z pour les consultants externes | | | Total en Z général | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Géstion du Service | Gestion de l'hôpital | Divergence en % | Gestion du Service | Gestion de l'hôpital | Divergence en % | Gestion du Service | Gestion de l'hôpital | Divergence en % |
| 1976 | 756 893 | 510 296 | + 43,3 % | 220 800 | 160 023 | + 38 % | 977 693 | 670 319 | + 45,9 % |
| 1977 | 746 611 | 612 647 | + 21,9 % | 234 700 | 183 170 | + 27,1 % | 981 781 | 795 817 | + 23,4 % |
| 1978 | 910 226 | 787 476 | + 15,6 % | 311 010 | 228 611 | + 36 % | 1 221 336 | 1 016 087 | + 20,2 % |
| 1979 | 857 030 | 630 953 | + 35,8 % | 320 990 | 250 260 | + 28,3 % | 1 178 020 | 881 213 | + 33,7 % |
| 1980 | 872 792 | 828 481 | + 5,3 % | 337 395 | 296 493 | + 13,8 % | 1 210 187 | 1 124 977 | + 7,6 % |
| 1981 | 997 790 | | < 2 % | 418 040 | | < 2 % | 1 415 830 | | < 2 % |
| 1982 | 1 004 016 | | < 2 % | 523 920 | | < 2 % | 1 587 936 | | < 2 % |

On peut donc accorder une large confiance aux divers résultats et en particulier les totaux des Z. La comparaison de ces résultats avec ceux fournis par le système hospitaliser SIGMA (Tableau VI) met en évidence les graves lacunes de ce dernier jusqu'en 1980 où le programme a été changé*. Bien entendu, il faut tenir compte pour celui-ci des retards de paiement et des difficultés administratives, mais ces causes ne devraient jouer qu'un rôle mineur. Un contrôle par sondage semble confirmer que la différence ne provient pas de divergence dans le nombre des bordereaux et des cartes perfostyles de SIGMA au départ du secrétariat du service.

## CONCLUSION

La médecine nucléaire est une spécialité récente qui évolue rapidement du fait de l'amélioration des techniques, de l'apparition de nouvelles molécules radioactives et d'une volonté permanente de réduire l'irradiation des patients. Par ailleurs, on doit préciser ses indications relativement à d'autres méthodes physiques récentes, également non traumatisantes, telles que l'échographie et la tomodensitométrie. Ces changements dans les explorations, les demandes et les raisons rendent nécessaire, si l'on veut l'apprécier valablement, l'emploi d'un outil puissant comme un dossier informatisé. C'est ainsi, par exemple, que nous avons pu chiffrer la diminution de 1976 à 1982 des scintigraphies hépatiques (– 85 %) et splénique (– 89 %), le développement des scintigraphies osseuses (+ 329 %) et cardiaques (+ 524 % de 1978 à 1982), l'augmentation des tests thyroïdiens in vitro (+ 299 % de 1975 à 1982).

Globalement l'activité continue de croitre, tout en passant par des paliers comme le prouve le total annuel des Z.

En fait, le remplacement des examens morphologiques : foie, rein, rate ... par des examens dynamiques (pneumologie, cardiologie) pose des problèmes difficiles au service. En effet une exploration hépatique nécessite la présence d'un seul technicien, une fois l'examen mis en route. A l'opposé, un examen tel que les mesures de fraction d'éjection au cours d'une épreuve d'effort suppose pendant près d'une heure, la présence permanente de deux médecins (un cardiologue, un isotopiste) et de deux techniciens, sans parler de l'exploitation ultérieures des données sur l'ordinateur. La différence des cotations n'est pas adaptée : Z 90 dans le premier cas, Z 150 (plafonné) dans le second. Quand à l'efficacité médicale, elle est sans commune mesure puisque le bilan correct de la fonction ventriculaire gauche passe par cet examen, de surcroit totalement atraumatique.

Travail du Service de Médecine Nucléaire
et d'Informatique Médicale
et du Laboratoire d'Informatique Médicale
(Groupe INSERM U. 115)
(Professeur J. MARTIN)

BIBLIOGRAPHIE

BARBAZANGES (D.) — Gestion médicale et administrative par méthodes informatiques d'un Service de Médecine Nucléaire.
Thèse Nancy, 1977.

LEGRAS (B.), CHAU (N.), LAMBERT (J.P.), MARTIN (J.), BERTRAND (A.) — Gestion médicale et administrative par ordinateur du Service de Médecine Nucléaire de Nancy.
*J. Fr. Biophys. et Méd. Nucl.*, 1977, **5**, 227-232.

LEGRAS (B.), CHAU (N.), MARTIN (J.), LAMBERT (J.P.), BERTRAND (A.), GEORGES (F.), VAILLANT (D.), HOCQUARD (C.) — Bilan descriptif et évaluation sommaire de 4 ans d'activité d'un Service de Médecine Nucléaire.
*J. Fr. Biophys. et Méd. Nucl.*, 1980, **4**, 187-191.

MILHAUD (G.) — Dépenses et recettes d'un Service de Médecine Nucléaire.
*Sem. Hôp. Paris*, 1976, **52**, 131-136.

* Il faut signaler que le bilan informatique de l'hôpital ne prend pas compte les factures modifiées ultérieurement après contestation des patients. Cela peut expliquer une partie des divergences constatées.

Gestion médicale et administrative sur micro-ordinateur d'un service de Médecine Nucléaire

LEGRAS B, KOHLER F

Journal de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1984, 8, 235-267

No 104

# Gestion médicale et administrative sur micro-ordinateur d'un Service de Médecine Nucléaire

B. LEGRAS et F. KOHLER (*)

RÉSUMÉ. — La gestion informatisée sur micro-ordinateur du service de Médecine Nucléaire de C.H.U. de Nancy a permis de réduire considérablement le travail de secrétariat et fournit aux médecins des statistiques très utiles sur les examens pratiqués.

*Mots-clés* : Informatique, micro-ordinateur, médecine nucléaire, gestion.

SUMMARY. — *The use of a microcomputer for data management in a department of Nuclear Medicine has allowed to reduce considerably office work, and supplies the physicians with very useful statistics on the investigations carried out.*

Key-words : *Processing, microcomputer, nuclear medicine, management.*

## INTRODUCTION

L'évolution prodigieuse de l'informatique a conduit à la mise sur le marché, des micro-ordinateurs puissants, relativement peu coûteux et pourvus de logiciels très performants (gestion de fichiers, traitements de texte...). Ces systèmes sont bien adaptés à la gestion des laboratoires et ceci nous a amené à remplacer la gestion ancienne du Service de Médecine Nucléaire du C.H.U. de Nancy, réalisée en différé ([1], [2], [3]) par une gestion en temps réel sur micro-ordinateur.

## MATÉRIEL

Le système informatique utilisé comprend un micro-ordinateur 16 bits (Victor 256 Ko) (1) muni d'un disque dur (10 Mo) et d'un lecteur de disquettes 5 pouces (1,2 Mo). Il est complété par une imprimante (OKI 84 : 200 codes/s, optimisée, bidirectionnelle, avec qualité courrier). Pour cette réalisation, nous avons utilisé « d Base 2 », un logiciel très répandu de bases de données qui fonctionne sur tous les micro-ordinateurs possédant une mémoire suffisante et le système d'exploitation MS/DOS ou CP/M. Le prix de l'ensemble revient à environ 80 000 F TTC.

(*) Laboratoire d'Informatique Médicale (I.N.S.E.R.M. U 115), Faculté de Médecine, avenue de la Forêt de Haye, 54500 Vandœuvre-Les-Nancy.

Reçu en avril 1984.

(1) Ko = kilooctet soit environ 1 000 octets (exactement $2^{10} = 1\,024$), Mo = million d'octets.

## MÉTHODES

### Données sélectionnées

Chaque enregistrement a une longueur fixe égale à 140 caractères (C) et a été limité à 15 informations (* = donnée obligatoire) :

1. * date de l'examen (6C) (elle est entrée une seule fois au début de la journée);
2. * nom du patient (15 C max);
3. prénom (10 C max);
4. sexe (1 C : m ou f);
5. âge (2 C);
6. * code de l'origine (1 = CHU, 2 = Hôpital hors CHU, 3 = externe);
7. code du service (2 C) (63 services actuellement); la donnée est obligatoire si l'origine est égale à 1;
8. secteur (si CHU) ou nom de l'hôpital (si hors CHU) ou adresse du malade (si externe) (40 C max);
9. nom et adresse du médecin (si demande en externe) (50 C max);
10. * code de l'examen pratiqué (diagnostic ou traitement); il peut s'agir en réalité d'une combinaison d'examens réalisés successivement (ceci nous a conduit à définir 80 codes, dont plus d'une trentaine pour le seul domaine de la thyroïde);
11. code de la raison de l'examen (2 C);
12. 2e raison si nécessaire (2 C);
12. code du résultat de l'examen (2 C);
14. 2e résultat si nécessaire (2 C);
15. 3e résultat si nécessaire (2 C).

J. BIOPHYS. ET MÉD. NUCL., 1984, **8**, 4, 265-267. — 0399-0435/1984/04 265 03/$ 2.30/ © Gauthier-Villars

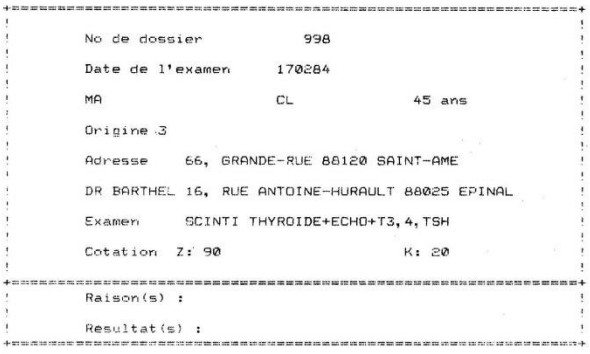



**Fig. 1**

## Logiciel

Un menu permet d'appeler différents programmes écrits sous d Base 2 qui permettent diverses fonctions.

*a. Saisie et correction des données*

Différents contrôles automatiques sont effectués sur les données (présence des données obligatoires, appartenance au dictionnaire...).

*b. Édition en clair du dossier* (fig. 1)

Pour cela, l'ordinateur consulte un fichier des services et un des examens (celui-ci comprend l'intitulé de l'examen et sa cotation qui est aussi imprimée). Le document obtenu est collé sur le recto de la chemise en papier où sont rangés les divers documents (lettres, scintigraphies, réponses...). L'édition, non systématique, (elle n'est pas effectuée pour certains examens : tests *in vitro*, masse sanguine), évite la recopie manuscrite (plus ou moins lisible) de ces informations.

*c. Édition récapitulative des dossiers* (fig. 2)

Éditée chaque soir, la liste des dossiers de la journée est conservée dans un classeur qui remplace le cahier manuscrit traditionnel.

*d. Édition automatique complète des réponses normales*

Il suffit d'appeler le numéro de l'enregistrement, de préciser le type de l'examen (scintigraphies cérébrales (avec ou sans angiographies), osseuses, hépatiques ou de perfusion pulmonaire) et d'indiquer le code du médecin responsable.

*e. Édition automatique d'une partie des réponses pathologiques*

On fournit les mêmes éléments que pour les réponses normales mais dans ce cas, il est nécessaire d'entrer au clavier la partie variable de la lettre. Il faut signaler que les réponses normales ou autres tiennent évidemment compte automatiquement du demandeur (médecin ou service hospitalier), du sexe du malade et de son âge. Suivant les cas, on aura à l'édition : mon cher confrère ou messieurs, ... monsieur, madame ou enfant (si l'âge est inférieur à 16 ans). L'utilisateur fixe également le nombre d'exemplaires désirés.

*f. Statistiques*

Elles dénombrent sur la période choisie les examens effectués et le total des cotations (nombre de Z et de K) en distinguant ce qui provient du C.H.U. et du reste.

*g. Recherche de dossier à partir du nom*

Pour cela on utilise un fichier indexé sur le nom, ce qui permet d'obtenir les dossiers quasiment immédiatement.

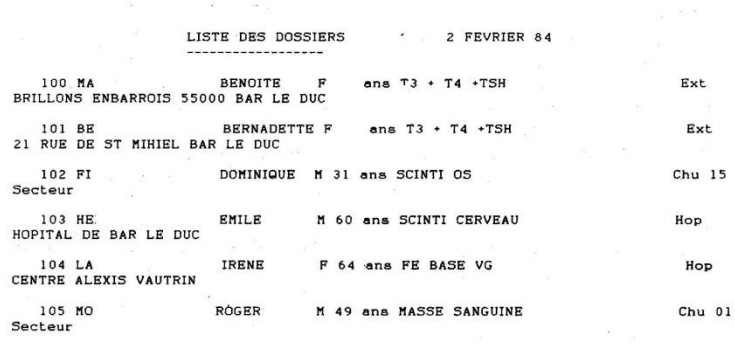



**Fig. 2**

## RÉSULTATS

L'utilisation du système informatique a débuté le 1er février 1984 au Service de Médecine Nucléaire du C.H.U. de Nancy. Au cours du mois de Janvier, les programmes ont été écrits et testés et les secrétaires préparées à son emploi.

Fin mars 1984, on peut tirer plusieurs conclusions très positives.

*a* Le système a été parfaitement accepté, principalement pour la raison développée ci-après.

*b* Le gain de temps de secrétariat est très important. On peut l'évaluer à plus d'un demi-poste de secrétaire, ce qui est fort précieux lorsque l'une des deux secrétaires du service est absente (vacances, maladies, ...). Il suffit en effet d'entrer les données une seule fois (moins de 30 s par dossier) et l'on évite deux recopies (sur le cahier et sur la chemise). Par ailleurs le courrier est effectué plus rapidement grâce aux réponses normales automatiques (c'est le cas de nombreuses scintigraphies osseuses et cérébrales dans le Service) et à une frappe limitée pour les autres réponses.

*c.* L'activité du service est connue avec précision et sans retard grâce aux statistiques mensuelles.

Sur le plan de l'utilisation journalière, se pose le problème du codage de l'examen. La secrétaire ignore parfois quel examen sera effectivement réalisé. C'est presque toujours le cas des explorations thyroidiennes où peuvent se combiner scintigraphie, courbe de fixation, plusieurs tests *in vitro*, échographie. C'est au médecin à vérifier que l'examen indiqué est correct et dans le cas contraire, le corriger. Lorsque le dossier revient au secrétariat pour le courrier, la secrétaire doit réintroduire le code exact. Elle doit aussi compléter éventuellement les dossiers par les codes des raisons et des résultats notés par le médecin responsable. Il faut signaler aussi que chaque soir, après l'édition journalière, elle sauvegarde le fichier sur la disquette du jour correspondant de la semaine. En cas de dégats graves (disque dur et disquette abimés), il n'y aura à ressaisir au pire que les dossiers d'une journée.

## COMMENTAIRES

La configuration est déjà importante, mais la gestion pourrait être réalisée sur un système informatique plus petit ne comportant que deux lecteurs de disquettes. Nous avons préféré un disque dur pour des raisons de stockage, de rapidité et de facilité d'emploi. Il permet d'autres utilisations sans manipulation de disquettes. C'est ainsi que nous avons réservé 3 Mo pour notre fichier (soit environ 21 000 dossiers), 3 Mo pour le traitement de texte (articles...) et 3 Mo pour des futurs fichiers médicaux orientés vers la recherche. Le reste du disque stocke des programmes de base (d Base 2, ...) et ceux mis au point pour cette application.

Pour ce qui concerne le codage des informations strictement médicales, nous avons choisi de nous limiter à deux raisons et à trois résultats. Chaque code est un nombre compris entre 1 et 99 qui dépend du type d'exploration : thyroidienne, cardiologie, osseuse, ... L'expérience tirée de l'ancienne gestion ([1], [2]) nous a appris qu'en général une raison et deux résultats suffisaient largement. On peut coder par exemple dans le domaine thyroidien :

– raison = suspicion d'hyperthyroidie;

– résultat 1 = goître nodulaire (information morphologique);

– résultat 2 = hyperfonctionnement thyroidien (information fonctionnelle).

Il est possible que pour les examens cardiologiques groupés (tomographie d'émission du myocarde + fraction d'éjection par exemple), les médecins désirent indiquer ultérieurement plus de trois résultats. L'adjonction d'un quatrième résultat (ou de toute autre information) ne présente aucune difficulté avec le logiciel d Base 2 qui permet de modifier aisément la structure de la base de données (le nombre de champs est limité à 32).

Pour ce qui concerne le programme, il faut noter que les diverses fonctions appelées par le menu ne couvrent pas la totalité des demandes envisageables, notamment la recherche de dossiers sous des sélections multiples et variées. Dans ce cas, il faut utiliser les commandes directes de d Base 2 dont l'emploi s'acquière aisément.

## CONCLUSION

Le micro-ordinateur s'avère un outil irremplaçable pour les laboratoires notamment lorsque les recopies d'informations prennent un temps considérable. Conjointement à ce versant bureautique, il ne faut pas oublier son intérêt dans une meilleure connaissance de l'activité du service.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] B. Legras, N. Chau, J. P. Martin et A. Bertrand Gestion médicale et administrative par ordinateur du Service de Médecine Nucléaire de Nancy, *J. Fr. Biophys. et Méd. Nucl.*, **5**, 1977, 227-232.

[2] B. Legras, N. Chau, J. Martin, J. P. Lambert, A. Bertrand, F. Georges, D. Vaillant et C. Hocquard, Bilan descriptif et évaluation sommaire de 4 ans d'activité d'un Service de Médecine Nucléaire, *J. Fr. Biophys. et Méd. Nucl.*, **4**, 1980, 187-191.

[3] B. Legras, J. Martin, J. P. Lambert, N. Chau et A. Bertrand, Évalaution de l'activité médicale du Service de Médecine Nucléaire du C.H.U. de Nancy de 1975 à 1982. Intérêt de la qualité d'une gestion médicale et administrative pour l'évaluation des examens pratiqués et leur facturation : un véritable « tableau de bord », *Ann. méd. Nancy et Est*, **22**, 1983, 737-740.

Gestion sur micro-ordinateur de tests thyroïdiens radio-immunologiques

LEGRAS B, DAVID C, KOHLER F

Trait-d'Union, 1986, 4, 28-32

# Gestion sur micro-ordinateur des tests thyroïdiens radio-immunologiques

**B. Legras*, C. David** et F. Kohler***

*** Service d'Informatique Médicale - C.H.U. Nancy - ** Service de Médecine Nucléaire - C.H.U. Nancy**

## RÉSUMÉ

La gestion des examens immunologiques thyroïdiens est réalisée au Service de Médecine Nucléaire de Nancy par un micro-ordinateur. Elle a permis un allègement important des tâches et une sécurité accrue. Le logiciel mis au point est transportable sur de nombreux ordinateurs et facilement adaptable à d'autres laboratoires.

**Mots-clés :** radio-immunologie, tests thyroïdiens, informatique, micro-ordinateur, gestion.

## INTRODUCTION

De nos jours, la radio-immunologie est une technique de laboratoire très utilisée dans une multitude d'applications. En pathologie thyroïdienne, elle joue un rôle fondamental dans le diagnostic des hyper ou hypothyroïdies.

Le dosage radio-immunologique est une méthode d'analyse basée sur la réaction antigène-anticorps et sur l'emploi d'un traceur radioactif. Les séries de dosages comprennent des standards pour l'établissement d'une courbe d'étalonnage, des échantillons en nombre élevé et des sérums de contrôle et se terminent par des mesures de radioactivité.

Des traitements automatiques des données permettent d'obtenir la courbe d'étalonnage et le calcul des concentrations (4). Dans la majorité des cas, le processeur est inclus dans le compteur de radioactivité et les programmes ne peuvent pas être modifiés.

A côté du versant « calcul scientifique », on rencontre, comme dans les autres laboratoires, des tâches administratives réalisées en général manuellement : écriture des demandes d'examens et des résultats sur le « cahier de paillasse », impression des réponses, recherche des résultats demandés... etc.

Compte-tenu de la mise sur le marché de micro-ordinateurs performants et peu onéreux ainsi que de progiciels de gestion de fichier, il est relativement aisé d'informatiser ces travaux de bureautique. Ces raisons nous ont conduits à développer un logiciel de gestion des tests immunologiques thyroïdiens qui fonctionne en routine depuis mars 1985.

## MATÉRIEL ET LOGICIEL

Le système utilisé au Service de Médecine Nucléaire du C.H.U. de Nancy consiste en un micro-ordinateur VICTOR muni de 2 lecteurs de disquettes (1,2 Mo) et d'une imprimante matricielle. Le prix total de la configuration est d'environ 30 000 F.

Les programmes sont écrits en Dbase 2. L'originalité de ce progiciel de gestion de fichier très utilisé, réside dans la possibilité de commandes directes et également d'écriture de véritables programmes à l'aide de fichiers de commandes. Il permet aussi une transportabilité aisée sur tous les ordinateurs fonctionnant sous les systèmes d'exploitation CP/M ou MSDOS.

Deux disquettes sont utilisées : la première stocke les programmes et le fichier des services, la seconde le fichier des examens et un fichier d'index sur les noms des patients.

## DESCRIPTION DES PROGRAMMES

Les programmes sont très conversationnels. A la mise en route, on obtient un menu général qui appelle à son tour des menus secondaires.

### A - Entrée des données

Les informations choisies sont indiquées en fig.1.

Celles-ci sont saisies à l'entrée et on indique pour chacun des 6 examens possibles, ceux qui sont demandés (valeur 1 au lieu de la valeur 0 fixée par défaut). Des validations automatiques interdisent les codes incorrects. Une recherche d'antériorité à partir du nom a lieu automatiquement et évite, si elle est positive, de saisir à nouveau certains paramètres. Chaque demandeur (service hospitalier ou laboratoire d'analyse extérieur ou médecin prescripteur du service) est codé par un numéro.

### B - Entrées des résultats

Habituellement on entre l'ensemble des résultats d'un examen donné (ex. : $T_3$ libre) pour tous les dossiers présentant une demande pour cet examen et compris à l'intérieur d'une fourchette de numéros choisis.

A signaler qu'au moment de la saisie apparaissent le nom et le numéro ainsi que les résultats des autres tests et que la confrontation des différentes données amène parfois à recontrôler la valeur.

Les nombres introduits sont comparés aux bornes des valeurs normales et le programme détermine automatiquement le résultat global ; le chiffre correspondant (3 = normal, 4 = augmenté, 5 = diminué...)

| INFORMATION | NOMBRE DE CARACTERES | COMMENTAIRES |
|---|---|---|
| Date de réception | 6 | Saisie 1 fois par jour |
| Nom et prénom | 30 | |
| Date de naissance | 6 | |
| Sexe | 1 | m ou f |
| Service | 2 | Code numérique |
| Secteur (ou salle) | 10 | Texte libre |
| Dossier achevé ou non | 1 | Déterminé automatiquement |
| Tests immunologiques | 6 × 1 | Pour les 6 tests |
| Thyroglobuline* | | 0 = non demandé |
| Anticorps antithyroglobuline* | | 1 = demandé |
| $T_3$ libre** | | 2 = à contrôler |
| $T_4$ libre** | | Pour |
| TSH** | | * 6 = négatif, 7 = positif |
| TRH*** | | ** 3 = normal, 4 = ↗, 5 = ↘ |
| | | *** 8 = terminé (3, 4, 5 et 8 sont déterminés automatiquement) |
| Modalité du test au TRH | 1 | 0 à 9 |
| Valeurs numériques | | Valeurs multipliées par 10 |
| Thyroglobuline | 4 | |
| Anticorps antithyroglobuline | 4 | |
| • $T_3$ libre | 3 | |
| • $T_4$ libre | 4 | |
| • TSH | 4 | |
| TRH à $t_0$ | | |
| $t_1$ | | |
| $t_2$ | | Le code des modalités définit les temps correspondant à $t_1$, $t_2$, $t_3$ ... $t_5$ |
| $t_3$ | 6 × 4 | |
| $t_4$ | | |
| $t_5$ | | |
| | TOTAL 107 | |

Figure 1
Structure d'un enregistrement (valeurs normales indiquées pour les paramètres avec •)

remplace la valeur 1 saisie à l'entrée. Une modalité spéciale permet de repérer les tests à contrôler (valeur 2 stockée).

A côté de cette procédure, on peut saisir (ou corriger) l'ensemble des informations d'un enregistrement indiqué par son numéro.

Lorsque les résultats de tous les tests demandés sont obtenus, le dossier rentre dans la catégorie des enregistrements complets.

**C - Edition du courrier**

On peut éditer le compte-rendu en clair d'un ou de plusieurs dossiers (fig. 2).

L'intitulé du service correspondant au code numérique est lu dans un fichier spécial.

Les résultats des tests sont indiqués avec leur interprétation et les valeurs normales.

C.H.U. NANCY-BRABOIS

SERVICE DE MEDECINE NUCLEAIRE (PR. A. BERTRAND)

TESTS THYROIDIENS IN VITRO
Poste 3902

Date de l'examen 04/03/86 No de dossier 4603

Nom et prénom LU JONATHAN

Date de naissance 25/02/86

Sexe M

Origine SERVICE DE MEDECINE INFANTILE 3

rea

| | VALEURS | NORMALES (adultes) | RESULTATS |
|---|---|---|---|
| T3 LIBRE | EN COURS | 4 à 9.9 pmol/l | |
| T4 LIBRE | 10.8 | 11 à 26.2 pmol/l | DIMINUE |
| TSH ULTRASENSIBLE | NON DEMANDEE | ( 0.3 à 3.5 mUI/l | |

Signature du biologiste responsable Le : 05/03/86

Figure 2
Compte-rendu d'un enregistrement. Un autre modèle est utilisé pour les résultats des tests au TRH.

**D - Listes récapitulatives**

De nombreuses possibilités sont proposées par le menu :

- liste sans sélection
- liste des dossiers inachevés
- liste par examen des dossiers achevés
- liste par examen des dossiers inachevés
- liste alphabétique
- liste alphabétique par service.

Cette fonction d'édition est très utile, car elle évite les transcriptions manuelles habituelles.

La liste sans sélection correspond à la liste chronologique des examens et remplace le cahier du jour.

La liste alphabétique permet de retrouver très rapidement tout résultat concernant un examen antérieur, quelle que soit la date d'arrivée au laboratoire (fig. 3).

```
                    LISTE RECAPITULATIVE : DOSSIERS 4644  A  4662
FT3 4,0-9,9 FT4 11,0-26,2 TSH 0,3-3,5
                     LISTE ALPHABETIQUE
                     DATE D'EDITION : 06/03/86
-------------------------------------------------------------------------------
  4661 050386 ADA  EUGENIE                  020298 F 03 0**DDD*
  4644 040386 ALL    MANUELLA               270156 F 07 1**NNN*  75  183    9
  4657 050386 BOU  BERNADETTE                     F 98 0**DDD*
  4656 040386 BUR   NADINE                        F 05 0*****D
  4662 050386 COM     HENRI                300412 M 11 0**DDD*
  4645 040386 DAM   LUCETTE                 070633 F 07 1**NNN*  60  172   15
  4653 040386 FOE     LILIANE               270631 F 05 0*****D
  4658 050386 HER      MURIELLE                   F 98 0**DDD*
  4647 040386 IAN  CHANTAL                  181150 F 03 1**NNN*  89  223   14
  4646 040386 MAH  GUY                      230850 M 03 1**NNN*  78  155   21
  4660 050386 MOI    JOSETTE                      F 95 0**DDD*
  4659 050386 MOR   JEANNETTE                     F 95 0**DDD*
  4655 040386 MOR   J.MARC                  160460 M 05 0*****D
  4650 040386 NIE    MICKAEL                061178 M 31 0**NN*D  89  169
                    TRH (mod: 4)       : 1     1
  4649 040386 NIE   LUCINDA                 051180 F 31 0**NN*D  61  153
                    TRH (mod: 4)       : 27    181   152
  4651 040386 NOE  MARTINE                        F 05 1**NN*5  73  173
                    TRH (mod: 1)       : 27    181   152
  4652 040386 ORD    . ANDRE                      M 05 1**NN*5  46  243
                    TRH (mod: 7)       : 1     1
  4648 040386 SIB    . CORINNE              040166 F 31 1**N)*5  71  359
                    TRH (mod: 4)       : 7     22    34    37    29
  4654 040386 VER     BERNADETTE            150239 F 05 0*****D
```

Figure 3

1re ligne : n° dossier, date examen, nom, prénom, date naissance, sexe, origine, fini (1, sinon 0), résultats des différents tests (* = non demandé, N = normal, > = augmenté, < = diminué, D = demandé mais non terminé, F = fait) dans l'ordre (thyro., anticorps, $T_3$, $T_4$, TSH, TRH), puis valeurs numériques (×10) de $T_3$, $T_4$, TSH, TRH.
2e ligne (optionnelle) : résultats du test au TRH (modalité et valeurs × 10).

**E - Statistiques**

Celles-ci dénombrent pour chacun des 6 examens les différents types de réponse et leur total.

**F - Recherche des dossiers**

On peut consulter la liste alphabétique ou interroger directement le fichier. La recherche par le nom est très rapide grâce à l'emploi d'un fichier d'index mis à jour au moment de la saisie. A noter qu'une réindexation globale est nécessaire en cas de modification de l'orthographe des noms. Elle figure dans le menu général.

**G - Autres possibilités**

Les commandes directes de Dbase 2, notamment de recherche multicritères, peuvent être employées indépendamment des programmes et s'acquièrent aisément. A titre d'exemple, une instruction simple permet de lister tous les enregistrements pour lesquels les 3 tests de base ($T_3$ libre, $T_4$ libre et TSH) ont des valeurs supérieures aux seuils choisis.

## RÉSULTATS

Le Service de Médecine Nucléaire du C.H.U. de Nancy réalise environ 3 000 tests thyroïdiens par mois sous la direction d'un interne en pharmacie. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un compteur KONTRON. Cela correspond à environ 900 enregistrements par mois. Une disquette du VICTOR permet de stocker 6 mois d'examen.

Le logiciel fonctionne en routine depuis début mars 1985. Moins d'un mois a suffi pour l'écriture du logiciel et son utilisation en routine. Par contre, pour satisfaire pleinement tous les utilisateurs, il a fallu apporter diverses modifications et améliorations pendant une seconde phase interactive d'ajustement qui a duré plusieurs mois.

Actuellement, après 8 mois de fonctionnement, il s'avère que le système est parfaitement accepté par les techniciens qui, à tour de rôle, s'occupent des examens radio-immunologiques. La facilité d'emploi du programme et le gain de temps très important dans l'activité journalière expliquent cette adhésion.

De leur côté, les nombreux médecins (jusqu'à 5) qui sont responsables des explorations thyroïdiennes chez les malades (et combinent, selon les cas, scintigraphies, échographies, courbes de fixation, traitements, tests in-vitro) ont également amélioré leur efficacité ; grâce à leur individualisation par un numéro de code, il est aisé de remettre à chacun d'eux les résultats des examens in-vitro de leurs patients. Au lieu de compulser un gros cahier, il leur suffit de consulter la liste triée ou d'interroger l'ordinateur afin d'obtenir rapidement les résultats antérieurs de leurs malades (ceci facilite le suivi des traitements par exemple). Cette fonction de recherche est d'ailleurs très utilisée par les médecins ainsi que par tous ceux qui doivent répondre aux nombreuses demandes téléphoniques. En pratique, il suffit de taper le nom et de se déplacer dans le fichier indexé jusqu'au moment, où l'on obtient le dossier recherché (caractérisé par le prénom, la date de naissance, et la date d'examen corrects).

En contrepartie, les contraintes sont modérées. La saisie des informations doit être très soigneuse et l'orthographe des noms et prénoms très rigoureuse. Toutefois, la vérification par le biologiste est indispensable avant de signer les résultats. Il faut, d'une part, contrôler la cohérence des résultats. Cette étape peut être déjà réalisée par la lecture de l'écran lors de l'entrée des derniers résultats (en pratique, cela a lieu souvent quand on introduit les valeurs des TSH et que l'on voit simultanément celles de $T_3$ et $T_4$ rentrées précédemment). D'autre part, il faut confronter chaque demande d'examen avec le compte-rendu de l'ordinateur ; ceci permet de corriger les erreurs possibles (orthographe des noms et prénoms, demande d'examen, origine...) qui peuvent avoir lieu lors de la saisie des dossiers.

Enfin, pour éviter des destructions malencontreuses, chaque soir, le fichier est recopié sur une autre disquette et par souci de sécurité, il existe 2 disquettes de sauvegarde (une par 2 jours de la semaine). En cas de détérioration simultanée de la disquette courante et de la dernière disquette de sauvegarde, on repart de la disquette restante en réintroduisant les enregistrements d'une ou deux journées.

## DISCUSSION - CONCLUSION

Il ne fait pas de doute que la gestion des résultats est grandement améliorée par l'informatique, lorsque le logiciel est facile d'emploi et convivial, présentant les options sous la forme de menus documentés.

En effet, l'emploi de l'ordinateur réduit considérablement la tâche des techniciens et du biologiste. Il suffit de saisir l'information au début : renseignements administratifs et tests demandés puis, par la suite, les seuls résultats des examens en faisant défiler les dossiers correspondants. L'ordinateur fournit automatiquement toutes les listes précédemment recopiées manuellement ainsi que les statistiques d'activité. Il soulage aussi le secrétariat en évitant les comptes-rendus (ou remplace des documents manuscrits mal présentés). Le gain de temps obtenu est évalué à près de 2 heures par jour.

Cette gestion est réalisable à l'aide de petites configurations peu onéreuses (coût minimal inférieur à 20 000 F). Le système est limité par la capacité de la mémoire de masse. Sur une disquette 5 pouces 1/4 d'un Apple IIe, on peut stocker environ 120 000 caractères soit approximativement 800 enregistrements, sur le VICTOR 10 fois plus. Au-delà, on peut être amené à acheter un disque dur. Par ailleurs, les programmes sont aisément transportables sur tout ordinateur supportant Dbase 2, c'est-à-dire tous ceux, fort nombreux, qui acceptent les systèmes d'exploitation standard CP/M ou MSDOS. Pour l'Apple IIe, il convient de rajouter une carte Z80 et une carte 80 colonnes (coût d'environ 3 000 F).

L'emploi par d'autres laboratoires des programmes décrits nécessite quelques transformations minimales : modification de l'intitulé du laboratoire (2 instructions dans un programme) et entrée des noms des services de l'hôpital (ou des médecins demandeurs) dans le fichier correspondant (maximum = 99). D'autres modifications sont nécessaires si l'on change les bornes des valeurs normales (fig. 4).

| | |
|---|---|
| $T_3$ libre | 4 à 9,9 pmol/l. |
| $T_4$ libre | 11 à 26,2 pmol/l. |
| TSH | 0,3 à 3,5 mUI/l. |
| Thyroglobuline | < 60 ng/ml. |
| Anticorps antithyroglobuline | < 1,5 µg/ml. |

Figure 4
Limites des valeurs normales (chez l'adulte) des tests thyroïdiens utilisés

Contrairement à plusieurs réalisations françaises récentes ou en cours (1, 2, 3, 5), on peut reprocher au système de ne pas être intégré et de se limiter à la gestion des fiches patients. L'entrée en ordinateur des résultats des comptages pourrait être réalisée soit directement, soit à partir d'une disquette provenant de l'appareil de mesure.

## BIBLIOGRAPHIE


1. Asklenazy S. Gallant F. Gestion informatisée en radio-immunologie. Actualités en micro-informatique - Instrumentation médicale. Colloque Besançon, 1985.
2. Devaux J.-Y., Pick Y., Ingrand J. Organisation informatique de l'activité d'un service de radio-immunologie. Colloque Besançon, 1985.
3. Dupin J.-P., Frachon M., Barbier Y. Logiciel de gestion d'un laboratoire de radio-immunologie. Actualités en micro-informatique - Instrumentation médicale. Colloque Besançon, 1985.
4. Gilly J. Data retrieval and analysis for radioimmunoassays. Computer Programs in Biomedicine, 1984. 75-79.
5. Legentil P., Tainturier C., Akerman M. Apport de la micro-informatique à la gestion d'un laboratoire d'analyses radio-immunologiques. Actualités en micro-informatique - Instrumentation médicale. Colloque Besançon, 1985.

Mise au point d'une solution simple et économique de gestion, d'archivage et de traitement d'images en Médecine Nucléaire sur micro-ordinateur

ESCANYE J-M, LEGRAS B, ROUSSEL K

Revue Française de Médecine Nucléaire, 2001, 25, 417-422

No 222

# Mise au point d'une solution simple et économique de gestion, d'archivage et de traitement d'images en Médecine Nucléaire sur micro-ordinateur

J.M. Escanye*, B. Legras**, K. Roussel**

* Service de Médecine Nucléaire - Hôpital Central
** Service d'Epidémiologie et d'Evaluation Cliniques - Hôpital Marin - CHU de Nancy

Reçu le 18 mai 2001 ; Accepté le 27 juin 2001

**Résumé**

***Les auteurs présentent une application informatisée opérationnelle de gestion d'images en médecine nucléaire ; basée sur l'emploi de micro-ordinateur PC, elle permet : 1. d'archiver les images (renommées à partir de l'identifiant et de la date), 2. de réaliser des traitements d'image (utilisation du logiciel EzDicom adapté), 3. d'associer les images au dossier informatisé (utilisation du logiciel SESIM). Les contraintes sont quasiment nulles et les avantages sont importants pour les médecins, notamment la création de bases personnelles d'images sélectionnées. Le coût du matériel est faible (PC équipé d'un disque dur IDE de 45 Go).***

*Base de données d'images / Gestion / Archivage / Traitement d'images / Micro-ordinateur*

## INTRODUCTION

En Médecine Nucléaire, comme pour beaucoup de plateaux techniques qui manipulent des images, il est tentant de disposer d'un dossier informatisé complet qui fournisse les images en même temps que les autres éléments de base du dossier, tel que le compte-rendu. Le logiciel SESIM utilisé dans le service depuis 2000 pour gérer les dossiers permet d'associer des images aux enregistrements.

Ceci nous a conduit à développer une solution globale qui permet d'archiver les images mais aussi de les traiter et de constituer des dossiers complets avec texte libre, texte structuré (questionnaire) et images.

Cette réalisation fonctionne en routine sur PC dans le service de Médecine Nucléaire depuis mars 2001. L'article décrit cette possibilité caractérisée par un coût modeste et des contraintes minimes.

*Correspondance et tirés à part : Jean-Marie Escanye*
*Service de Médecine Nucléaire - Hôpital Central - 29, avenue du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny - C.O. n° 34 - 54035 Nancy Cedex (France).*
*Tél. : 03 83 85 85 85 - Fax : 03 83 85 23 01 - E-mail : jm.escanye@chu-nancy.fr*

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Le logiciel SESIM

⇨ Le logiciel de gestion des dossiers utilisé (SESIM, acronyme de "Saisie et Exploitation Statistique de Données Médicales") a été mis au point par B. LEGRAS et constamment amélioré depuis sa première version en janvier 2000. Développé à l'aide de Delphi sous Windows (en utilisant des bases de données de type Paradox), SESIM est un outil très adaptable utilisé dans le CHU de Nancy sur plus de 10 sites, services et plateaux techniques (mais également en dehors du domaine médical pour des bases d'images et des enquêtes).

SESIM ne peut pas être décrit ici en détail. Une de ses particularités essentielles est la possibilité pour le médecin utilisateur de créer et d'adapter aisément des questionnaires définis par des variables codées (de type liste, numérique, calculée, date ou heure) ou textuelles (commentaires courts). Les questionnaires sont limités à 100 variables.

Chaque enregistrement peut associer jusqu'à 100 questionnaires (différents ou identiques) mais aussi 100 textes libres (au format RTF) et 100 images.

Les questionnaires et les textes libres peuvent comporter des liens ouvrant vers d'autres médias (textes, images, adresses Web).

SESIM est également très orienté vers les exploitations statistiques (dénombrements, tests statistiques nombreux, graphiques) associées ou non à des sélections multi-critères très performantes et notamment sur les éléments des questionnaires. Les exportations sont nombreuses et aisées.

SESIM fonctionne en routine depuis janvier 2000 pour la gestion de tous les examens (in vivo et in vitro) pratiqués en Médecine Nucléaire au CHU de Nancy, sur deux sites distincts. SESIM est le successeur du logiciel LABO-PC (qui fonctionnait sous DOS) utilisé précédemment depuis 1996 dans le service *[1]*.

### Les images et le logiciel EzDicom

Les images de Médecine Nucléaire sont produites sur des stations de travail (station RISC 6000 "Vision", Sopha Medical Vision International (SMVI)) qui sont connectées aux gamma-caméras, par le biais du réseau Ethernet du Service, lui-même relié au réseau hospitalier du CHU. Ces liens, et le fait que ces stations soient compatibles DICOM, nous permettent de compléter nos dossiers d'images par des images provenant d'autres modalités, en particulier de l'IRM. Nous utilisons la fonction d'exportation des images en un format DICOM prévue sur les stations Vision. Elle nécessite seulement la présence d'un serveur FTP sur le micro-ordinateur PC qui recevra les images, et le choix d'un répertoire (paramétrable) pour le transfert des fichiers. Comme nous développons l'ensemble de l'application SESIM avec Delphi, nous avons choisi d'installer une application basée sur un composant serveur FTP Delphi diffusé librement avec son programme source sur Internet *[2]*, et qui s'est avérée totalement satisfaisante. Celle-ci est chargée au démarrage de Windows et fonctionne en tâche de fond en permanence ; le transfert des images est transparent au niveau du PC.

Les images provenant de la station de travail, au format DICOM, sont constituées de fichiers (nommés xxx.DCM, où xxx est un numéro dans la base de données de la station) ; ils sont transférés vers le PC dans un premier répertoire. Il est alors nécessaire, pour établir le lien avec le programme SESIM de retrouver une information exploitable commune (nom du patient, date). Pour cela, l'interprétation de l'en-tête du fichier DICOM est nécessaire. Plutôt que d'écrire un interpréteur Dicom ab nihilo, là encore, nous avons pu trouver une application diffusée librement avec son programme source Delphi : EzDicom, qui est un programme de visualisation d'images médicales écrit d'abord par W. Krug puis repris par C. Rorden *[3]*.

EzDicom permettait des manipulations comme l'utilisation des tables de couleurs pour l'affichage des images mais ne disposait pas réellement de fonctions de traitement des images. Nous avons donc décidé de le transformer pour y ajouter en outre toutes les fonctions qui nous ont semblé nécessaires. L'avantage principal de cette méthode est que nous restons maître des fonctions que nous implémentons, contrairement à ce que permettrait l'utilisation d'autres programmes gratuits de visualisation

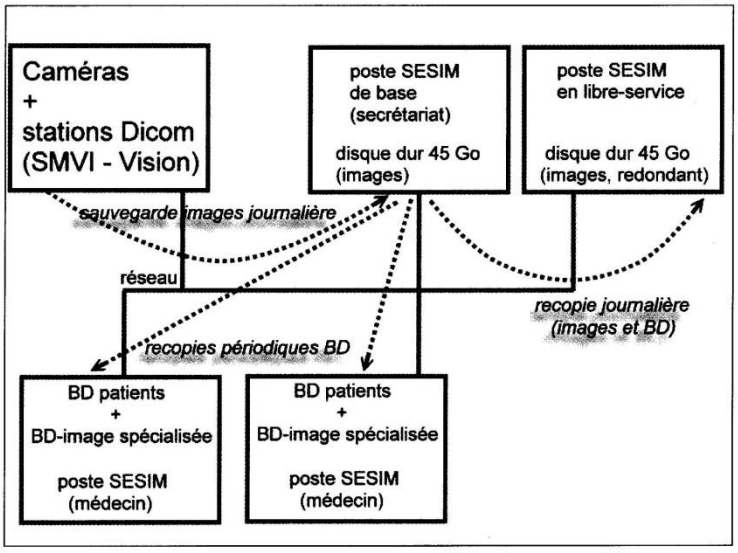



*Schéma 1. Représentation des transferts d'informations (images et données) dans le service.*

Dicom pour PC, comme eFilm Workstation *[4]* ou Osiris *[5]*.

Pour commencer, nous avons donc ajouté une fonction qui renomme en série tous les fichiers images reçus à partir des informations lues dans l'entête. Le nouveau nom du fichier est défini par : le nom, un tiret, le prénom, la date, un numéro d'image auto-incrémenté, le suffixe (.DCM) ; les images sont recopiées dans un second répertoire (paramétrable également) et effacées dans le premier. De plus, pour chaque fichier image, nous créons un fichier texte (même nom mais avec le suffixe .TXT) qui comprend quelques données jugées utiles (type d'examen, date et heure de l'examen) pour être affichées avec les images.

La deuxième étape est réalisée sous SESIM. Elle consiste à rechercher par le programme dans la base des patients (sur les dossiers récents) ceux qui ont le même nom, le même prénom (et la même date s'il y a plusieurs dossiers avec le même identifiant) que les fichiers d'images. La recherche se fait sur un certain nombre de dossiers à partir du dernier (500 par défaut - valeur modifiable par l'utilisateur), et ne nécessite pas d'intervention de l'utilisateur. SESIM n'intègre pas l'image, il crée un lien.

Quand une correspondance existe entre dossier et image, un enregistrement est construit dans la base des images : le nom du fichier image est recopié ainsi que le texte du fichier texte associé. Ce dernier devenu inutile est détruit, l'image est alors archivée (recopiée) dans un troisième répertoire (défini lui aussi par un chemin paramétrable) et détruite dans le répertoire intermédiaire (dans celui-ci demeurent les images qui n'ont pas de correspondance avec les dossiers de la base). Par la suite, quand on appelle un dossier, on peut consulter les images liées (maximum = 100 par dossier) avec le texte associé. L'image apparaît sous forme d'une icône mais en cliquant dessus, on appelle le programme EzDicom qui les visualise. L'image peut être affichée à coté du questionnaire pour en faciliter le remplissage avec un résultat ***(figure 1)***, ou à coté du texte libre ***(figure 2)***, lors de la complétion du dossier.

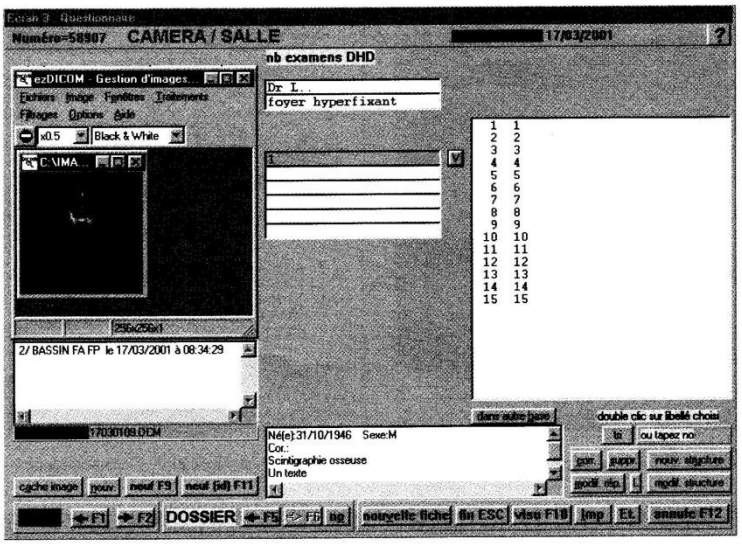



*Figure 1. Remplissage du questionnaire du dossier à l'aide du logiciel SESIM.*

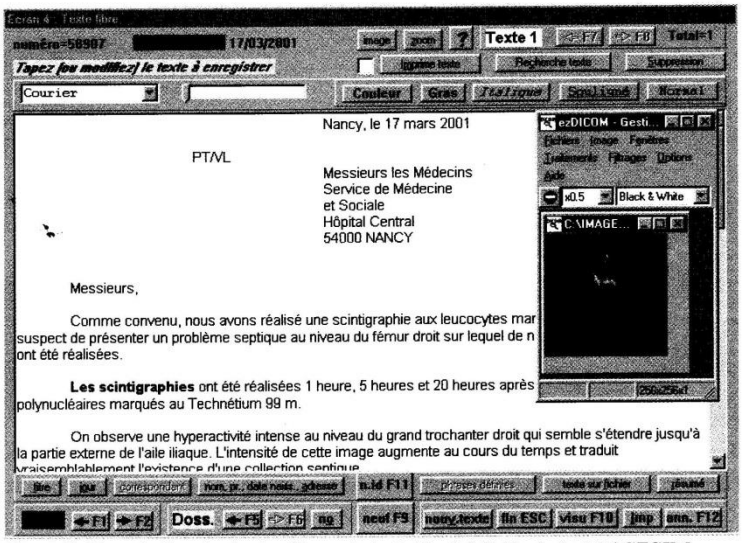



*Figure 2. Consultation du dossier (écran de texte libre) à l'aide du logiciel SESIM.*

## LES TRAITEMENTS DE BASE DES IMAGES

⇨ Ce sont des fonctionnalités qui ont été ajoutées par J.M. Escanyé dans le logiciel EzDicom. Nous les décrivons brièvement ici :

1. Amélioration des images, par filtrage convolutif, pour exploitation en lissages ou contours,

2. Exploitation des images, avec possibilité de création de régions d'intérêt (ROIs) rectangulaires, elliptiques ou polygonales, avec des mesures de rapports d'activités entre 2 ROIs de même type ***(figure 3)***, et des courbes d'évolution de la radioactivité dans une ROI pour une série d'images séquentielles ou multiples ***(figure 4)***,

3. Autres fonctions, qui sont, outre l'impression locale des images, l'exportation de fichiers de résultats (vers

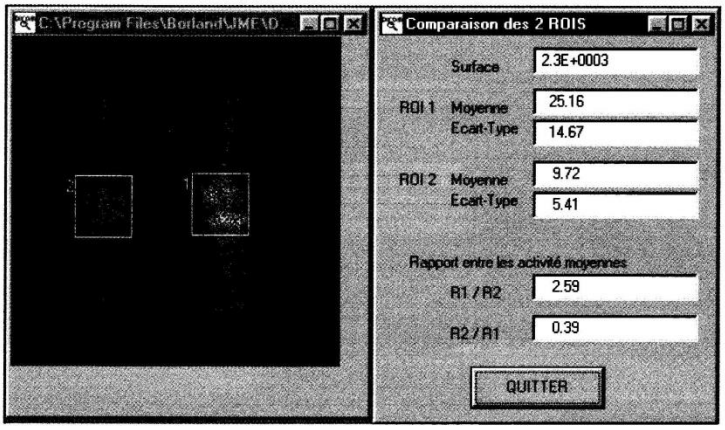



*Figure 3. Comparaison d'activité dans deux ROIs à l'aide du logiciel EzDicom adapté.*

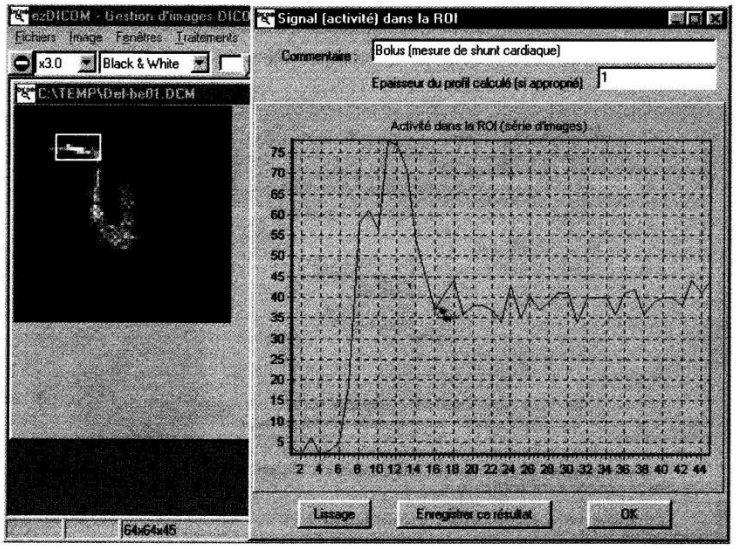



*Figure 4. Sortie de courbe sur une série dynamique à l'aide du logiciel EzDicom adapté.*

un tableur par exemple) et l'importation d'images provenant de disquettes au format SMVI Sopha NXT et leur réécriture au format Dicom (dans le but d'assurer la continuité des dossiers d'images dans le service, ces systèmes ayant précédé les systèmes Vision).

## RÉSULTATS

⇨ Les opérations à réaliser sont très simples et peu contraignantes. Les techniciens qui réalisent les examens transfèrent les images de la journée vers le PC du secrétariat qui renferme SESIM, depuis la station de travail. Cette opération est effectuée simultanément au stockage de certains examens sur disque optique, et à la purge du disque dur de la station afin de libérer de la place sur celui-ci. Ce sont eux qui s'assurent de la continuité des sauvegardes.

La secrétaire appelle EzDicom pour renommer les fichiers image (le serveur FTP est lancé au démarrage sur le PC). Cette opération automatique ne représente qu'un clic de souris sur un bouton, elle est donc très facile à lancer, et s'exécute en quelques minutes sur un micro-ordinateur récent pour une journée d'examen (quelques centaines d'images dans notre service). Ensuite, à l'aide de SESIM, la secrétaire lance la recherche automatique des correspondances entre les fichiers renommés et les dossiers récents de la base. Pour simplifier encore cette procédure, nous avons adapté les deux programmes pour qu'ils s'enchaînent automatiquement dans une tâche planifiée de Windows, tous les jours, à une heure donnée.

Le PC doit posséder des mémoires externes suffisantes pour stocker le grand volume dû aux images. Pour archiver les images, nous avons équipé cet ordinateur d'un second disque dur de 45 Go extractible (environ 2 500 F). Le stockage des images d'une année correspondant à environ 40 Go ; cela permet de pouvoir disposer en ligne de toutes les images d'une année.

Chaque année, nous utiliserons un nouveau disque dur pour archiver les images, ce qui, à notre connaissance, est la technique la plus économique possible pour une telle fonction.

Par ailleurs, il était nécessaire de pouvoir consulter (et éventuellement manipuler) les images, en libre-service pour les médecins, sur un autre lieu que le secrétariat. Cela nous a conduit à acquérir un deuxième PC équipé de manière identique et sur lequel est recopié chaque soir l'ensemble de la base avec les images. Il sert donc aussi de sauvegarde de la base du secrétariat, ce qui allie dans cette réalisation faible coût et sécurité.

Les médecins peuvent aussi consulter les images à partir de leurs PC installés en réseau. Quand une image les intéresse pour la recherche ou l'enseignement, ils peuvent en cliquant sur un bouton recopier le dossier avec ses images sur leur base personnelle, sous-ensemble de la base générale. Ils peuvent ensuite enrichir cette base par leurs propres questionnaires adaptés aux images sélectionnées et à leurs domaines d'intérêt.

À la date du 20 juin 2001, la base du service contenait environ 61 000 dossiers (début en 1991), 35 000 comptes-

rendus (début en 1996), 26000 questionnaires (début en 1997) et 8000 images créées en un mois (début courant mars 2001). Un seul questionnaire est rempli systématiquement qui concerne essentiellement l'appareillage utilisé pour l'examen et la salle occupée afin de gérer des statistiques d'utilisation des caméras.

## DISCUSSION

⇨ Les temps de saisie sont rapides ; par exemple, les questionnaires (optionnels) peuvent être complexes, mais pour l'essentiel, des listes de réponses codées par numéro sont construites (a priori ou bien progressivement en cours d'utilisation) qui optimisent l'opération. Toutes les fonctions spécifiques concernant l'incorporation des images et des comptes-rendus sont effectuées automatiquement.

Des extensions réseau ont été ajoutées par J.M. Escanyé. Elles permettent des transferts d'informations :

1. avec le système informatique hospitalier (incorporation journalière dans la base de données de SESIM des informations concernant les patients hospitalisés, émission journalière des factures les concernant),

2. avec les systèmes de traitement de texte pour l'incorporation des comptes-rendus réalisés sous Word, à l'aide d'une macro de transfert réseau et de réécriture en format RTF permettant des enrichissements (noter que le compte-rendu peut être rédigé rapidement dans SESIM en texte simple),

3. enfin, avec les médecins concernés (envoi par courriel de résultats, protégés par un cryptage à clé publique, pour le moment uniquement à l'intérieur du CHU).

Nous développons actuellement des améliorations qui vont permettre l'incorporation des images dans un document unifié pouvant être rendu disponible sur un serveur Web, et comprenant aussi des écrans résultats de traitements effectués sur Vision.

Le logiciel SESIM n'a pas la prétention de couvrir actuellement toutes les fonctionnalités utiles en Médecine Nucléaire, comme par exemple la gestion en temps réel des produits radioactifs fournie par le logiciel Nuclea (société Medimage – Créteil). Pour le moment, SESIM n'est pas commercialisé ; les personnes intéressées par SESIM ou l'ensemble de la solution (SESIM + eZdicom adapté) peuvent contacter les auteurs.

## CONCLUSION

⇨ Le système mis au point apporte beaucoup d'avantages. Le service de Médecine Nucléaire archive désormais les images réalisées (ce qui n'était pas fait) en les associant aux dossiers des patients. Ainsi, on peut retrouver rapidement les images d'un patient et les imprimer, notamment quand les documents sur papier sont absents ou égarés.

De plus, les médecins peuvent construire aisément leur propre base d'images utiles pour l'enseignement ou la recherche. Le coût de l'ensemble est faible. Les opérations nécessaires sont simples et rapides. Elles ne font pas intervenir les médecins et n'entraînent aucune contrainte pour eux.

Ce système, comportant les deux logiciels SESIM et EzDicom, peut être utilisé dans d'autres domaines de l'imagerie médicale, par exemple dans un service de radiologie déjà équipé matériellement, pour y constituer ces bases personnelles documentées d'images.


## Summary

### *Simple making of the management, storage and processing of an image database in nuclear medicine on a microcomputer*

***A running image database management system for nuclear medicine is presented here. It allows (1) image storage following copying and renaming according to patient and date information from the nuclear medicine imaging system, (2) basic image processing, with a special version of EzDicom, and (3) linking images to the patient's record (with SESIM software), all that on a PC microcomputer. Constraints are very reduced to enable this system, and advantages are important for physicians, especially concerning creating their own private databases. Using 45 Gbyte IDE hard drives reduces hardware cost.***


***Image Database / Storage / Image processing / Microcomputer***

**REMERCIEMENTS**

Aux Pr. Bertrand et Karcher qui ont favorisé le développement du prototype de cette application dans leur service.

**RÉFÉRENCES**

1. *Legras B., Escanyé J.M. Un logiciel adapté au PMSI pour la saisie des actes des plateaux techniques. Utilisation en Médecine Nucléaire. Gestions Hospitalières, 1997 ; 362 : 61-64.*
2. *Drozdov D. Composant Delphi serveur FTP : TFTP. Disponible dans Torry's delphi developer library pages (www.torry.ru).*
3. *Krug W., Rorden C. EzDicom, open source medical image viewer. Disponible sur www.psychology.nottingham.ac.uk.staff/cr1/dicom.html.*
4. *eFilm Medical Inc. eFilm workstation for viewing and manipulating medical images. Disponible sur www.efilm.ca.*
5. *Ligier Y. Osiris imaging software Disponible sur www.expasy.ch/UIN.*

Gestion de dossiers médicaux avec consultations sous intranet

LEGRAS B, ROUSSEL K, ESCANYE J-M, LE GROM DE MARET S

Gestions Hospitalières, 2002, 417, 187-189

No 224

Mots clés
Dossier médical
Archivage
Informatisation
Logiciel
Intranet
NTIC
Médecine nucléaire

**Bernard LEGRAS**
**Kévin ROUSSEL**
*Service d'épidémiologie*
**Jean-Marie ESCANYÉ**
**Stéphanie LE GROM DE MARET**
*Service de médecine nucléaire*
*CHU de Nancy*

# Gestion de dossiers médicaux avec consultation sous intranet

## Utilisation en médecine nucléaire

Les auteurs présentent une application de gestion de dossiers médicaux, reposant sur le logiciel Sesim avec la possibilité de consultation de ceux-ci sous intranet à l'aide d'un serveur indépendant et spécifique. Cette fonctionnalité est utilisée dans un service de médecine nucléaire pour consulter les images réalisées dans ce service puis archivées et associées aux dossiers sous Sesim.

Les dossiers médicaux informatisés doivent pouvoir être consultés à distance. De plus en plus fréquemment, les hôpitaux constituent des réseaux locaux de type intranet et ceux-ci peuvent être utilisés pour cet objectif. Nous présentons une réalisation appliquée en routine dans un service de médecine nucléaire. Elle s'appuie sur des logiciels originaux développés par les auteurs. Depuis 2000, le logiciel de dossiers médicaux Sesim est utilisé en routine dans le CHU de Nancy sur plus de quinze sites, services, plateaux techniques et laboratoires. Il est employé notamment dans le service de médecine nucléaire du CHU où il est associé à des images de scintigraphies avec l'aide d'un logiciel de traitement d'images (Ezdicom adapté). Pour ouvrir les dossiers de Sesim à de nombreux utilisateurs à distance, nous avons développé un serveur indépendant qui permet la consultation à l'aide d'un simple navigateur sous intranet. Rappelons que l'intranet est la mise en place des applications nées du réseau internet et du protocole TCP/IP dans le contexte des réseaux privés. Cela passe notamment par des formats standardisés (HTML et HTTP) et la mise en place d'un serveur.

## Le logiciel utilisé : Sesim

Le logiciel de gestion des dossiers utilisé est Sesim, acronyme de « Saisie et exploitation statistique de données médicales », mis au point par B. et J. Legras et constamment amélioré depuis sa première version en janvier 2000 (version 8 actuellement). Développé à l'aide de Delphi sous Windows (en utilisant des bases de données de type Paradox), Sesim est un outil extrêmement adaptable utilisé dans le CHU de Nancy sur plus de dix sites, services et plateaux techniques (mais également en dehors du domaine médical pour des bases d'images et des enquêtes).

Sesim ne peut pas être décrit ici en détail. Une de ses particularités essentielles est la possibilité pour le médecin utilisateur de créer et d'adapter aisément des questionnaires définis par des variables codées (de type liste, numérique, calculée, date ou heure) ou textuelles (commentaires courts). Les questionnaires sont limités à 100 variables. Chaque enregistrement peut associer jusqu'à 100 questionnaires (différents ou identiques) mais aussi 100 textes libres (au format RTF) et 100 images. Les questionnaires et les textes libres peuvent comporter des liens ouvrant vers d'autres médias (textes, images, adresses web). Sesim est également très orienté vers les exploitations statistiques (dénombrements, tests statistiques nombreux, graphiques) associées ou non à des sélections multicritères très performantes, notamment sur les éléments des questionnaires.

Sesim fonctionne en routine depuis début 2000 pour la gestion de tous les examens (*in vivo* et *in vitro*) pratiqués en médecine nucléaire au CHU de Nancy, sur deux sites distincts. SESIM est le successeur du logiciel Labo-PC (qui fonctionnait sous DOS) utilisé précédemment depuis 1996 dans le service[1] et dont tous les dossiers ont été remis au format Sesim.

Pour pouvoir archiver, traiter les images et les associer à Sesim, Jean-Marie Escanyé a adapté le logiciel EzDicom[2], programme de visualisation d'images médicales gratuit dont les sources écrites en Delphi sont diffusées librement[3].

La figure 1 présente une partie d'un dossier sous Sesim avec le début du texte libre (compte-rendu d'examen) ainsi que l'image Dicom associée et visualisée à l'aide de Ezdicom.

### notes

(1) *« Un logiciel adapté au PMSI pour la saisie des actes des plateaux techniques: utilisation en médecine nucléaire », B. Legras, J.-M. Escanyé,* Gestions hospitalières, *1997, n° 362, pp. 61-64.*

(2) *« Mise au point d'une solution simple et économique de gestion, d'archivage et de traitement d'images en médecine nucléaire sur micro-ordinateur », J-M. Escanyé, B. Legras, K. Roussel,* Revue française de médecine nucléaire, *2001, n° 25, pp. 417-422.*

(3) *« EzDicom, open source medical image viewer », W. Krug, C. Rorden. Disponible sur www.psychology.nottingham.ac.uk.staff/cr1/dicom.html*

figure 1

## Consultation d'un dossier (écran du texte libre) à l'aide du logiciel Sesim

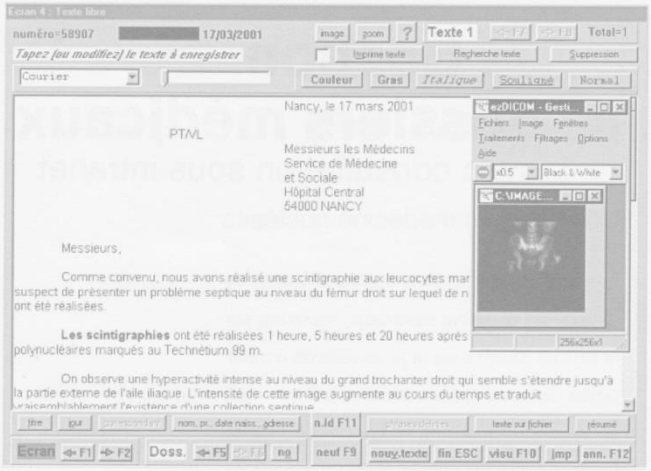
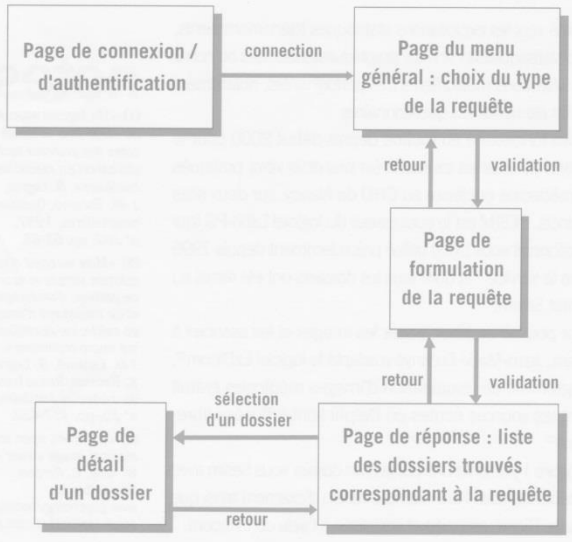



figure 2

## Interface de l'intranet Sesim




## Ouverture de Sesim par le serveur sous intranet

La solution retenue a été le développement sous Delphi d'une application serveur, indépendante et spécifique. Cette application (Web-Sesim) joue simultanément plusieurs rôles :

- serveur HTTP recevant les différentes requêtes des clients (navigateurs Web) et leur fournissant les réponses adéquates au format HTML ;
- générateur de pages HTML de façon purement dynamique, en réponse aux requêtes formulées par les clients (requêtes SQL effectuées sur les tables de la base SESIM en temps réel) ;
- gestion de l'authentification des utilisateurs, grâce à un mécanisme de mots de passe ;
- gestion des sessions utilisateurs via des « cookies » dont la « durée de vie » est limitée à quelques minutes ;
- gestion de la sécurité des transactions et des échanges sur le réseau par l'implémentation du protocole OpenSSL au sein des requêtes HTTP.

L'interface a été conçue de façon à être la plus simple d'utilisation possible pour l'utilisateur. Elle se décompose en un enchaînement linéaire de pages HTML, créés dynamiquement par le serveur (figure 2) et détaillées dans la partie suivante.

## Consultation

En pratique, pour consulter un dossier Sesim, les opérations se déroulent de la façon suivante : d'abord le lancement du serveur Web-Sesim qui permet le paramétrage et définit en particulier les répertoires où sont situés les éléments de Sesim (il propose aussi un historique des transactions) ; puis lancement par l'utilisateur de l'explorateur Web avec déroulement des pages.

### Page de connexion et d'authentification

L'utilisateur doit donner son identifiant de connexion (login) et son mot de passe. L'ensemble des noms associés aux mots de passe sont regroupés dans une table Paradox nommée login.db. Cette table se situe dans le répertoire de l'application serveur, car elle n'est consultée que lors du déroulement de cette application. Si la table n'existe pas déjà, il faut la créer. À cette fin est définie une procédure qui définit et remplit les champs de cette table.

### Page du choix du type de requête

Cette seconde page est un menu détaillant les divers types de requêtes possibles. Chaque type de requête est défini par le critère employé pour sélectionner les dossiers. Dans la version actuelle, trois choix sont pos-

sibles : sélection sur le nom du patient (modalité la plus fréquente), le numéro du dossier, la date d'examen. Le choix entre ces différents critères de sélection se fait grâce à des boutons sur la page HTML. Un bouton « suivant » permet de valider le choix effectué et de passer à la page de définition de la requête.

### Page de formulation de la requête

Après avoir choisi le critère de recherche désiré dans la page précédente, on entre à présent la valeur attendue pour ce critère dans un champ d'édition prévu à cet effet : par exemple, le nom et le prénom (en totalité ou partiellement pour les deux). La recherche est alors lancée par un clic sur le bouton « recherche ». L'application vérifie systématiquement la validité de la valeur entrée vis-à-vis du type de critère choisi, et émet un message d'erreur en cas d'anomalie. Comme à l'écran précédent, il est possible de cliquer sur un lien « retour » pour retourner à la page du menu. On peut également effacer si nécessaire le contenu du champ d'édition de la valeur recherchée.

### Page de réponse: liste des dossiers trouvés

Cette page affiche sous la forme d'une table la liste des dossiers trouvés correspondant à la requête validée dans la page précédente. Cette liste rappelle pour chaque dossier son numéro, le nom et le prénom du patient, sa date de naissance, la date d'examen. Chaque ligne de cette liste comporte un hyperlien permettant, si l'utilisateur le désire, de sélectionner le dossier correspondant pour le visualiser en détail. Un lien « retour » final permet de revenir à la page de requête.

### Page de détail du dossier sélectionné

Cet écran détaille, dans un formulaire, l'ensemble du dossier sélectionné : données administratives, diagnostics, actes, questionnaire(s), texte(s) libre(s), image(s). Un lien « retour » final permet de revenir à la page de réponse.

## Discussion

À la date d'octobre 2001, la base Sesim du service de médecine nucléaire contenait environ 62000 dossiers, 36000 comptes-rendus, 27000 questionnaires et 13000 images (début en mars 2001).

Archiver des images provenant des stations de travail et les intégrer dans les dossiers Sesim a constitué une étape très importante dans cette réalisation. Elle a été très appréciée par les médecins du service qui, depuis, peuvent constituer notamment des bases personnelles d'images pour la recherche. Elle se réalise sans contraintes car toutes les opérations sont effectuées presque automatiquement.

Pour permettre une consultation élargie de la base, il restait à ouvrir Sesim en lui associant un serveur web. Parmi les choix possibles, nous avons décidé de développer un serveur pour éviter l'acquisition des licences généralement nécessaires pour les serveurs commerciaux. Par ailleurs, par souci de compatibilité avec des navigateurs plus ou moins récents, nous nous sommes limités aux outils de base : le protocole HTTP et le langage HTML standard. Enfin, nous avons choisi Delphi que nous maîtrisons tous et considérons comme un remarquable outil de développement rapide.

La consultation des dossiers sous un réseau intranet est d'un emploi très simple. Elle ne nécessite aucune installation de logiciel sur le PC de l'utilisateur. Il suffit d'être sous un intranet, de posséder un navigateur et d'être enregistré dans la base d'authentification du serveur.

Un problème de confidentialité est apparu. Peut-on permettre à un utilisateur de consulter tous les dossiers de la base? Réponse positive pour certains ; pour d'autres, il convient de n'autoriser que les dossiers du service. Ceci nous a conduits à rajouter un paramètre dans la base d'authentification (avec le code du service ou l'absence pour un accès global).

Signalons que les images de médecine nucléaire sont au format Dicom et ne peuvent pas être visualisées par le langage HTML. Il faut les transformer en un autre format (jpeg par exemple). Pour éviter la perte de temps due au changement de format en temps réel, nous avons écrit un programme qui constitue une deuxième base d'images au format jpeg (images statiques) ou mpeg (images dynamiques) appelées par le serveur.

Le logiciel réalisé s'installe facilement par du personnel non informaticien. Pour le moment, Sesim n'est pas commercialisé ; les personnes intéressées par cette réalisation peuvent contacter les auteurs.

## Conclusion

L'application serveur associée à une base de dossiers au format Sesim permet d'ouvrir les dossiers de cette base à de nombreux utilisateurs. Dans le contexte décrit de la médecine nucléaire, les médecins autorisés de l'hôpital peuvent consulter aisément les comptes-rendus des examens de leurs patients et visualiser les images correspondantes (scintigraphies, etc.). Cette solution simple et économique ne nécessite pas l'installation d'un Pacs ou d'un serveur spécialisé. Quelques PC en réseau nous ont suffi (sans aide de l'administration pour cette expérimentation). Sous Web-Sesim, actuellement, on ne peut pas saisir de données, ni réaliser de sélection complexe comme avec Sesim. Ces développements sont à l'étude. •

# RADIOTHERAPIE

Intérêt médical de l'utilisation de l'ordinateur en radiothérapie

LEGRAS B

Annales Médicales de Nancy, 1975, 14, 359-362

No 26

Extrait des Annales Médicales de Nancy Tome XIV — Mars 1975

# Intérêt médical de l'utilisation de l'ordinateur en radiothérapie

par B. LEGRAS

**RÉSUMÉ**

*L'ordinateur en radiothérapie sert actuellement essentiellement aux calculs de dosimétrie. Il est presque indispensable en curiethérapie et se révèle très utile en radiothérapie externe dès que l'on utilise plusieurs faisceaux, des filtres en coin ou des champs complexes. Dans le futur proche, les autres possibilités de l'ordinateur prendront une importance croissante : contrôle des appareils de radiothérapie, optimisation des traitements, sans oublier la gestion de dossiers informatisés. L'auteur illustre certaines rubriques en précisant les réalisations et les projets locaux.*

## INTRODUCTION

L'objectif de la radiothérapie consiste à délivrer le maximum de dose au niveau de la lésion cancéreuse et le minimum aux tissus sains environnants. Il importe donc de déterminer avec la plus grande précision la dose reçue en différents points. Cette dosimétrie est en général fort complexe parce que les limites du corps sont irrégulières, que la tumeur ne correspond pas à un volume géométrique simple, qu'il existe des zones hétérogènes et que la dose délivrée dépend de nombreux facteurs. On conçoit donc aisément que la construction manuelle des isodoses soit une tâche fastidieuse réalisée souvent de façon incomplète en ne tenant compte que d'un nombre limité de points et que l'ordinateur ait d'abord été utilisé à calculer les isodoses.

Ces avantages sont incontestables mais le radiothérapeute peut attendre encore davantage de l'ordinateur. Il peut prévoir plusieurs plans de traitement, les faire calculer et choisir celui qui correspond le mieux au but fixé. Il peut plus simplement demander à l'ordinateur de choisir le plan idéal de traitement. Ces méthodes d'optimisation actuellement à l'étude seront utilisées sans doute dans un futur proche.

Le rôle de l'ordinateur ne s'arrête pas là. Il peut contrôler le fonctionnement des appareils de radiothérapie. Il peut aussi servir comme dans tout service à stocker des données administratives, médicales et techniques et fournir un fichier des malades exploitable à des fins statistiques.

L'ordinateur est utilisé en routine depuis plusieurs années dans quelques centres très importants possédant un matériel considérable en hommes et en machines. En France, l'Institut Gustave-Roussy (I.G.R.) à Villejuif en est l'exemple et l'équipe dirigée par Mme A. Dutreix a développé la dosimétrie par ordinateur et mis au point de nombreux programmes. Les autres centres peuvent bénéficier de ces travaux et faire traiter leurs données à Villejuif. Malheureusement, les délais, dus essentiellement aux transports postaux sont en général trop longs.

Nous avons donc décidé d'adapter certains de ces programmes au matériel nancéien pour écourter au maximum l'attente des résultats et permettre aux malades de profiter des grands avantages de ces méthodes.

## DOSIMÉTRIE EN CURIETHÉRAPIE

En curiethérapie, les avantages apportés par l'utilisation de l'ordinateur sont évidents puisque les calculs sont si laborieux que l'on se contentait d'estimer les doses en quelques points. On sait maintenant calculer les doses dans n'importe quel plan souhaité par le radiothérapeute, quelle que soit la nature des sources radioactives utilisées (Radium, Césium ou Iridium), leur nombre et leur posi-

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 24.4.1974.

tion relative (fig. 1 A et 1 B). On sait tenir compte de l'influence de la filtration des sources. Les ordinateurs permettent de déterminer avec précision la position dans le malade des sources utilisées à partir de leurs coordonnées sur deux radiographies orthogonales.

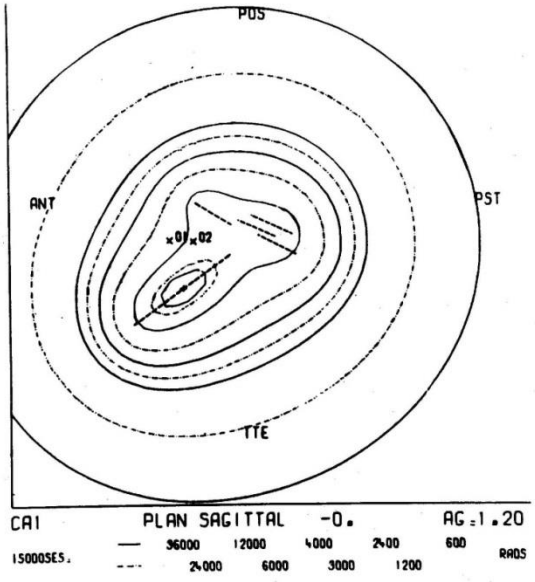



Fig. 1 A

FIGURES 1 A et 1 B
Curiethérapie gynécologique
DTE Répartition des doses dans deux plans

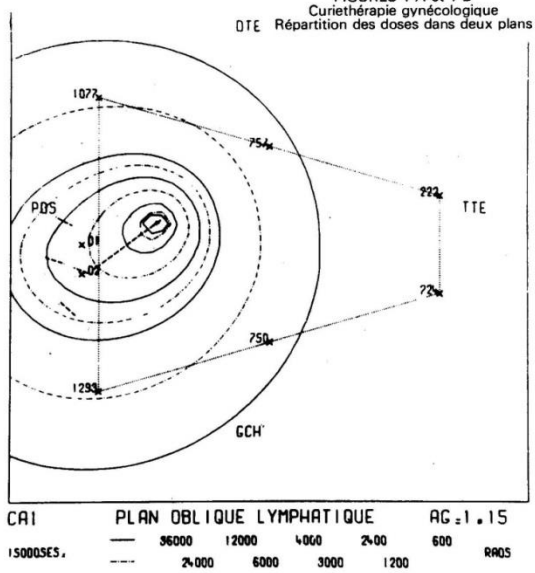



Fig. 1 B

Nous avons adapté le programme utilisé à l'I.G.R. Les données sont lues à partir de cartes sur l'ordinateur du Service d'Informatique Médicale de la Faculté de Médecine (CII 10 010), puis transferrées par ligne téléphonique à l'ordinateur de l'Institut de Calcul (CII 10 070) où elles sont traitées. Les résultats numériques (doses au niveau des sources et des repères) sont imprimés sur le CII 10 010 alors que les isodoses sortent sur le tracteur de courbes de l'Institut. La totalité des résultats est habituellement fournie dans un délai inférieur à 2 jours.

## RADIOTHÉRAPIE EXTERNE

Les programmes permettent de faire les calculs d'isodoses pour un ou différents champs associés en tenant compte de l'obliquité des tissus et de la présence éventuelle de filtres en coins* (fig. 2). Nous avons repris et modifié les programmes de l'I.G.R. que nous commençons à utiliser.

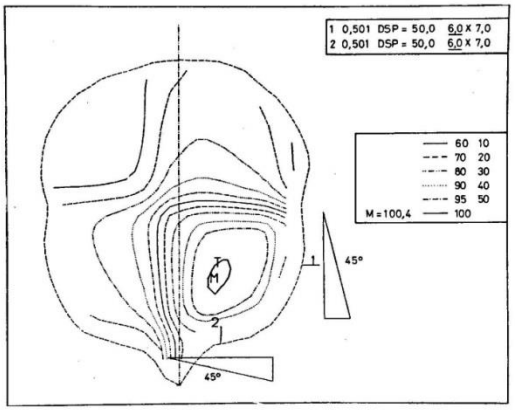



FIGURE 2. — Irradiation d'un sinus maxillaire par deux champs perpendiculaires avec utilisation de coins. Répartition des doses.

## FICHE DE TRAITEMENT

Elle aussi, inspirée du modèle employé à l'I.G.R., cette fiche de traitement comprend (fig. 3 A et B).

- Des données administratives
- Des renseignements médicaux (diagnostic, T.N.M., etc.)
- L'intention de l'irradiation
- Les modalités de l'irradiation (appareil utilisé, volumes-cibles, dose totale, fractionnement, étalement, etc.)
- La cotation de l'examen.

Cette fiche informatique, utilisée depuis peu, doit permettre la constitution d'un fichier très utile pour le tri des dossiers et les études statistiques. Elle servira sans doute de base à un dossier médical ultérieur plus complet.

* Le filtre en coin est un dispositif qui permet de modifier les isodoses et de réduire la dose en une zone du champ.

SERVICE DE RADIOTHERAPIE ET DE DOSIMETRIE

FIGURE 3 A

FICHE DE FIN DE TRAITEMENT

CARTE : 1 : 0 :

Traitement N° :___:___:___:___:___:

Dossier N° :___:___:___:___:___:___: Série N° :___:

NOM :___:___:___:___:___:___:___:___:___: .....

Age :___:___: Sexe :___: ← 1 masc., 2 fem.

Hospitalisation :___: ← 1 CAC - 2 CHU - 3 Hors CHU - 4 Externe

zone côté

DIAGNOSTIC

Code INSERM :___:___:___:___:___:

T N M :___:___:___:

Stade :___:___:___:

Histologie :___:___:___:___:

Cas rare - si oui 1 :___: Réserves :___:___:___:___:___:___:

hôpital service initales médecin responsable

IRRADIATION - But : 1 curatif - 2 palliatif - 3 prophylactif :___:

- Association : 0 non - 1 préop - 2 postop - 3 avec curieth. - 4 avec chimio S=:___:
- Conforme au plan initial : 1 oui - 2 non par erreur de calcul
  3 par intolérance - 4 par décès - 5 par nouveau volume
  6 par absence - 9 autre raison :___:
- Interruption : 0 non - 1 provisoire - 2 définitive :___: Réserves :___:___:___:___:___:
- Nombre de volumes cibles :___:
- Nombre de faisceaux :___:

Centre régional de Lutte contre le Cancer et Section d'Informatique Médicale NANCY JUIN 1974

FIGURE 3 B

CODE des APPAREILS : RX 200 KV : 40 - Césium . 50 - Cobalt : Co 1 : 61 - Co 2 : 62 - Co 780 : 68

Sagittaire-Photons : 70 - Electrons (MeV) : 07 - 10 - 13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 28 - 32

TRAITEMENT Début :___:___:___: J M A Fin :___:___:___: J M A Total des Z :___:___:

RESERVES :___:___:___:___:

1 : coin
2 : bolus
1 : dosimétrie par ordinateur
1 : mantelet

CARTE :1:1: T° n° :___:___:___:___:

Traitement
1 cont.
2 discont.
3 discont. Fin
4 surdosage

Côté
1 D
2 G
3 D + G
4 Médian

1 Chps. Fixes non opposés
2 Chps. opposés
5 Chps. compl.
7 pend.
8 cyclo.

1 T. primitif
2 récidive
3 gang.
5 Tp + gang.
8 méta.
9 autre

| VOLUMES-CIBLES DESCRIPTION | Num. code | App. (code) | Dose tumeur (Rads) | Nb. Séances | Nb Fdsc. | Nb. Jours | NSD | Si disc. interv. (jours) | Dose totale | Res |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| CARTE :1:2: T° n° | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| CARTE :1:3: T° n° | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| CARTE :1:4: T° n° | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |

FIGURES 3 A et 3 B
Fiche informatisée de fin de traitement radiothérapique
(A : 1re page, B : 2e page)

## CONCLUSION

Dans les grands centres anticancéreux, l'ordinateur est appelé à jouer un rôle primordial. Déjà indispensable pour une dosimétrie précise nécessaire à la qualité du traitement radiothérapique, il permettra prochainement le contrôle des appareils, l'optimisation de certains traitements ainsi que la gestion médicale et administrative. Le nouveau centre de Nancy sera équipé d'un ordinateur pour réaliser ces différentes tâches très importantes pour le malade et le médecin.

Centre Régional de Lutte contre le Cancer
(Dir. : Pr C. Chardot)
Section d'Informatique Médicale
Groupe de Recherches U 115 INSERM
(Dir. : Pr J. Martin)
30, rue Lionnois - 54000 NANCY
et Service de Médecine Nucléaire
C.H.R. de Brabois

---

BIBLIOGRAPHIE

DUTREIX A. — Utilisation des ordinateurs en dosimétrie Computers in Radiology.
*Proc. int. Meeting,* Bruxelles, 1969.

RUBINSTEIN K., DUTREIX J. — Réalisation d'un dossier de radiothérapie exploitable par ordinateur.
*Computers in Radiology - Proc. Int. Meeting,* Bruxelles, 1969.

REMERCIEMENTS

Nous remercions de ses conseils le Docteur NAOUN qui a développé la dosimétire clinique au Centre Anticancéreux de Nancy ; et les informaticiens qui contribuent ou ont contribué à l'adaptation délicate des programmes de l'I.G.R. : Mademoiselle PORTMANN, Monsieur POTDEVIN et Monsieur LAMBERT.

Différentes méthodes d'optimisation par ordinateurs des traitements en télécobalthérapie

LEGRAS B, POTDEVIN M, LEGRAS J, CHAU N, SCHOUMACHER P

Journal français de Biophysique et de Médecine Nucléaire, 1977, 5, 219-223

No 37

# Différentes méthodes d'optimisation par ordinateur des traitements en télécobalthérapie

H. ALI-AHMED (**), B. LEGRAS [(*), (***)], M. POTDEVIN (**),
J. LEGRAS (**), N. CHAU (*) et P. SCHOUMACHER (***)

Mots clés : Optimisation, radiothérapie, cobalt, ordinateur.

RÉSUMÉ. — Les auteurs présentent un ensemble de programmes, qui permettent une optimisation des traitements radiothérapiques externes par cobalt, sous des contraintes données, au niveau du volume-cible, des volumes sensibles et des points d'entrée. L'optimisation consiste au choix :

- soit à minimiser la dose intégrale délivrée aux organes sensibles;
- soit à minimiser les écarts entre dose maximale et dose-seuil dans le volume tumoral, ce qui revient à homogénéiser la dose à l'intérieur de la tumeur.

L'optimisation est linéaire et la méthode utilisée est celle du simplexe.

Le programme fournit pour chaque faisceau la pondération en absence et en présence d'un coin d'angle fixé. Il indique la dose intégrale moyenne aux organes sensibles et l'écart maximal au niveau de la tumeur, ce qui permet de comparer les deux types d'optimisation.

SUMMARY. — *The authors present a set of programs through which an optimisation of radiotherapeutic treatments by cobalt are possible. This optimisation consits in:*

- *either minimizing the integral dose delivered to the critical organs;*
- *or minimizing the differences between maximum and threshold doses in the tumoral volume, which results in an increase in the dose uniformity within the tumor.*

*The program fournishes for each beam the correction within and without an angle quin. He points out the mean integral dose on the critical organs and the maximum deviation on the tumor, which permits a comparison between the two types of optimisation.*

## 1. INTRODUCTION

L'un des buts de la radiothérapie externe consiste à délivrer des doses suffisantes à un volume-cible tumoral, tout en protégeant les organes ou les zones sensibles. L'ordinateur peut aider le radiothérapeute à améliorer les traitements mais cette « optimisation » varie suivant les auteurs par les méthodes utilisées et les contraintes choisies ([1], [2], [4], [5], [6], [8], [9]).

Nous pensons qu'il est utile en pratique de distinguer deux modalités différentes :

(*) Section d'Informatique médicale (I.N.S.E.R.M. U 115), Faculté de Médecine, Nancy.
(**) Faculté des Sciences, U.E.R. de Mathématiques, Nancy.
(***) Centre anticancéreux Alexis-Vautrin, Nancy.

J. FR. BIOPHYS. ET MÉD. NUCL., 5, 1977, 221-225.

*a*) optimisation « lourde » (de recherche) où l'ordinateur détermine parmi un très grand nombre de directions le nombre, l'emplacement et la pondération des faisceaux;

*b*) optimisation « légère » (de routine) où le radiothérapeute ayant fixé le nombre et l'emplacement des faisceaux, l'ordinateur calcule la contribution des différents faisceaux.

Les programmes que nous avons mis au point pour des traitements par cobalt 60 fournissent pour chaque faisceau la pondération en absence et en présence d'un coin d'angle choisi.

Ils offrent aussi au choix deux fonctions à optimiser sous les contraintes fixées :

*a*) minimiser la dose intégrale délivrée aux organes sensibles;

*b*) minimiser les écarts entre dose maximale et dose seuil dans le volume-cible, c'est-à-dire rendre maximale l'homogénéité des doses à la tumeur.

## 2. MÉTHODE

Dans cette étude, nous n'avons envisagé que le problème bidimensionnel dans un plan de coupe du corps humain passant par la tumeur avec les hypothèses suivantes :

- les axes des faisceaux sont dans le plan de coupe;
- les axes des faisceaux sont concourants en un point T de la tumeur.

### 2.1. Programmes utilisés (1)

a) *Quadrillage*

A partir des coordonnées des contours du volume-cible et des organes sensibles, fournies à l'ordinateur, le programme définit les coordonnées d'un certain nombre de points régulièrement disposés à l'intérieur de ces domaines. Ces points ainsi que ceux d'entrée de l'axe des faisceaux devront satisfaire aux contraintes de dose proposées par les médecins. Ce sont les points du « support d'optimisation » (2).

b) *Calcul des doses unitaires par faisceau*

Le programme calcule les doses ($d_i$) délivrées aux points considérés par chaque faisceau unitaire (le faisceau unitaire délivre une dose de 100 rd au niveau du maximum). Les doses sont déterminées en l'absence et en la présence du coin d'angle donné et tiennent compte de l'obliquité du contour du sujet (*voir* § 2.2). Le programme s'applique aussi bien aux traitements effectués à une distance constante source-peau, qu'à une distance constante source-axe.

c) *Calcul de la fonction à optimiser et optimisation*

Les programmes calculent la fonction choisie (fonction objectif) et préparent la phase d'optimisation. La fonction est un système de combinaisons linéaire des $d_i$. Les inconnues sont les pondérations $w_i$. L'optimisation de la fonction sous les contraintes données est réalisée par l'algorithme classique du simplexe mis au point par Dantzig [3].

d) *Calcul des doses totales*

Le programme détermine la dose totale au point considéré, soit

$$D = \sum_{i=1}^{n} d_i w_i,$$

avec $n$, nombre de faisceaux; $d_i$, dose unitaire délivrée par le faisceau $i$; $w_i$, facteur de pondération calculé par optimisation.

(1) Les programmes sont écrits en Fortran IV. Ils passent actuellement sur un ordinateur C.I.I. (Iris 80).

(2) Le quadrillage régulier permet aussi le calcul précis de la dose intégrale (*voir* § 3.1).

e) *Tracé des isodoses*

A partir des valeurs calculées au nœud d'un réseau régulier couvrant tout ou une partie du contour, le programme trace les courbes isodoses par une méthode d'interpolation.

### 2.2. Calcul des doses

Il existe de nombreuses méthodes plus ou moins générales et précises de calcul des doses (Cunningham, van de Geijn,...). Nous avons choisi la formule empirique utilisée par Bourgat et coll. [2] qui permet un calcul rapide des doses et nous l'avons complétée pour tenir compte de l'obliquité du contour et de la présence de coins.

a) *Calcul sans coin et sans correction d'obliquité*

En point M quelconque du corps (*fig.* 1), la dose est donnée par

$$d(M) = d_0(H)\left(1 - \frac{e^{k(MH - [l(M)/2])}}{2}\right)$$

si

$$MH < \frac{l(M)}{2},$$

$$d(M) = d_0(H)\frac{e^{k([l(M)/2] - MH)}}{2}$$

si

$$MH \geqq \frac{l(M)}{2},$$

avec $l(M)$, largeur du faisceau au niveau du point M; $k$, constante positive qui permet de tenir compte de la pénombre ($k = 1{,}5$); $d_0(H)$, dose au point H situé sur l'axe du faisceau à la perpendiculaire de M :

$$d_0(H) = A\, e^{EH \times B}.$$

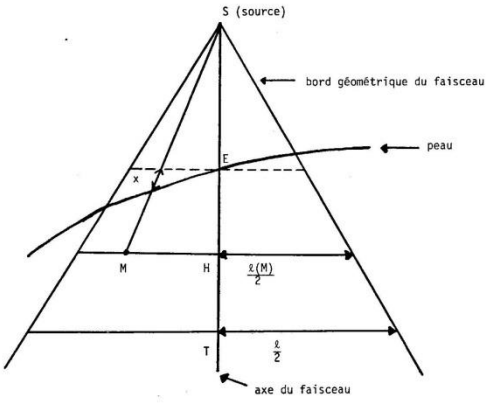



**Fig. 1. — Calcul des doses.**

A est une constante qui dépend de l'appareil utilisé; ici nous prenons A = 110; B est une fonction des dimensions du faisceau et de la DSP dont nous faisons une approximation quadratique par

$$B = B_0 + B_1 a + B_2 a^2,$$

$a$ est le côté du champ carré équivalent $= 2lL/(l+L)$ ($l$ et L largeur et longueur du faisceau au niveau du point T de la tumeur). EH est l'épaisseur de tissu comprise entre le point d'entrée E du faisceau et le point H considéré.

Les coefficients $B_0$, $B_1$ et $B_2$ pour chaque DSP sont calculés par un polynôme d'interpolation du troisième degré à partir des valeurs $B_0$, $B_1$ et $B_2$ correspondant aux DSP 50, 60, 80 et 100 cm, indiquées dans l'article de Bourgat [2].

b) *Correction d'obliquité*

Il s'agit d'une correction approchée qui ne fait intervenir que la modification de la DSP (inverse des carrés des distances), soit

$$d = d(M)\left(\frac{DSP}{DSP + x}\right)^2,$$

$x$ est l'écart dû à l'obliquité.

c) *Modification due à la présence d'un coin*

Le coin est placé de telle façon qu'il compense l'obliquité du contour. Il est caractérisé par un paramètre θ fixé et l'on admet l'approximation que toutes les isodoses sont déviées de cet angle θ.

Alors le point M est « déplacé » en M′ d'une distance $MM' = MH \operatorname{tg}\theta$, et par suite

$$d_{\text{avec coin}} = d_{\text{sans coin}}\, e^{-MM'} = d_{\text{sans coin}}\, e^{-MH \operatorname{tg}\theta}.$$

## 3. RÉSULTATS

### 3.1. Présentation des documents

Le programme imprime, en premier lieu, les données du bordereau : coordonnées des points des différents contours et caractéristiques des différents champs. Il fournit ensuite les résultats de l'optimisation : pondération à l'entrée et contribution au centre de la tumeur pour chaque faisceau, avec et sans coin. Il indique aussi les valeurs des paramètres suivants, utilisés pour comparer les différentes méthodes d'optimisation proposées :

- dose moyenne au niveau de la tumeur et de chaque volume-cible (dose intégrale divisée par l'aire correspondante);
- maximum des écarts entre les doses obtenues au niveau des points de la tumeur et la valeur-seuil (critère d'homogénéité).

Le programme imprime également les coordonnées des points du support d'optimisation et les doses correspondantes obtenues après optimisation.

Enfin, la distribution des doses après optimisation est visualisée à l'aide d'un traceur de courbes.

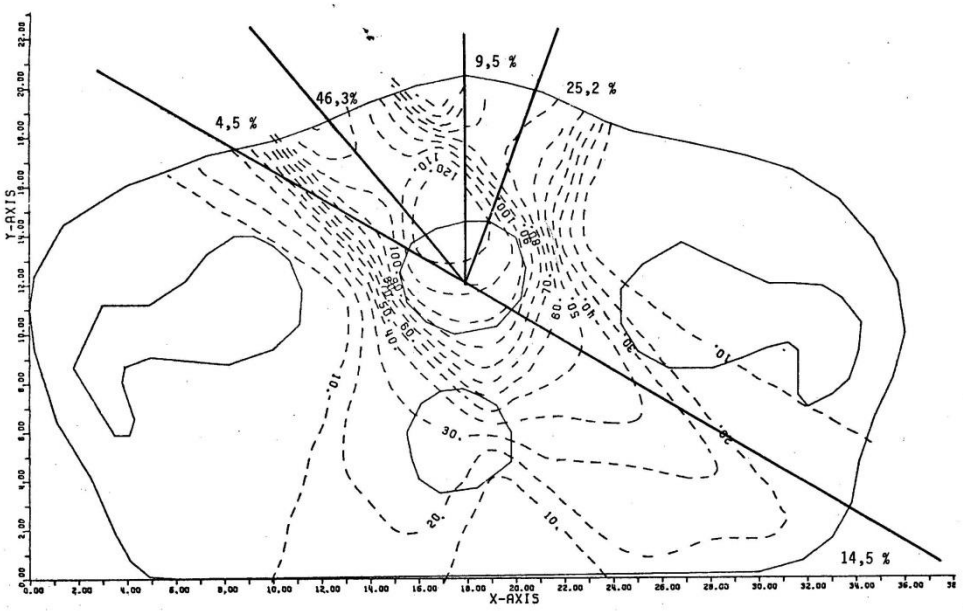



**Fig. 2. – Isodoses obtenues après optimisation en dose intégrale. Cas d'un traitement non défini à 18 positions. On a conservé celles sont la pondération à l'entrée est supérieure à 1 %. Les pondérations indiquées ont été corrigées pour ramener le total à 100 %.**

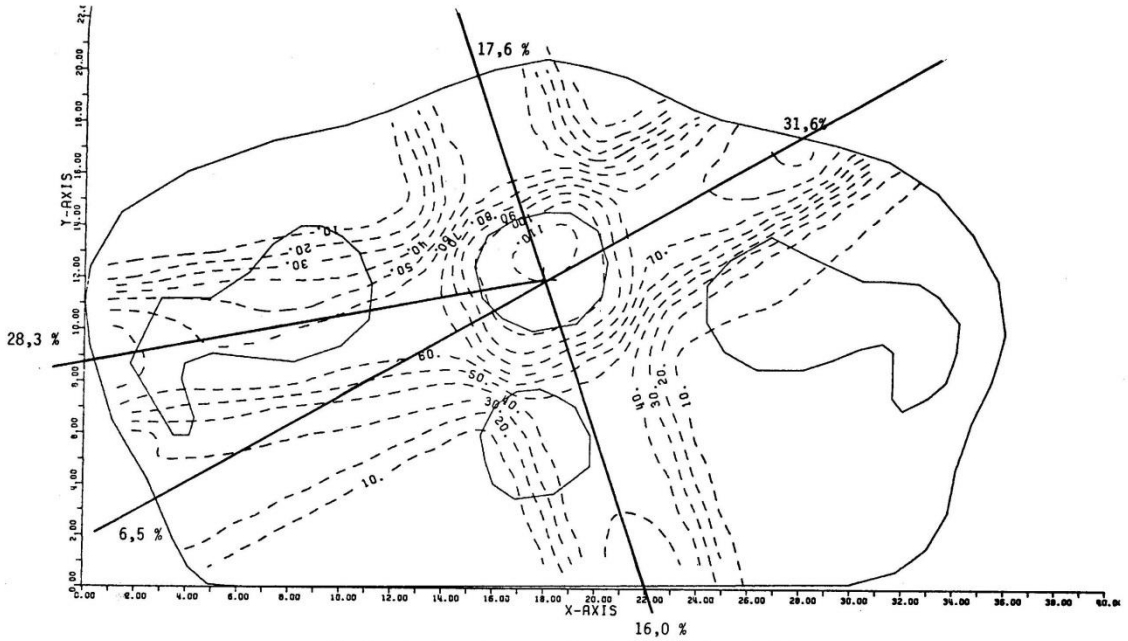



**Fig. 3. – Isodoses obtenues après optimisation en homogénéité (mêmes caractéristiques que celles de la figure 2).**

TABLEAU I

| Organe | Dose (rd) | Écart maximal (%) | | Dose moyenne (%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Optimisation en homogénéité | Optimisation en dose intégrale | Optimisation en homogénéité | Optimisation en dose intégrale |
| Tumeur | ≥ 6 000 = 100 | 11,1 | 28,7 | 105,2 | 112,2 |
| Rectum | ≤ 4 000 | | | 25,4 | 35,4 |
| Fémur droit | ≤ 6 000 | | | 47,1 | 1,7 |
| Fémur gauche | ≤ 6 0000 | | | 41,2 | 18,3 |

### 3.2. Exemples

*a*) Le premier exemple concerne l'irradiation d'une vessie à 6 000 rd. Les organes sensibles sont le rectum (dose maximale, 4 000 rd) et les têtes fémorales (dose maximale, 6 000 rd). La dose-seuil pour les points d'entrée est choisie égale à 7 000 rd ([3]). Le programme utilisé correspond au cas du traitement non défini et l'on essaye 18 positions de la source, de 20 en 20° sur l'ensemble du contour à partir de la position 0° (verticale passant par le centre de la tumeur). La DSA est égale à 80 cm, le champ est de 6 × 6 cm au centre de la tumeur. La figure 2 présente les isodoses après optimisation en dose intégrale et la figure 3 après optimisation en homogénéité. Le tableau I compare les différents critères pour les deux modalités d'optimisation.

*b*) On constate une différence considérable entre les résultats suivant la méthode choisie.

([3]) La valeur-seuil correspond en pratique à 6 400 rd du fait de la courbe de rendement en profondeur utilisée qui part de 110 % à la surface ce qui surestime les doses données d'environ 10 % pour les profondeurs inférieures à 1 cm.

• Le deuxième exemple envisage le cas simple d'un traitement d'une tumeur ORL par 3 faisceaux perpendiculaires (champs 5 × 5 cm à la DSP = 60 cm). On recherche la modalité qui donne avec des coins de 60° la répartition des doses la plus homogène dans la tumeur. Les doses-seuils sont égales à 6 000 rd à la tumeur, 4 000 rd à la moelle et 6 000 rd à l'entrée. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau II. La figure 4 montre les isodoses correspondantes.

TABLEAU II

| Modalité de l'irradiation | Pondération à l'entrée (%) | Dose moyenne à T (%) | Écart maximal à T (%) |
|---|---|---|---|
| 0° avec coin | 25,9 | 102,0 | 4,3 |
| 0° avec coin | 17,9 | | |
| 180° avec coin | 0,0 | | |
| 180° sans coin | 15,6 | | |
| 270° avec coin | 25,7 | | |
| 270° sans coin | 14,9 | | |

En théorie, il conviendrait de traiter le sujet à chaque séance avec et sans coin pour chaque position de la source. En pratique, pour réduire les risques d'erreurs

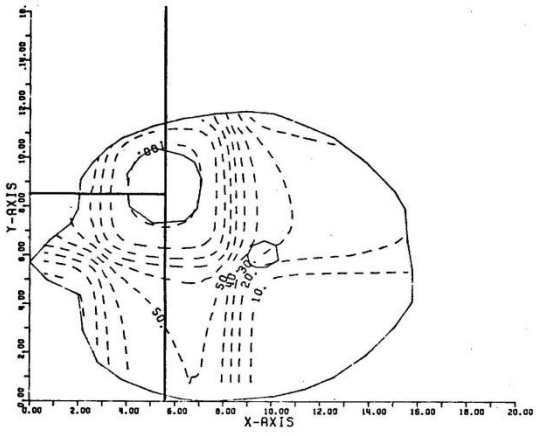



**Fig. 4. — Isodoses obtenues après optimisation en homogénéité. Cas d'un traitement défini (3 faisceaux et utilisation de coins de 60°). Les pondérations sont indiquées dans le tableau II.**

et les temps de manipulation, on peut simplifier en traitant un certain nombre de séances avec coin; puis les séances restantes sans coin ([4]). Si $n$ est le nombre total de séances, on déterminera facilement le nombre de séances avec coin pour l'angle $i$. On prendra l'entier N le plus proche de la valeur

$$n \times \frac{\text{pondération à l'entrée avec coin}}{\text{pondération à l'entrée avec coin} + \text{pondération à l'entrée sans coin}}$$

Le nombre de séances sans coin sera bien entendu égale à $n$-N.

## 4. PERSPECTIVES ET CONCLUSION

Nous avons mis au point un ensemble de programmes modulaires qui permettent de réaliser différents types d'optimisation au choix du radiothérapeute.

Le calcul des doses est réalisé par une méthode rapide et approximative valable pour le cobalt 60. Nous comptons améliorer la précision et étendre l'optimisation aux photons de haute énergie en adaptant aux programmes la méthode de calcul des doses mise au point par Cunningham (séparation du rayonnement primaire et secondaire et emploi de tables de rapports diffusés-air). Nous envisagerons également de tenir compte des hétérogénéités des volumes-sensibles et de corriger les doses en conséquence.

Pour utiliser ces programmes en routine, il conviendrait de les adapter aux matériels informatiques livrés actuellement pour la dosimétrie. Le centre Alexis-Vautrin possède un ordinateur PDP 11 pour cette tâche et nous étudions actuellement l'insertion de nos programmes d'optimisation à l'intérieur de ceux de dosimétrie (utilisant les méthodes de Cunningham). Un problème réside dans la taille de la mémoire centrale qui doit atteindre 32 Kmots au minimum si les points d'optimisation et les faisceaux sont en nombre élevé.

Nous avons étudié deux fonctions à optimiser. Le radiothérapeute préférera la dose intégrale lorsque la protection des organes sensibles est essentielle. Si ceux-ci sont peu concernés, sinon absents, il sera plus logique d'employer l'homogénéité. On peut proposer d'autres fonctions objectif par exemple, on peut s'intéresser à la dose intégrale à l'ensemble des tissus, ou à la dose intégrale moyenne par organe sensible.

On peut aussi envisager une optimisation non plus sur les doses, mais sur les TDF (Time-Dose-Factor d'Orton et d'Ellis) qui définissent des effets biologiques à partir des doses, des étalements et des fractionnements [7].

L'optimisation linéaire possède ses limites. Pour améliorer les résultats, on peut utiliser ensuite des méthodes non linéaires. On modifie pas à pas les paramètres (centre de la tumeur, inclinaison des faisceaux) de façon à améliorer la fonction objectif. Nos premiers résultats obtenus sont encourageants et nous explorons cette possibilité bien que les temps de calcul soient nettement plus longs et puissent devenir prohibitifs.

([4]) On admettra que l'effet biologique est sensiblement le même.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] G. K. Bahr et J. G. Keriades, The method of linear programming applied to radiation treatment planning, *Radiology*, **91,** 1968, 686-693.

[2] J. F. Bourgat, M. River, A. Dutreix et D. Bernard, Optimisation par ordinateur du traitement en télécolbalthérapie, *J. Radiol. Electrol.*, **55,** 1974, 775-779.

[3] Dantzig, Computational algorithm of the revised simplexe method, Santa Monica, California, The Rand Corporation, RM. 1266, 1953.

[4] L. Hodes, Semi automatic optimization of external beam radiation treatment planning, *Radiology*, **110,** 1974, 191-196.

[5] C. S. Hope et O. Cain, A computer program for optimised stationnary beam treatment planning using score functions, *Computers programs in biomedicine*, **2,** 1972, 221-231.

[6] J. S. Orr, Optimization of the radiotherapy treatment planning. Computers programs in biomedicine, **2,** 1972, 216-220.

[7] C. G. Orton et F. Ellis, A simplification in the use of the NSD concept in pratical radiotherapy, *Brit. J. Radiol.*, **46,** 1973, 529-538.

[8] A. T. Redpath, B. L. Vickery et D. H. Wright, A new technique for radiotherapy planning using quadratic programming, *Phys. Med. Biol.*, **21,** 1976, 781-791.

[9] R. van der Laarse, Pseudo optimization of radiotherapy treatment planning, *Brit. J. Radiol.*, **49,** 1976, 450-457.

Présentation d'une exploitation sur ordinateur de dossiers radiothérapiques

LEGRAS B, LAMBERT J-P, POTDEVIN M, SCHOUMACHER P

Journal Belge de Radiologie, 1977, 60, 473-482

No 38

J. belge Radiol. — Belgisch Tijdschr. Radiol., 60 : 473-482, 1977.

# THE USE OF THE COMPUTER IN CASE RECORDS OF RADIOTHERAPY

B. LEGRAS[1-3], J. LAMBERT[2], M. POTDEVIN[2] and P. SCHOUMACHER[3]

**Abstract**

**This article deals with computer processing of the files of patients treated with external radiotherapy and curietherapy.**

**Fortran written programs make it possible to sort and select case records.**

**They also allow for either complete or condensed statistics and reports. The files are linked automatically and their number may gradually be increased so as to make up a complete and open-end record. These files may be added to the general information sent to the common file of all French cancer-treating centers.**

Key-words : Radiotherapy — Medical record — Computer.

# PRÉSENTATION D'UNE EXPLOITATION SUR ORDINATEUR DE DOSSIERS RADIOTHÉRAPIQUES

## I. Introduction

Les traitements radiothérapiques font intervenir de nombreux paramètres, dont dépendent les résultats thérapeutiques : rayonnement, dose, fractionnement, étalement, balistique, etc., en radiothérapie externe; isotope, dose, temps d'application, nombre de séances, etc., en curiethérapie.

Pour mieux analyser ces facteurs, et du fait du grand nombre de traitements réalisés chaque année au Centre Anti-Cancéreux de Nancy, nous avons été amenés à étudier courant 1974 l'emploi de méthodes informatiques (4).

Nous avons décidé de réaliser des fichiers distincts pour les différentes thérapeutiques et dans un premier temps nous avons constitué un fichier de radiothérapie externe et un autre de curiethérapie. Ces fichiers sont exploitables indépendamment mais peuvent être chaînés automatiquement pour la constitution d'un dossier médical complet et une exploitation globale.

Cet article décrit les données choisies et leur exploitation par l'ordinateur*.

*Received May 31, 1977.*

1. Section d'Informatique Médicale (Unité INSERM U.115), Nancy.
2. Section de Mathématiques Appliquées, Nancy.
3. Centre Anticancéreux Alexis Vautrin, Nancy.

## II. Données sélectionnées

### A) Radiothérapie externe

Les données sont indiquées sur une feuille unique imprimée recto-verso et correspondent à 4 cartes à 80 colonnes.

Sur la première page, figurent les renseignements généraux (fig. 1) : nom du malade,

* Un document plus complet est à la disposition des personnes intéressées : « présentation d'un ensemble de programmes d'exploitation de dossiers de radiothérapie. Application aux traitements de l'année 1975 effectués au Centre Alexis-Vautrin » (50 pages, dont 25 figures).

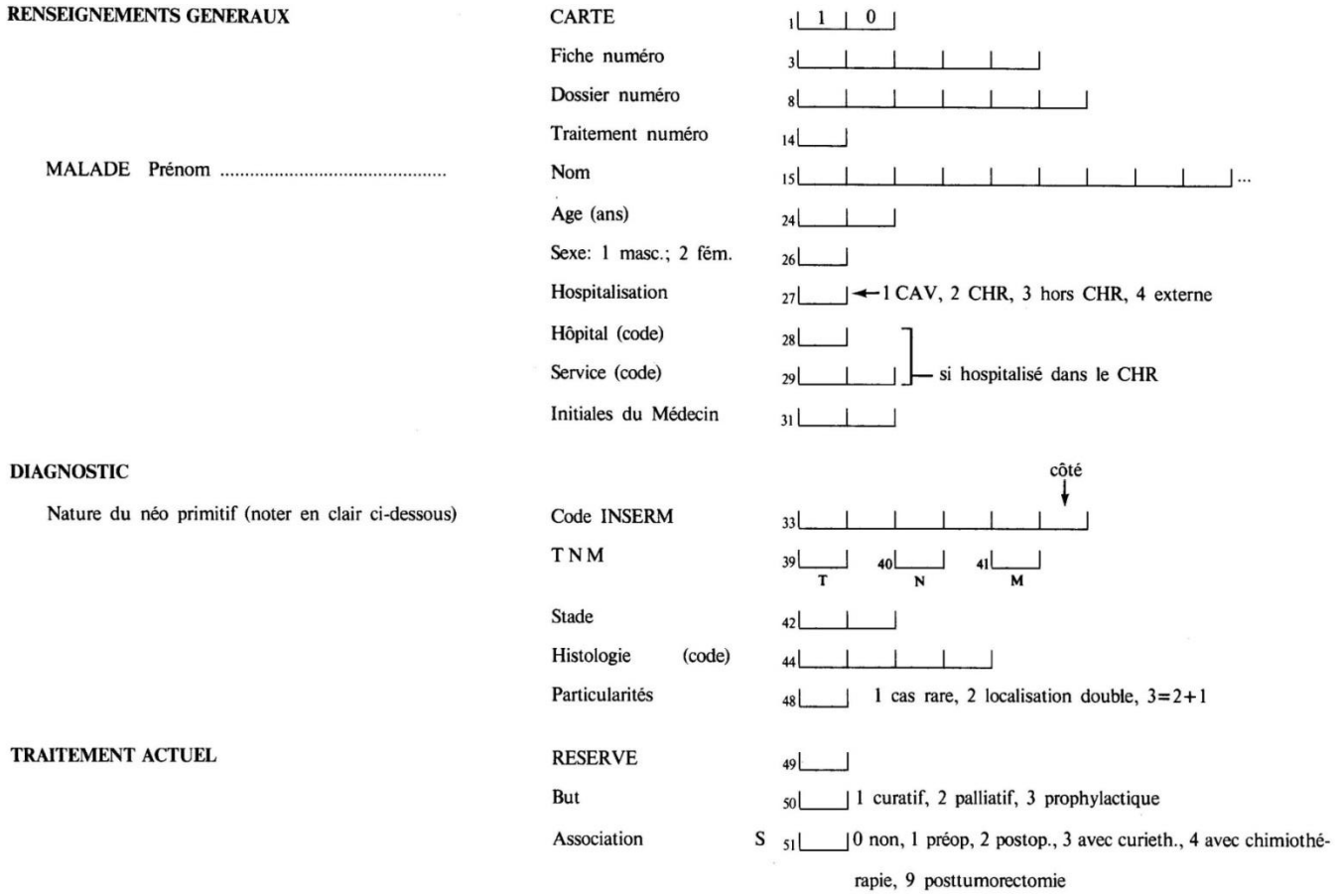



Fig. 1. — Fiche de fin de traitement par radiothérapie externe (recto du bordereau).

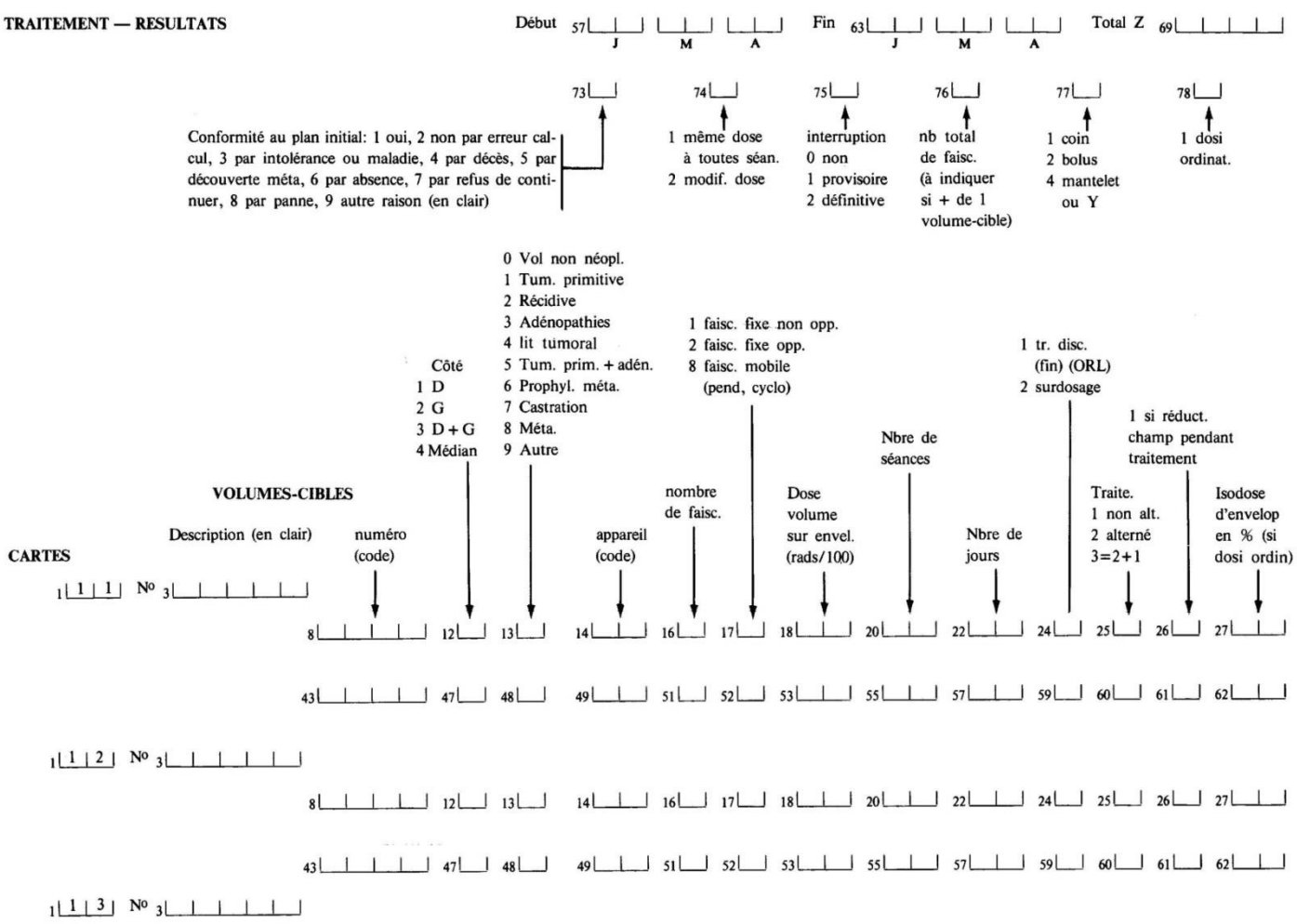



Fig. 2. — Fiche de fin de traitement par radiothérapie externe (verso du bordereau).

âge, sexe, numéro du dossier, lieu d'hospitalisation, renseignements sur la tumeur (localisation*, TNM, histologie*). De plus, le médecin indique le but de l'irradiation (curatif, palliatif, prophylactique) et une éventuelle association (par exemple chirurgie avant l'irradiation).

Sur la deuxième page, sont notés les renseignements techniques (fig. 2): date du début et de fin de traitement, conformité ou non du traitement (et raisons dans ce cas), constance ou non de la dose par séance, interruption ou non du traitement, nombre total de faisceaux, présence de coins, de bolus, de mantelet, dosimétrie par ordinateur etc...

Puis pour chaque volume-cible (6 au maximum), on note les points suivants : l'emplacement et la nature du volume**, le (ou les) appareils(s) employé(s) et l'énergie dans le cas des électrons, la dose, l'étalement, le fractionnement, le nombre de faisceaux, leur disposition (opposés ou non, cyclotherapie), leur rythme (alternance ou non), l'indication s'il s'agit de la deuxième partie d'un traitement discontinu.

### B) Curiethérapie

Ces données sont indiquées sur une feuille unique imprimé recto-verso et correspondant à 4 cartes à 80 colonnes.

On trouve sur la première page sensiblement les mêmes renseignements généraux que sur la fiche de radiothérapie externe.

Les renseignements techniques sont évidemment différents. On note sur la deuxième page, pour chaque volume-cible (2 au maximum) (fig. 3): l'emplacement et la nature du volume**, l'isotope utilisé (Ir, Cs ou Ra), le nombre de sources, leurs caractéristiques (courbes ou rectilignes), leur emplacement (endocavitaire ou interstiticiel), les doses au volume et à certains organes sensibles (rectum, vessie pour la gynécologie), l'isodose de référence, les dimensions du volume (longueur, largeur, épaisseur), le temps d'application.

* Code INSERM.
** Code mis au point par le Docteur Rubinstein (Institut Gustave Roussy).

## III. Exploitation des données

Pour exploiter les données, nous avons mis au point sur un petit ordinateur*, un ensemble de programmes facilement transportables sur la majorité des ordinateurs**.

### A)Programmes de validation des données

Deux programmes permettent de contrôler les données : le premier signale les oublis et les erreurs de codage du fichier cartes, le second vérifie la conformité entre les fiches d'un même malade après la montée des données sur disque et chaînage (contrôle sur le nom, le numéro de dossier et la chronologie des dates).

### B) Programme de montée sur disque du fichier cartes de radiothérapie externe

Le programme lit des données, réarrange les volumes dans un ordre fixe (tumeur primitive, récidive, adénopathie, métastases, ...), calcule et contrôle de nouveaux paramêtres (dose par séance, nombre de séances par semaine, durée du traitement, TDF***). Pour les traitements discontinus en 2 parties et indiqués comme tels, le programme déterminera en outre la dose totale et le TDF total. Enfin, le programme chaîne les différents traitements d'un même malade après constitution d'une table de correspondance.

### C) Programmes de traitement des données

A) *Programme de tri*

Il permet avant les éditions, un tri des traitements dans l'ordre des numéros de dossier ou dans l'ordre alphabétique.

* Ordinateur CII Mitra 15 (mémoire centrale de 32 K mots et un disque de 5 M octets).
** Programmes écrits en Fortran IV. Ils sont à la disposition des personnes intéressées.
*** TDF = Facteur Temps-Dose-Fractionnement proposé par Orton (7).

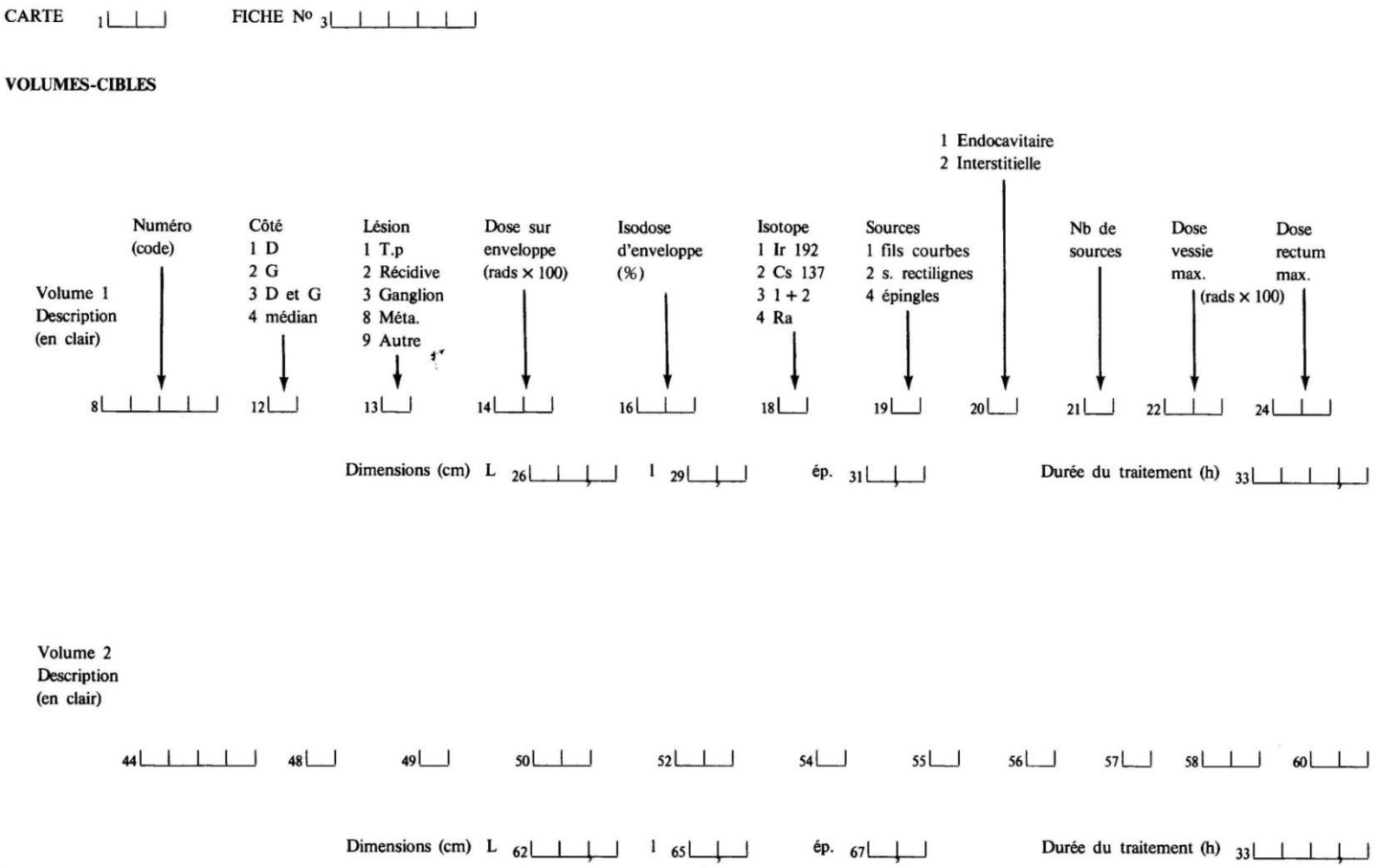



Fig. 3. — Fiche de fin de traitement par curiethérapie (verso du bordereau).

b) *Programmes de sélection et de dénombrement*

Il s'agit d'un programme général qui permet, avant le tri et les éditions, des sélections plus ou moins complexes et des dénombrements portant sur un seul caractère (ex. : sexe) ou sur deux (ex. : âge).

c) *Programmes de bilan mensuel et annuel des traitements de radiothérapie externe*

Le programme réalise un dénombrement de différentes données suivant les mois de l'année : nombre de traitements d'hommes et de femmes, de malades hospitalisés au Centre, hors CHU et au CHU (et leur répartition dans différents services); nombre total de faisceaux par mois, répartition des traitements suivant les appareils, total des cotations en Z; nombre de traitements curatifs, prophylactiques et palliatifs (avec et sans métastases), nombre de traitements conformes et non conformes. En outre, le programme indique le nombre de traitements par mois pour chaque localisation et pour chaque type histologique.

Un programme voisin réalise un dénombrement annuel et fournit pour chaque localisation indiquée en clair : le nombre des malades irradiés pendant l'année (totalité des malades et nouveaux malades), le nombre des traitements et parmi eux ceux réalisés en 2 parties, le nombre des traitements concentrés pour l'irradiation des métastases et d'autres raisons, le nombre de traitements curatifs, prophylactiques et palliatifs (avec et sans métastases) (fig. 4).

d) *Programmes d'édition*

Il existe différentes modalités d'éditions plus ou moins condensées avec chaînage ou non. Ces éditions peuvent être réalisées après des sélections et un tri. Dans tous les cas, on imprime en clair la localisation du néo et le type histologique (fig. 5).

L'édition globale fournit en clair toutes les caractéristiques du traitement. Cette édition est surtout intéressante après chaînage quand y figurent tous les traitements d'un malade.

e) *Programme de chaînage entre fichiers*

On construit une « table de correspondance » avec des pointeurs vers les 2 fichiers. Ceci permet de grouper les traitements radiothérapiques externes et curiethérapiques d'un même malade et de réaliser une édition groupée dans un ordre chronologique (fig. 6).

## IV. Discussion et conclusion

Le débit annuel de malades, le rythme des consultations, la complexité des thérapeutiques, le nombre de paramètres étudiés ne permettent plus une exploitation manuelle convenable des dossiers médicaux d'un centre anti-cancéreux important. Ces raisons ont poussé plusieurs centres à exploiter leurs données médicales par l'ordinateur (1, 2, 3, 5, 6, 8).

| *Localisation des néos* | *Malades traités* | | *Nouveaux malades* | | *Traitements* | | | *Traitements concentrés* | | *But traitements* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *nomb.* | *fréq. %* | *nomb.* | *fréq. %* | *nomb.* | *fréq. %* | *tr. disc.* | *sur méta.* | *non méta.* | *cur.* | *pal.* | *pal. méta.* | *pro phyl.* | *non ind.* |
| Lésion non tumorale | 22 | 1,5 | 22 | 1,7 | 24 | 1,4 | 0 | 0 | 0 | 18 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Lèvre | 8 | 0,5 | 5 | 0,4 | 8 | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Langue | 35 | 2,4 | 31 | 2,4 | 38 | 2,2 | 15 | 0 | 0 | 31 | 6 | 0 | 0 | 1 |
| Glandes salivaires | 6 | 0,4 | 4 | 0,3 | 6 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Gencives | 9 | 0,6 | 5 | 0,4 | 11 | 0,6 | 4 | 0 | 0 | 6 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| Plancher buccal | 35 | 2,4 | 30 | 2,4 | 38 | 2,2 | 9 | 0 | 0 | 24 | 12 | 0 | 1 | 1 |
| Cavité buccale | 15 | 1,0 | 15 | 1,2 | 20 | 1,2 | 6 | 0 | 0 | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Oro-pharynx | 62 | 4,3 | 45 | 3,5 | 80 | 4,7 | 21 | 1 | 2 | 49 | 22 | 5 | 1 | 3 |
| Rhino-pharynx | 7 | 0,5 | 5 | 0,4 | 8 | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fig. 4. — Bilan annuel des malades suivant la localisation des néos (résultats partiels).

| *DOSSIER* | *NOM* | *SEXE* | *NEO* | *NATURE* | *TNM* | *RADIOTHERAPIE EXTERNE* *Histologie* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1380 = 74 | AN | F | 173 | SEIN | | ADENOCARCIN TRABECULAIRE |
| 787 = 74 | AN | F | 173 | SEIN | 110 | ADENOCARCIN TRABECULAIRE |
| 1020 = 74 | AR | F | 173 | SEIN | | ADENOCARCIN S.A.I. |
| 1000 = 74 | AU | F | 173 | SEIN | | ADENOCARCIN TRABECULAIRE |
| 1923 = 75 | AU | F | 173 | SEIN | 010 | CARCIN SQUIRRHEUX |
| 536 = 74 | BA | F | 173 | SEIN | 200 | ADENOCARCIN TRABECULAIRE |
| 1575 = 74 | BE | F | 173 | SEIN | | ABSENCE DE RENSEIGNEMENTS |
| 549 = 74 | BE | F | 173 | SEIN | 410 | CARCIN IN SITU S.A.I. |
| 1231 = 74 | BO | F | 173 | SEIN | 400 | ABSENCE DE RENSEIGNEMENTS |

Fig. 5. — Edition condensée (1re partie) après rangement par ordre alphabétique et sélection (tumeurs du sein, traitées par radiothérapie après chirurgie).

CENTRE ALEXIS VAUTRIN NANCY

NOM : ME SEXE : F DOSSIER : 2024-75
NEO : 180 COL UTERIN HISTO :

RADIOTHERAPIE EXTERNE

NUMERO 2471 TRAITEMENT 1 DEBUT 7/11/75 FIN 15/12/75 AGE : 57 ANS MEDECIN : PS
* CARACTERISTIQUES : CURATIF CONFORME NON CONCENTRE
2 FAISCEAUX DOSI ORD
VOL 1 NUM 8239 ABDOMEN EN TOTALITE D.G TP+ADENO APP : COBALT TH 780 2 CHAMPS OPPOSES
DOSE : 5000 R 25 SEANCES 39 JOURS 200 R/SEANCE 4 SEANCES/SEM NSD : 1540 R
TDF : 79

CURIETHERAPIE

NUMERO 1777 TRAITEMENT : 1 DEBUT 9/1/76 AGE : 57 ANS
* CARACTERISTIQUES : CURATIF
VOLUME : 1 NUM 8441 PARAVAGIN SUP MIL TUM PRIMIT DOSE : 6000 R
ISOTOPE : CS 137 SOURCES : 3 RECTILIGNES
DOSE VESSIE : 2700 R DOSE RECTUM : 1700 R

Fig. 6. — Exemple d'édition complète en clair des divers traitements radiothérapiques (radiothérapie externe et curiethérapie) d'un malade (chaînage entre les 2 fichiers).

On sait que l'introduction de l'informatique avec sa rigueur et ses contraintes est délicate dans le milieu hospitalier. Aussi, plutôt que d'envisager comme d'habitude, un dossier informatique global couvrant tous les domaines (clinique, diagnostic, thérapeutique, évolution ...) nous avons préféré partir de domaines bien limités et avons choisi les données radiothérapiques qui, précises et nombreuses, se prêtent à un traitement informatique.

Nous avons mis au point un ensemble de programmes écrits en Fortran permettant d'exploiter les fichiers de radiothérapie externe et de curiethérapie. Nous les avons

appliqués aux traitements réalisés en 1975 au C.A.V. et un certain nombre de résultats sont présentés dans le document cité en introduction.

Les fichiers utilisés dans cette étude comportent de nombreux renseignements techniques que l'on peut facilement augmenter ou modifier suivant les souhaits des médecins responsables. Les fichiers sont indépendants mais on peut par programme les « chaîner » entre eux sans modification de leur présentation sur disque et regrouper chronologiquement les différentes données de chaque malade (fig. 6). On constitue en fait un fichier unique.

Le nombre des fichiers peut être accru progressivement (fichiers de chimiothérapie, de chirurgie, d'évolution, ... etc.) ce qui permettrait de réaliser finalement pour chaque sujet un dossier médical complet et évolutif.

Rappelons que les Centres anticancéreux français possèdent depuis 1975 un fichier informatique général traité à l'échelon national. Ce fichier global est parfaitement complémentaire des fichiers techniques présentés dans ce travail. Alors que les derniers sont facilement adaptables, spécifiques d'un Centre et peuvent être très complets, le fichier général doit convenir à tous et ne peut donc renfermer qu'un nombre modéré d'informations d'intérêt indiscutable. En pratique, les Centres fournissent depuis le début de l'année 1975, une fiche qui correspond à une carte à 80 colonnes et renferme des données générales sur le malade et les caractéristiques de la lésion lors de la première visite (fig. 7). Toutes ces fiches sont rassemblées et constituent le fichier commun aux Centres à partir duquel on effectue des statistiques globales et par Centre.

A l'échelon local, on peut vouloir associer les données générales envoyées et des données techniques. Il suffit de réaliser (ou de recevoir) un double du fichier informatique adressé et de le « chaîner » avec des fichiers techniques du type des fichiers décrits (simplifiés pour éviter les informations en double). Cette formule souple pourrait faciliter dans l'avenir l'implantation progressive de dossiers médicaux informatiques en cancérologie.


## Résumé

Les auteurs présentent une exploitation sur ordinateur de fichiers de radiothérapie externe et de curiethérapie. Les programmes écrits en Fortran permettent des sélections, des tris, des statistiques et de nombreuses éditions, complètes et en clair, ou condensées. Les fichiers sont chaînés automatiquement et leur nombre peut être augmenté progressivement pour constituer un dossier médical complet et évolutif. Ils peuvent compléter les données générales fournies au fichier commun à tous les centres anti-cancéreux français.

## Samenvatting

De auteurs stellen een computer-beheerd kaartensysteem van uitwendige radiotherapie en curietherapie voor. Met de programma's, die in Fortran geschreven zijn, kunnen selecties, sorteringen, statistieken en talrijke verslagen gemaakt worden, zowel volledig en niet gecodeerd als gecondenseerd.

De kaartsystemen worden automatisch aaneengeschakeld en hun aantal kan progressief verhoogd worden om een volledig en evolutief medisch dossier te vormen. Zij kunnen de algemene gegevens aanvullen die ingevoerd worden in het kaartsysteem dat gemeenschappelijk gebruikt wordt door alle Franse anticentra voor kankerbestrijding.


## Bibliographie


1. DUTREIX J., DUTREIX A. et ZUMMER K.: Data recording in radiotherapy. *Computer programs in biomedicine,* 2: 232-241, 1972.
2. GARY-BOBO J. et ROSSI M.: Réalisation d'un dossier de cancérologie exploitable par ordinateur. Bilan de 5 ans d'utilisation. *Journal de Médecine de Montpellier,* 4: 197-200, 1970.
3. GUSTAFSSON T., MOLLER T. and NORDBERG U.: Beko: a system for documentation of external beam treatment in radiotherapy. *Computers Programs in Biomedicine,* 3: 135-144, 1973.
4. LEGRAS B.: Intérêt médical de l'ordinateur en radiothérapie. *Annales Médicales de Nancy,* 14: 359-362, 1975.
5. MARQUES P., BRU A., CARTON M., COMBES B., FERNET P., MANN N., PENALBA L. et POISSON P.: Étude et réalisation d'un système d'exploitation automatisée des dossiers médicaux en cancérologie. *Rev. Informatique Méd.,* 3: 187-192, 1972.

6. MINET P. et TIBAUX G.: Premières impressions au sujet du traitement par l'ordinateur des dossiers de patients cancéreux. In *Computers in Radiology,* Ed. R de Haene and A. Wambersie, S. Karger, 1970.
7. ORTON C.G. and ELLIS F.: A simplification in the use of NSD concept in practical radiotherapy. *Brit. J. Radiol.,* 46: 529-533, 1973.
8. RUBINSTEIN K. et DUTREIX J.: Réalisation d'un dossier de radiothérapie exploitable par l'ordinateur. In: *Computers in Radiology,* Ed. R. de Haene and A. Wambersie, S. Karger, 1970.

*Address reprint requests to :* B. Legras
Informatique Médicale,
Faculté de Médecine
B.P. 1080 - 54019 F Nancy-Cédex

Intérêt d'un programme de courbes iso-effet en radiothérapie externe

LEGRAS B, CHAU N, KARCHER G, MALLET J-L, MARTIN J, LEGRAS J

Annales de Radiologie, 1978, 21, 65-68

No 39

# Intérêt d'un programme de courbes iso-effet en radiothérapie externe

B. LEGRAS[1-2], M. POTDEVIN[3], P. BEY[1], P. SCHOUMACHER[1]

**RÉSUMÉ**

**Les auteurs montrent l'intérêt d'un programme de calcul des facteurs TDF. Le programme mis au point est couplé à une chaîne de programmes de dosimétrie fournis avec le système informatique, ce qui permet le tracé des courbes iso-effet après les isodoses. L'analyse suivant l'effet biologique est utile dans tous les cas et principalement lorsqu'on ne traite pas tous les champs à chaque séance.**

**MOTS CLÉS : Radiothérapie*, dosimétrie - Ordinateurs.**

**SUMMARY**

**The value of a programme of iso-effect curves in external radiotherapy.** — A description of the value of a computing programme of the TDF factors. The programme developed is coupled to a chain of programmes of dosimetry supplied with the computer, which permits plotting of iso-effect curves on the basis of the isodoses. Analysis according to the biological effect is useful in all cases and especially when not all fields are treated at each session.

**INDEX TERMS : Radiotherapy dosage - Computers.**

De nombreux radiothérapeutes utilisent une modalité de traitement simplifiée qui consiste à ne pas irradier à chaque séance les volumes-cibles par l'ensemble des champs concernés. Depuis plusieurs années, différents auteurs [2, 3, 6, 8, 10] ont étudié les effets cliniques produits par cette technique et les ont analysés à l'aide du concept classique de la NSD [1] ou de son extension en facteur TDF (facteur temps-dose-fractionnement [7, 9]* *(voir note explicative page ci-contre).*

Gitterman [3] a montré à l'aide de courbes iso-TDF que, suivant la localisation de la lésion, la balistique employée, la dose et le rayonnement utilisés, on pouvait accepter ou non cette modalité simplifiée.

Comme les radiothérapeutes utilisent de plus en plus fréquemment l'ordinateur pour connaître la répartition des doses en radiothérapie externe, il semblerait donc utile de leur fournir, outre les courbes isodoses, les courbes iso-TDF, c'est-à-dire des courbes iso-effet si on admet le concept en première approximation.

Pour ces raisons, nous avons mis au point et incorporé à l'ensemble des programmes de dosimétrie fournis avec notre ordinateur, un programme qui calcule les TDF et permet le tracé des courbes iso-effet.

## Le système informatique utilisé et ses programmes de dosimétrie

Le Centre Alexis Vautrin possède un ensemble informatique pour la dosimétrie. Il comprend un ordinateur PDP 11 (mémoire centrale 16 K.mots) muni d'un disque, d'une console de visualisation, d'un lecteur de courbes et d'un traceur de courbes. Les programmes de dosimétrie fournis ont été mis au point par Cunningham et utilisent la méthode de calcul de dose qu'il a inventée (séparation du rayonnement primaire et diffusé, utilisation des rapports tissus, air et diffusés, air) [5].

* Voir note explicative.

(1) Le programme est écrit en Fortran et conversationnel. Il est à la disposition des personnes intéressées.

Le programme principal (CBEAM) calcule la dose aux points d'une grille de mesure pour chaque faisceau et pour une dose donnée fixée. Les résultats pour chaque faisceau sont stockés dans un fichier sur disque. Le programme suivant (CMTSUM) additionne les doses de chaque faisceau en leur affectant un poids choisi par l'utilisateur. Les programmes ultérieurs visualisent les isodoses sélectionnées sur la console ou les tracent sur la table. Ils impriment également la dose maximale calculée par l'ordinateur et divers renseignements (fig. 1).

## Programme ISOTDF (1)*

Le découpage modulaire des programmes de dosimétrie et le stockage en mémoire des doses par faisceau facilite le calcul des TDF après la dosimétrie.

Le programme est appelé après la détermination des isodoses ; on connaît alors la dose maximale obtenue et les facteurs de pondération utilisés.

Travail 1) du centre anticancéreux Alexis Vautrin, 2) de la Section d'Informatique médicale (Unité INSERM U.115) de la Faculté de Médecine et 3) du Service de Mathématiques appliquées de la Faculté des Sciences, Nancy.

**Tirés à part :** Dr B. Legras, Informatique Médicale, Faculté de Médecine, B.P. 1080, F 54019 NANCY CEDEX (France).

**Reçu le 17 octobre 1977. Accepté le 14 novembre 1977.**

LEGRAS B., POTDEVIN M., BEY P., SCHOUMACHER P. — Intérêt d'un programme de courbes iso-effet en radiothérapie externe. **Ann. Radiol.**, 1978, **21** (1), 65-68.

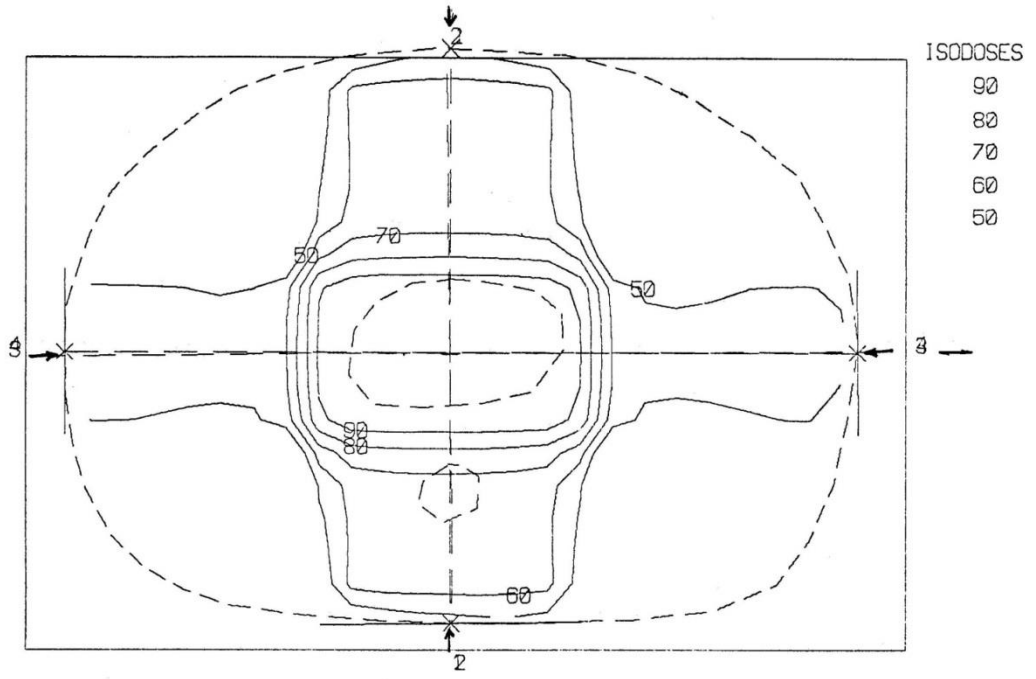



Fig. 1

**Impression des isodoses d'un traitement par 4 champs au cobalt 60. Les isodoses sont exprimées en pourcentage de la dose maximale égale à 2 077 rads pour une dose donnée de 1 000 rads par faisceau : le volume-cible au centre et le volume sensible (moelle) sont limités par des tirets.**

```
NUMERO DE PARTIE
-
DOSE MAXIMALE ORDI (RADS)
----
ISODOSE CHOISIE (POURCENTAGE)
---
DOSE PAR SEANCE A T (RADS)
---
NOMBRE DE SEANCES
--
NOMBRE DE JOURS
--
INTERVALLE AVEC PARTIE SUIVANTE (JOURS)
--
POIDS (FAISCEAU 1)
--.--
POIDS (FAISCEAU 2)
--.--
```

Fig. 2

**Entrée des données d'un programme ISOTDF. Les données sont introduites à la console à l'emplacement des tirets.**

On introduit pour chaque partie du traitement la dose maximale calculée par l'ordinateur, l'isodose choisie, la dose à la tumeur par séance, le nombre de séances, le nombre de jours, l'intervalle avec une éventuelle partie suivante. Pour chaque faisceau, on indique la pondération (fig. 2).

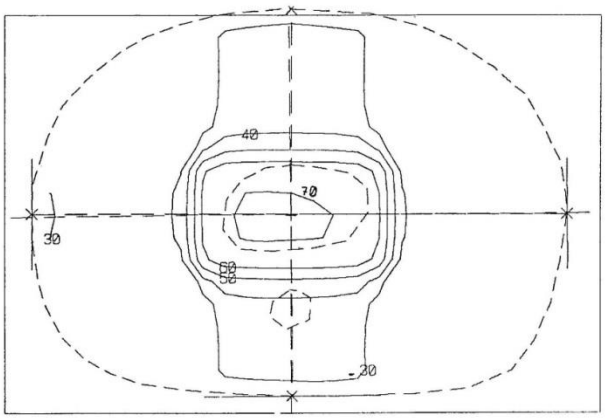
L'ordinateur cherche en chaque point de la grille la dose obtenue par le faisceau correspondant. Il calcule la dose par séance pour l'ensemble des faisceaux concernés et détermine ensuite le TDF par la formule d'Orton et Ellis [4, 7][2].

(2) Voir note explicative p. 64.

```
PARTIE : 1

DOSE MAXIMALE(ORDI) :      2077 RADS
ISODOSE CHOISIE :            90%
DOSE PAR SEANCE A T :       200 RADS
NOMBRE DE SEANCES :          20
DUREE DE LA PARTIE :         28 JOURS
INTERVALLE AVEC PARTIE  2 :   0 JOURS
FAISCEAU   1     2     3     4     5
   POIDS  2.00  2.00  0.00  0.00  0.00


PARTIE : 2

DOSE MAXIMALE(ORDI) :      2077 RADS
ISODOSE CHOISIE :            90%
DOSE PAR SEANCE A T :       200 RADS
NOMBRE DE SEANCES :          10
DUREE DE LA PARTIE :         14 JOURS
INTERVALLE AVEC PARTIE  3 :   0 JOURS

FAISCEAU   1     2     3     4     5
   POIDS  0.00  0.00  2.00  2.00  0.00
```

Fig. 3

**Impression des données introduites pour le programme ISOTDF, données correspondant à l'exemple de la figure 6.**




4

Fig. 5

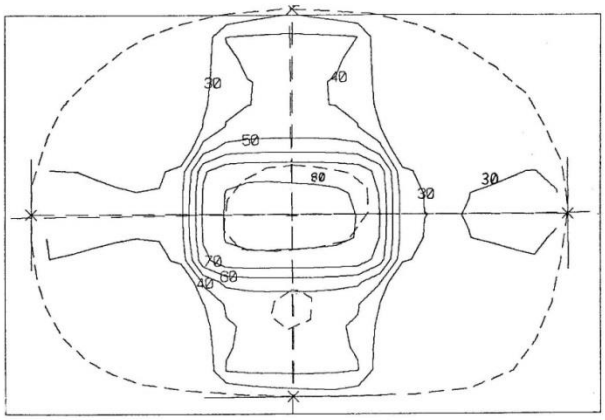
**Conditions non standard de traitement : 300 rads par séance, 3 séances par semaine, les 4 faisceaux par séance. La dose équivalente maximale est égale à 8 195 rads soit 23 % de plus que la dose maximale.**

Fig. 6

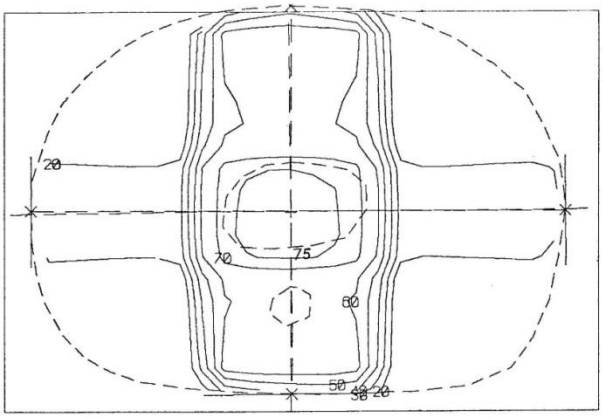
**Traitement en 2 parties sans intervalle de temps. Conditions standard : 200 rads à T par séance, 5 séances par semaine.**
**a) 4 000 rads par faisceaux antérieur et postérieur sur isodose 90 %, les 2 faisceaux par séance.**
**b) 2 000 rads par faisceaux latéraux sur isodose 90 %, les 2 faisceaux par séance.**
**La dose équivalente maximale est de 7 654 rads soit 14,8 % de plus que la maximale.**

Fig. 4

**Conditions standard de traitement : 200 rads par séance, 5 séances par semaine, les 4 faisceaux par séance. La dose équivalente maximale est égale à 7 056 rads dont 5,8 % de plus que la dose maximale.**




5




6

Dans un dernier temps, l'ordinateur additionne les TDF pour les différentes parties. On trace, ensuite, à l'aide des programmes de dosimétrie, les courbes iso-effet réunissant les points ayant même TDF.

En réalité, nous préférons au TDF un facteur qui en découle directement, la « dose équivalente » qui est la dose correspondant aux conditions standard de 200 rads/séance, 5 séances par semaine (2).

Pour permettre les contrôles, le programme fournit, à la fin des calculs des TDF, un récapitulatif des données introduites (fig. 3).

## Exemples

Les figures 4, 5 et 6 présentent des courbes iso-effet pour différentes modalités appliquées à la distribution des doses de la figure 1. La dose choisie à la tumeur, pour les exemples des figures 4, 5 et 6 est de 6 000 rads sur l'isodose 90 p. cent (dose maximale = 6 666 rads). Les courbes iso-effet correspondent à des doses équivalentes et sont exprimées en Gray (rads/100).

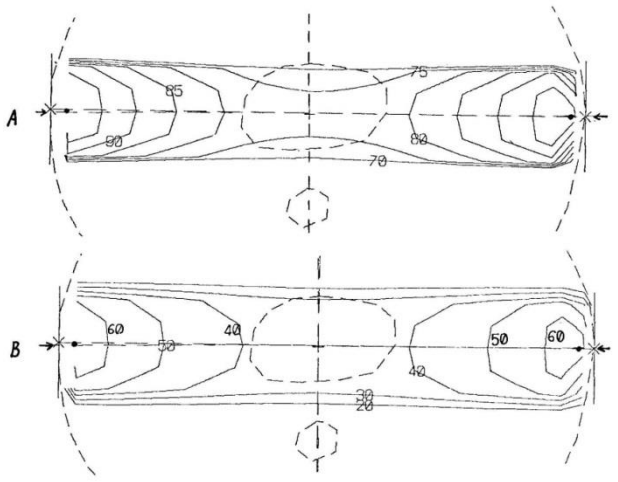



Fig. 7

**a) Isodoses en pourcentage de la dose maximale. b) Isodoses équivalentes en Gray (rads/100).**

La figure 7 envisage le cas où l'on veut donner 4 000 rads sur l'isodose 75 p. cent (dose maximale = 5 333) par les faisceaux latéraux seuls (fig. 7*a*). On utilise le rythme habituel (200 rads par séance, cinq fois par semaine) mais on traite chaque champ, une séance sur deux. L'intervalle de séparation entre les deux champs est égal à 24 cm. La dose équivalente maximale située à 0,5 cm de profondeur est égale à 6 629 rads, soit 24,3 p. cent de plus que la dose maximale. A l'isodose 70 p. cent (soit 3 733 rads) correspond environ l'isodose équivalente égale à 3 000 rads (fig. 7*b*).

## Discussion

Si l'on accepte la validité clinique du concept NSD - TDF, il est plus correct d'analyser chaque traitement selon sa distribution en courbes iso-effet que suivant sa distribution en isodose. Les facteurs TDF ont été choisis comme mesure de l'effet biologique parce qu'ils peuvent être calculés pour des situations de non tolérance partielle, qu'ils sont additifs et qu'au contraire de la tolérance partielle ils ne nécessitent pas la connaissance du seuil de tolérance. Ils peuvent être facilement transformés en dose équivalente, notion plus parlante aux non spécialistes.

Nous avons mis au point un programme conversationnel qui permet le calcul des TDF après les doses, les programmes fournis stockant ces dernières dans des fichiers jusqu'à la dosimétrie suivante. Les résultats présentés rappellent des notions connues. Il n'y a pas une dépendance linéaire entre la dose et le TDF. En effet le TDF s'exprime en fonction de la dose à la puissance 1,538. Ainsi, un point « chaud » de 5 p. cent en dose devient un point « chaud de 8 p. cent en TDF et de même un point « froid » de 5 p. cent en dose l'est de 8 p. cent en TDF. Si seulement un champ est traité chaque jour, on perd de l'homogénéité de dose. Les points près de la surface des champs traités reçoivent une dose biologique majorée et par exemple, la modalité simplifiée (pas tous les champs à chaque séance) paraît peu acceptable dans les cas suivants traités par cobalt 60 : séparation importante des champs entraînant une hétérogénéité notable des doses, extension près de la surface de la tumeur, présence d'un organe critique en périphérie (moelle par exemple).

En pratique, le tracé des courbes iso-effet présente un intérêt particulier dès que le traitement ne suit plus les conditions habituelles, c'est-à-dire dans les cas suivants : dose à la tumeur différente de 200 rads par séance, nombre de séances par semaine inférieur à 5, traitement en deux parties séparées par un délai, traitement en deux parties avec des conditions différentes de dose ou de rythme, faisceaux non donnés à chaque séance. C'est essentiellement pour ces catégories que nous comptons employer systématiquement le programme présenté.

## Conclusion

Nous avons mis au point un programme qui passe sur petit ordinateur et qui fournit des courbes iso-effet définies par le facteur TDF. L'analyse de ces courbes permet de mieux apprécier les effets de l'irradiation que les courbes isodoses, principalement lorsqu'on n'emploie pas les conditions standard de dose et de rythme et que l'on n'irradie pas par tous les faisceaux à chaque séance.

REFERENCES

1. ELLIS F. — Nominal standard dose and the ret. *Brit. J. Radiol.*, 1971, **44**, 101-108.
2. ELLIS F., SORENSEN A., LESCRENIER C. — Radiation therapy schedules for opposing parallel fields and their biological effects. *Radiology*, 1974, **111**, 701-707.
3. GITTERMAN M., LITTMAN P., DOPPKE K., WANG C. — Rethinking the necessity of treating all fields at each radiotherapy session. *Radiology*, 1975, **117**, 419-424.
4. GOITEIN M. — The computation of time, dose and fractionation factors for irregular treatment schedules. *Brit. J. Radiol.*, 1974, **47**, 665-724.
5. JOHNS H., CUNNINGHAM J. — *The physics of Radiology*, Springfield Ill., Charles C. Thomas, 1969.
6. MARKS R., AGARWAL S., CONSTABLE W. — Increased rate of complications as a result of treating only one prescribed field daily. *Radiology*, 1973, **107**, 615-619.
7. ORTON C., ELLIS F. — A simplification in the use of the NSD concept in practical radiotherapy. *Brit. J. Radiol.*, 1973, **46**, 529-537.
8. QUINT R., ABATUCCI J.S. — Incidence pratique de la notion de NSD. *J. Radiol. Electrol.*, 1971, **52**, 707-716.
9. SWYNGEDAUW J. — Dose de tolérance tissulaire, dose de stérilisation tumorale en irradiations continues ou discontinues. *J. Radiol. Electrol.*, 1975, **56**, 369-381.
10. WILSON C., HALL E. — On the advisability of treating all fields at each radiotherapy session. *Radiology*, 1971, **99**, 419-424.

Une méthode originale d'optimisation des traitements radiothérapiques externes adaptée à un petit système informatique

POTDEVIN M, LEGRAS B, LEGRAS J, SCHOUMACHER P, ALETTI P

Annales de Radiologie, 1980, 23, 36-40

No 46

# UNE MÉTHODE ORIGINALE D'OPTIMISATION DES TRAITEMENTS RADIOTHÉRAPIQUES EXTERNES ADAPTÉE A UN PETIT SYSTÈME INFORMATIQUE

M. POTDEVIN (1), B. LEGRAS (2), J. LEGRAS (1), P. SCHOUMACHER (3), P. ALETTI (3)

RÉSUMÉ

**Les auteurs présentent une optimisation automatique des doses, adaptée à un petit système informatique spécifique de la dosimétrie. L'optimisation est réalisée suivant la technique classique de la programmation linéaire et revient à rendre la répartition des doses la plus uniforme possible au niveau du volume-cible. Les interventions des opérateurs ont été réduites au minimum.**

MOTS-CLÉS : Radiothérapie externe - Optimisation - Programmation linéaire - Ordinateur.

SUMMARY

**An original method for optimization of external radiotherapy using a data-processing system.**
The authors describe a method for automatic optimization of doses using a small data-processing system specifically adapted for dosimetry. Optimization is obtained by using the traditional technique of linear programmation which enables the most uniform distribution of doses possible to the target-volume. The operator's part in the procedure has been reduced to a minimum.

KEY-WORDS : External radiotherapy - Optimization - Linear programmation - Computer.

## INTRODUCTION

Différents auteurs ont défini les critères d'un bon plan de traitement en radiothérapie externe [8, 12] et on peut les résumer ainsi : 1) distribution des doses uniforme à l'intérieur du volume-cible ; 2) doses minimales dans les tissus normaux environnant, avec des valeurs inférieures à des seuils fixés dans certaines régions vulnérables.

Pour résoudre le problème automatiquement, plusieurs procédés ont été essayés : recherche exhaustive [7], programmation linéaire [1, 3, 4, 6, 9, 10], programmation non linéaire [2, 15]. La méthode la plus utilisée est la programmation linéaire dont la résolution se fait par la technique classique du simplexe [5]. Cette technique permet de trouver la valeur maximale ou minimale d'une fonction linéaire appelée la fonction objectif lorsqu'une combinaison linéaire des variables est limitée par des valeurs choisies. Dans le problème étudié, on a à résoudre une série d'équations linéaires dans lesquelles les poids des faisceaux sont les variables.

Un problème important réside dans le choix de la fonction objectif. La majorité des auteurs minimise la dose intégrale aux tissus sains ou aux seuls organes vulnérables. Récemment Redpath a proposé une technique de programmation quadratique pour obtenir la répartition la plus homogène des doses dans le volume-cible et il a adapté les programmes à un petit système informatique [14, 15].

Parallèlement à ces derniers travaux, nous avons mis au point une optimisation par programmation linéaire suivant un critère d'homogénéité et nous avons incorporé les programmes d'optimisation dans un petit système informatique spécialisé pour la dosimétrie [1, 2, 11, 13].

## SYSTÈME INFORMATIQUE UTILISÉ

A la fin de ce travail, en juin 1978, le système informatique du Centre Anticancéreux * comprenait un ordinateur PDP 11 avec une mémoire centrale de 16 K mots de 16 bits, des disques amovibles de 1,2 million d'octets, un lecteur de courbes, un traceur de courbes et une console. Il avait été livré avec un ensemble de programmes de dosimétrie qui ont été mis au point par Cunningham et qui utilisent sa méthode de calcul des doses (séparation des rayonnements primaires et secondaires ; utilisation des rapports tissu-air et diffusés-air). La figure 1 présente les principaux programmes de dosimétrie utilisés avant ou après l'optimisation et indique leurs fonctions. Tous ces programmes ainsi que ceux mis au point sont conversationnels, l'utilisateur répondant aux questions qui apparaissent sur la console. Ils sont en outre écrits en Fortran, c'est-à-dire facilement adaptables à un autre matériel.

* Système TP 11 (A.E.C.L.).

Reçu le 25 septembre 1978. Accepté le 5 décembre 1978.

*(1) Section de Mathématiques Appliquées - Faculté des Sciences - NANCY.*
*(2) Section d'Informatique Médicale (Groupe INSERM U. 115) - Faculté de Médecine - NANCY.*
*(3) Centre Anticancéreux Alexis Vautrin - NANCY.*

*Tirés à part : Dr.* B. LEGRAS, *Informatique Médicale, Faculté de Médecine, B.P. 1080 - F 54019 NANCY CEDEX.*

POTDEVIN M., LEGRAS B., LEGRAS J., SCHOUMACHER P., ALETTI P. — Une méthode originale d'optimisation des traitements radiothérapiques externes adaptée à un système informatique. **Ann. Radiol.**, 1980, **23**, 1, 36-40.

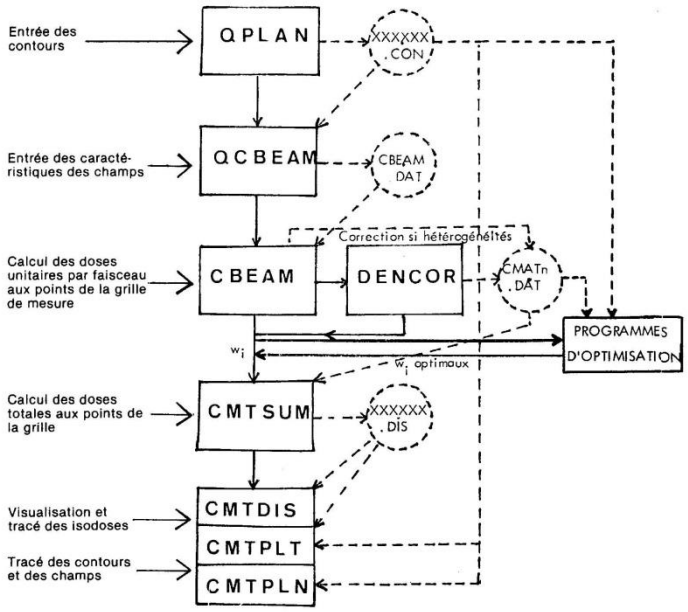



**Fig. 1. — Programmes de dosimétrie utilisés pour l'optimisation (champs rectangulaires fixes). □ Programmes. O Fichiers.**

## OPTIMISATION EN HOMOGÉNÉITÉ

Pour optimiser l'homogénéité des doses dans le volume-cible, nous avons choisi de minimiser le total des doses au niveau de certains points choisis dans ce volume, sous la condition que chacune de ces doses reste supérieure au seuil fixé (dose à la tumeur) **. Les points sont introduits à l'aide d'un graf-pen par l'utilisateur ou déterminés automatiquement. Dans ce dernier cas, le programme repère les points situés aux nœuds de la grille de mesure qui sont à l'intérieur du contour du volume-cible (nécessairement entré au début de la dosimétrie).

Par ailleurs, on peut adjoindre d'autres contraintes de dose sur certains points d'organes sensibles ou à l'entrée des faisceaux. Ces points sont indiqués à l'aide du graf-pen avant l'optimisation. Dans cette situation, le problème peut ne pas avoir de solution réalisable.

En pratique, l'optimisation comprend les étapes suivantes réalisées chacune par des programmes différents :

— Détermination automatique des points de la tumeur situés aux nœuds de la grille à l'intérieur du premier contour interne (qui doit correspondre au volume-cible) ou entrée des points choisis à l'aide du graf-pen.

— Détermination des doses unitaires par faisceau pour chacun des points sur lesquels doit porter l'optimisation (points d'optimisation). Pour les points aux nœuds de la grille, les doses sont obtenues directement par lecture des fichiers où elles sont stockées ; pour les autres points, les doses sont obtenues par un calcul d'interpolation linéaire à partir des doses voisines aux nœuds de la grille.

— Calcul de la fonction et des relations de contrainte, puis optimisation linéaire par la méthode du simplexe. Celui-ci recherche dans une première phase s'il existe une solution ; dans l'affirmative, une deuxième phase conduit à la solution optimale ; on obtient alors les coefficients de pondération optimaux des différents faisceaux (fig. 2).

— Pour contrôler, on peut, avec un autre programme, calculer la dose totale en chaque point d'optimisation et imprimer les résultats (fig. 3).

La taille de la mémoire centrale de l'ordinateur apporte les limitations suivantes actuelles. Les programmes de dosimétrie stockent les doses unitaires d'un maximum de 9 faisceaux qui peuvent différer par un ou plusieurs paramètres : position, énergie des photons, dimensions des champs, présence ou non de coin. Le programme d'optimisation par le simplexe ne permet pas de dépasser 52 contraintes soit un maximum de 52 points à l'intérieur du volume-cible. Si l'on veut introduire des contraintes en dehors du volume-cible, le programme limite alors à 20 points dans la tumeur et 32 points à l'extérieur.

## EXEMPLES

### Exemple d'optimisation avec contraintes de dose en dehors du volume-cible

Il s'agit du traitement d'une tumeur œsophagienne par télécobalt. On essaye 8 positions séparées par des angles de 45° en commençant par 0° (faisceau antérieur) ; les champs définis à la peau (traitement en DSP) ont tous les mêmes dimensions (5 × 12 cm). Les contraintes de dose sont les suivantes : doses $\geqslant$ 60 Gy au volume-cible, $\leqslant$ 40 Gy à la moelle, $\leqslant$ 25 Gy dans la partie moyenne des poumons. Le programme fournit une solution avec une pondération strictement nulle des 2 faisceaux latéraux. La figure 4 montre des pondérations des autres faisceaux et les isodoses correspondantes exprimées en Gray. La dose maximale est égale à 63,65 Gy soit un surdosage maximal d'environ 5 %.

** Voir en annexe les précisions mathématiques.

OPTIMISATION EN HOMOGENEITE
**********

SEUIL TUMEUR : 6000 RADS
NOMBRE DE POINTS TUMEURS : 22

| FAISCEAUX | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| POIDS | 0.50 | 0.22 | 2.97 | 3.08 | 0.00 | 0.79 |

Fig. 2. — Impression de la solution optimale (valeur correspondant au 2e exemple présenté dans le texte).

CALCUL DES DOSES EN RADS AUX POINTS D'OPTIMISATION
**********

POIDS DE CHAQUE FAISCEAU

| F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.50 | 0.22 | 2.97 | 3.08 | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| COORDONNEES | | DOSE POUR CHAQUE FAISCEAU | | | | | | | | | DOSE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | Y | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | TOTALE |
| GROUPE: 1 TUMEUR (22 POINTS) | | | | | | | | | | | |
| -2.00 | 2.00 | 423 | 150 | 3035 | 1944 | 0 | 442 | 0 | 0 | 0 | 5994 |
| -2.00 | 1.00 | 398 | 164 | 2839 | 2188 | 0 | 496 | 0 | 0 | 0 | 6085 |
| -2.00 | 0.00 | 374 | 165 | 2650 | 2324 | 0 | 526 | 0 | 0 | 0 | 6039 |
| -2.00 | -1.00 | 350 | 164 | 2470 | 2457 | 0 | 555 | 0 | 0 | 0 | 5996 |
| -1.00 | 2.00 | 467 | 160 | 2986 | 2077 | 0 | 411 | 0 | 0 | 0 | 6101 |
| -1.00 | 1.00 | 439 | 176 | 2799 | 2345 | 0 | 459 | 0 | 0 | 0 | 6218 |
| -1.00 | 0.00 | 410 | 177 | 2615 | 2492 | 0 | 487 | 0 | 0 | 0 | 6181 |
| -1.00 | -1.00 | 383 | 176 | 2439 | 2639 | 0 | 513 | 0 | 0 | 0 | 6150 |
| 0.00 | 2.00 | 471 | 171 | 2802 | 2212 | 0 | 381 | 0 | 0 | 0 | 6037 |
| 0.00 | 1.00 | 442 | 188 | 2634 | 2503 | 0 | 425 | 0 | 0 | 0 | 6192 |
| 0.00 | 0.00 | 414 | 190 | 2467 | 2660 | 0 | 450 | 0 | 0 | 0 | 6181 |
| 0.00 | -1.00 | 387 | 188 | 2305 | 2824 | 0 | 474 | 0 | 0 | 0 | 6178 |
| 0.00 | -2.00 | 360 | 171 | 2147 | 2863 | 0 | 479 | 0 | 0 | 0 | 6020 |
| 1.00 | 2.00 | 467 | 182 | 2637 | 2356 | 0 | 353 | 0 | 0 | 0 | 5995 |
| 1.00 | 1.00 | 439 | 201 | 2478 | 2671 | 0 | 393 | 0 | 0 | 0 | 6182 |
| 1.00 | 0.00 | 410 | 202 | 2321 | 2839 | 0 | 416 | 0 | 0 | 0 | 6188 |
| 1.00 | -1.00 | 383 | 201 | 2170 | 3021 | 0 | 437 | 0 | 0 | 0 | 6212 |
| 1.00 | -2.00 | 356 | 182 | 2021 | 3068 | 0 | 443 | 0 | 0 | 0 | 6070 |
| 2.00 | 1.00 | 398 | 213 | 2188 | 2833 | 0 | 363 | 0 | 0 | 0 | 5995 |
| 2.00 | 0.00 | 374 | 215 | 2055 | 3010 | 0 | 384 | 0 | 0 | 0 | 6038 |
| 2.00 | -1.00 | 350 | 213 | 1926 | 3214 | 0 | 403 | 0 | 0 | 0 | 6106 |
| 2.00 | -2.00 | 326 | 193 | 1798 | 3270 | 0 | 408 | 0 | 0 | 0 | 5995 |

Fig. 3. — Détermination des doses par faisceau et des doses totales (rads) aux points d'optimisation (valeurs correspondant au 2e exemple présenté dans le texte). Certaines doses totales sont inférieures à la dose seuil (6 000 rads) du fait d'erreur d'arrondi.

**Exemple d'optimisation sans contraintes de dose en dehors du volume-cible**

On irradie une tumeur ORL au télécobalt par 3 champs orthogonaux avec et sans coin de 45° : champs 5 × 5 cm à la DSP de 80 cm. La dose seuil à la tumeur est choisie égale à 60 Gy. L'optimisation est réalisée selon la modalité automatique. La figure 2 fournit les résultats de l'optimisation. La figure 3 indique les coordonnées des points d'optimisation avec les doses par faisceau et les doses totales. La figure 5 montre la répartition des doses. Les isodoses sont exprimées en Gy ; la dose maximale est égale à 62,16 Gy soit un surdosage maximal inférieur à 5 %. On constate que l'isodose 60 Gy ne couvre pas la totalité du volume-cible. Cela est dû au fait que les points d'optimisation ne comprennent pas les points du contour mais l'erreur faite est en général négligeable.

## DISCUSSION

Nous avons choisi comme but de l'optimisation de rendre la dose aussi homogène que possible dans le volume-cible considéré. Cela peut se traduire de différentes façons :

— on peut minimiser la somme des carrés des écarts (D — **D**). D est la dose en un point de la tumeur et **D** la moyenne des doses de la tumeur. Cette méthode utilisée par Redpath [15] nécessite l'emploi de méthodes de programmation quadratique.

— on peut minimiser la dose maximale à la tumeur en la laissant supérieure au seuil fixé. Cette méthode se résout par programmation linéaire mais nécessite l'écriture de contraintes supplémentaires [1, 2].

— on peut minimiser la somme des doses aux points de la tumeur. C'est la méthode choisie exposée précédemment. Par rapport à la méthode 2, elle permet d'optimiser sur un nombre plus élevé de points au niveau de la tumeur.

Dans tous les cas, l'optimisation par la programmation linéaire conduit à déterminer les coefficients de pondération des faisceaux ; mais en pratique, on peut distinguer deux attitudes différentes :

— Dans le premier cas, il s'agit essentiellement de rechercher les meilleurs emplacements pour les faisceaux. La méthode consiste alors à essayer un grand nombre de positions (par exemple tous les 20 ou 10 degrés soit 18 ou 36 directions), en travaillant à distance source-axe constante. Le programme fournit les coefficients de pondération pour chaque direction et on conserve les emplacements correspondants aux pondérations les plus élevées. Cette optimisation que l'on peut qualifier de lourde (ou de recherche) nécessite un gros ordinateur [1].

— Dans le deuxième cas qui correspond à la grande majorité des traitements, les faisceaux sont en nombre limité et leur direction ainsi que leur dimension ont été fixées par le radiothérapeute. Dans cette optimisation légère (ou de routine), il ne s'agit donc que de déterminer la contribution des différents faisceaux. Un petit système informatique permet de traiter ces cas d'optimisation plus limités comme nous l'avons montré dans cet article.

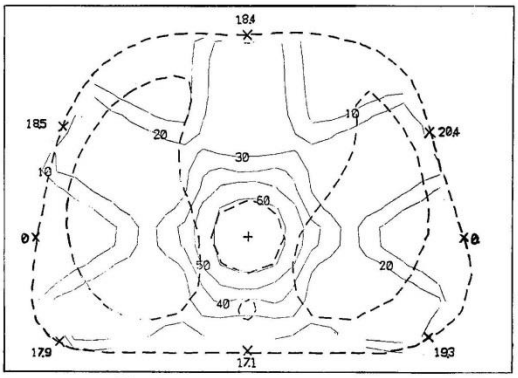



**Fig. 4. — Résultats de l'optimisation du traitement de la tumeur œsophagienne par 8 faisceaux. Les doses données, exprimées en Gy (poids optimaux multipliés par 10) sont indiquées à côté des points d'entrée des faisceaux. Les isodoses correspondent aux doses réelles exprimées en Gy.**

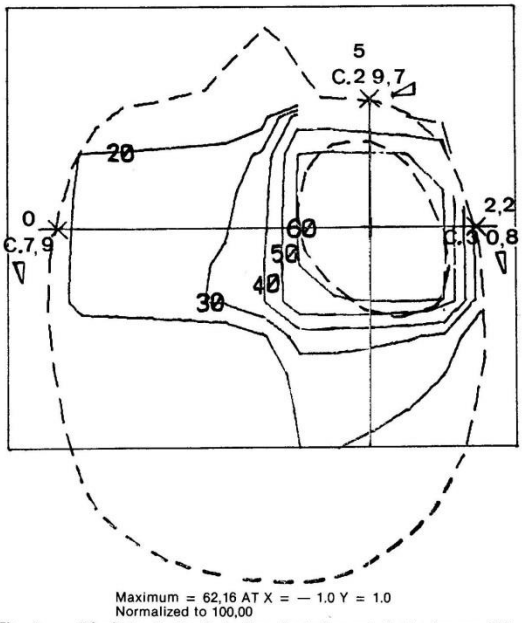



**Fig. 5. — Résultats de l'optimisation du traitement de la tumeur ORL par 6 faisceaux (3 champs orthogonaux avec et sans coin de 45° dont les bords épais sont placés comme cela est indiqué). Les doses données, exprimées en Gy (égales aux poids optimaux multipliés par 10) sont indiquées à côté des points d'entrée des faisceaux (C = faisceau avec coin). Les isodoses correspondent aux doses réelles exprimées en Gy.**

Pour que l'optimisation soit utilisée couramment en routine, nous avons fait en sorte que son emploi soit d'une grande facilité. Dans le cas le plus simple mais peut-être le plus fréquent où on n'introduit pas de contraintes de dose à l'extérieur

du volume-cible, il suffit d'entrer initialement le contour du volume-cible à l'intérieur de la conformation (effort contraignant mais positif pour le radiothérapeute), puis, après le calcul des doses unitaires par faisceau, de lancer l'optimisation en précisant simplement la dose totale à la tumeur. Les programmes mis au point sont chaînés automatiquement et fournissent les coefficients de pondération des différents faisceaux. On continue alors les manœuvres habituelles pour aboutir aux tracés des isodoses. L'intervention humaine réduite ici à son minimum est plus marquée lorsqu'on introduit des points particuliers par le graf-pen et les contraintes de dose associées.

Notons enfin que les dimensions de la mémoire centrale de l'ordinateur limitent le nombre de points d'optimisation et donc la précision des résultats. Une augmentation de la mémoire centrale à 32 K mots devrait permettre une optimisation plus poussée et aussi de tester des techniques de programmation non linéaire qui recherchent une amélioration du résultat en modifiant pas à pas certains paramètres comme la direction des faisceaux [1, 2].

## CONCLUSION

Notre étude a montré qu'on pouvait réaliser une optimisation simple des doses sur un petit système informatique. L'optimisation mise au point recherche la distribution la plus homogène des doses dans la tumeur et fournit les pondérations optimales des différents faisceaux. C'est maintenant aux radiothérapeutes à tester ces techniques qui devraient permettre une amélioration de la qualité de certains traitements radiothérapiques complexes.

## ANNEXE

### Notations

Désignons par :

T : la tumeur (le volume-cible)

$n_T$ : le nombre de points pour l'optimisation dans la tumeur

$n_k$ : le nombre de points définis à l'intérieur de l'organe sensible $O_k$

m : le nombre de faisceaux

$w_j$ : le poids du faisceau j

$d_{ij}$ : la dose unitaire délivrée au point i par le faisceau unitaire j (le faisceau unitaire délivre 1 000 rads au point de référence*)

### Contrainte de dose

— Sur chaque point choisi de la tumeur, la dose totale est supérieure ou égale à la dose tumorale choisie $D_T$

soit $\sum_{j=1}^{m} d_{ij} w_j \geqslant D_T$ avec $i = 1, 2, \ldots n_T$

— Sur chaque point i choisi de l'organe sensible $O_k$, la dose totale est inférieure ou égale à la dose seuil fixée $D_k$

soit $\sum_{j=1}^{m} d_{ij} w_j \leqslant D_k$ avec $i = 1, 2, \ldots n_k$

### Fonction objectif

C'est la somme des doses totales aux points de la tumeur

soit $Z = \sum_{j=1}^{m} w_j \times \sum_{i=1}^{n_T} d_{ij}$

$\sum_{i=1}^{n_T} d_{ij}$ est une constante $c_j$

d'où $Z = \sum_{j=1}^{m} c_j w_j$.

### Conclusion

Si l'on considère l'ensemble des éléments (fonction objectif et contraintes de doses) mis sous forme matricielle, le programme cherche le minimum de

$$Z = C.W$$

avec $A_1 W \geqslant D_T$

$A_2 W \leqslant D_k$

$W \geqslant 0$

W est la matrice des inconnues $w_j$

$A_1$ et $A_2$ sont les matrices des contraintes $d_{ij}$

C est la matrice des coefficients $c_j$

* Le point de référence est la profondeur de l'équilibre électronique pour les traitements en DSP et l'axe pour les traitements en DSA.

## RÉFÉRENCES


1. ALI-AHMED H., LEGRAS B., POTDEVIN M., LEGRAS J., CHAU N., SCHOUMACHER P. — Différentes méthodes d'optimisation par ordinateur des traitements en télécobalthérapie. *J. Fr. bioph. Méd. Nucléaire,* 1977, **5,** 219-223.
2. ALI-AHMED H. — *Techniques d'optimisation en radiothérapie externe.* Thèse de Docteur ès-Sciences, Nancy, 1977.
3. BAHR G.K., KERIADES J.G. — The method of linear programming applied to radiation treatment planning. *Radiology,* 1968, **91,** 686-693.
4. BOURGAT J.F., RIVER M., DUTREX A., BERNARD D. — Optimisation par ordinateur du traitement en télécobalthérapie. *J. Radiol. Electrol.,* 1974, **55,** 775-779.
5. DANTZIG G.B. — Computational algorithm of the revised simplexe method. Santa Monica, California. *The Rand Coporation,* 1973, RM, 1266.
6. HODES L. — Semi-automatic optimization of external beam radiation treatment planning. *Radiology,* 1974, **110,** 191-196.
7. HOPE C.S., CAIN O. — A computer program for optimised stationnary beam treatment planning using score functions. *Computers programs in biomedicine,* 1972, **2,** 221-231.
8. HOPE C.S., LAURIE J., ORR J.S., HALNAN K.E. — Optimisation of X-ray treatment planning by computer judgement. *Phys. Med. Biol.,* 1967, **12,** 531-542.
9. GALLAGHER T.L. — *Optimization of external radiation beams for therapy planning.* Ph. D. Thesis, 1967, Washington.
10. KLEPPER L.Y. — Electronic computers and methods of linear programming in the choice of optimal conditions for radiation therapy. *Medskaya Radiol.,* 1966, **11,** 5-8.
11. LEGRAS B. — *L'optimisation automatique des doses en radiothérapie externe.* 1978. Thèse de Biologie Humaine, Nancy.
12. ORR J.S. Optimisation of the radiotherapy treatment planning. *Computers programs in biomedicine,* 1972, **2,** 216-220.
13. POTDEVIN M., LEGRAS B., SCHOUMACHER P., BEY P. — Programs of optimization, iso-effect curves and treatment time supplementing the dosimetry programs of a small data processing system. 1978. Proposé à Intern. J. Radiat. Oncology.
14. REDPATH A.T., VICKERY B.L., WRIGHT D.H. — A set of fortran subroutines for optimizing radiotherapy plans. *Computer Programs in Biomedicine,* 1975, **5,** 158-164.
15. REDPATH A.T., VICKERY B.L., WRIGHT D.H. — A new technique for radiotherapy planning using quadratic programming. *Phys. Med. Biol.,* 1976, **21,** 781-791.

Optimisation linéaire puis non linéaire de la distribution des doses en radiothérapie externe

LEGRAS J, POTDEVIN M, LEGRAS B

Journal de Biophysique et Médecine Nucléaire, 1981, 5, 169-172

No 57

# Optimisation linéaire puis non linéaire des distributions de dose en radiothérapie externe

J. LEGRAS (*), M. POTDEVIN (*) et B. LEGRAS (**)

RÉSUMÉ. — Les auteurs présentent une méthode d'optimisation non linéaire de la distribution des doses en radiothérapie externe. La méthode définit la géométrie des faisceaux et la dose donnée par chacun d'eux de façon à homogénéiser au mieux les doses dans le volume-cible, tout en respectant des contraintes de seuil dans ce volume et éventuellement dans des organes sensibles. Un exemple illustre les possibilités de cette technique.

SUMMARY. — *The authors describe herein a method of non linear optimization of the doses in external radiotherapy. The method defines the geometry of the beams and the dose given by each of them so as to homogenize the doses as well as possible in the target-volume. The possibilities of this technique are illustrated by an example.*

## I. INTRODUCTION

Différents auteurs ont défini les critères d'un bon plan de traitement en radiothérapie externe ([10], [15]) et on peut les résumer comme suit. Il faut :

(*a*) que la dose soit la plus homogène possible au niveau du volume cible;

(*b*) que la dose soit minimale au niveau des tissus environnants et en particulier qu'elle ne dépasse pas certains seuils au niveau des régions vulnérables.

Pour satisfaire à ces critères, on peut agir sur les nombreux paramètres du traitement qui concernent la balistique de l'irradiation et plus particulièrement sur le nombre, la dimension et la direction des faisceaux, ainsi que sur la dose délivrée par chacun d'eux.

Pour résoudre le problème sur ordinateur, différentes méthodes mathématiques ont été proposées.

L'école de Glasgow ([9], [10], [15]) a étudié une méthode exhaustive destinée à prendre en compte plusieurs paramètres.

Une méthode couramment utilisée est la programmation linéaire ([1], [2], [3], [5], [11], [12]). Citons également la programmation quadratique ([18], [19]). Dans ces deux cas, les variables sont les doses délivrées par chaque faisceau; tous les autres paramètres sont fixés par le radiothérapeute.

Les résultats obtenus par optimisation linéaire peuvent ne pas convenir et amener le médecin à modifier certains éléments du traitement, la direction des faisceaux par exemple. Cette phase d'amélioration est difficilement réalisable par de simples tatonnements : elle peut être obtenue sur ordinateur par la méthode décrite dans cet article, méthode qui permet de déterminer, outre la dose délivrée par chaque faisceau, la position optimale de chacun d'eux. Les autres paramètres (nombre de faisceaux, dimension des champs, énergie du rayonnement) sont fixés *a priori* par le radiothérapeute.

L'article présente cette méthode, les programmes correspondants et illustre ses possibilités et son intérêt sur un exemple.

## I. MÉTHODE ET PROGRAMMES

On suppose les axes des faisceaux coplanaires et concourants; la distance des sources aux points de concours des axes est donnée. La « géométrie des faisceaux » est définie par les variables géométriques : coordonnées du point de concours des axes, angles polaires de ces axes.

Les inconnues du problème d'optimisation sont les variables géométriques et les doses délivrées par chaque faisceau.

On choisit comme critère d'homogénéité de minimiser une fonction objectif $f(x)$ égale à la somme

(*) Département de Mathématiques Appliquées, Faculté des Sciences, Nancy.

(**) Section d'Informatique Médicale, Groupe I.N.S.E.R.M. U. 115, Faculté de Médecine, Nancy.

*Tirés à part* : B. LEGRAS, Informatique Médicale, Faculté de Médecine, B.P. 184, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy.

J. BIOPHYS. ET MÉD. NUCL., 1981, **5**, 3, 169-172. — 0399-0435/1981/169/ $ 5.00/ © Gauthier-Villars

des doses reçues en des points choisis dans le volume cible et sur son contour.

Les contraintes sont des conditions de seuil :

– doses supérieures à un seuil $s_1$ aux points du volume cible;

– doses inférieures à des seuils $s_2, s_3 \ldots$, aux points des différentes zones vulnérables.

Les points qui interviennent dans le calcul de la fonction objectif et ceux pour lesquels nous écrivons les conditions de seuil forment le support d'optimisation. Ils sont fixés par le radiothérapeute.

### 1. Méthode mathématique

La méthode utilisée est une méthode itérative, connue sous le nom de « méthode du gradient projeté ».

Soit $X^r$ les valeurs des variables d'optimisation (variables géométriques, doses délivrées par chaque faisceau) à l'itération $r$. On commence à déterminer une direction de montée D et on donne à chaque variable $x_i$ un accroissement $\delta x_i$ proportionnel à l'élément correspondant $d_i$ de D. On définit ainsi $X = X^r + h\,D$ et on calcule la direction D pour que :

1° toutes les contraintes du problème d'optimisation, vérifiées par hypothèse en $X^r$, restent vérifiées en X pour $h$ suffisamment petit;

2° que la diminution de la fonction objectif soit aussi grande que possible pour $h$ donné.

Cette direction porte le nom de gradient projeté et se calcule par des formules explicitées en [14].

Dans une seconde étape, on détermine $h$ et le point $X^{r+1} = X^r + h\,D$, soit par la condition que ce point soit « meilleur » que le précédent ($f(X^{r+1}) < f(X^r)$), soit, le cas échéant, par la condition qu'une nouvelle contrainte devienne saturée en $X^{r+1}$ (condition « > » remplacée par « = »). On montre que dans le passage de $X^r$ à $X^{r+1}$ :

1° toutes les variables sont en général modifiées, aussi bien les doses que les variables géométriques;

2° la fonction objectif diminue : il y a amélioration de la distribution des doses.

Il est commode d'initialiser le processus itératif par une phase linéaire dans laquelle on se fixe la configuration géométrique et qui calcule les doses.

### 2. Programmes

Ce sont :

1° des sous-programmes généraux d'optimisation non linéaires avec contraintes extraits de [14];

2° des sous-programmes spécifiques de notre problème qui permettent le calcul de la fonction objectif, de son gradient, des contraintes et de leurs dérivées. Ces sous-programmes font eux mêmes appel à des sous-programmes permettant le calcul des doses, adapté de CFIX (programmes de calcul des doses par la méthode de Cunningham [6], mis au point à Villejuif [4]);

3° des programmes principaux d'optimisation, adaptés des programmes de [14], et des programmes de service (chargement des données par exemple).

Cette bibliothèque très structurée peut s'adapter sans difficulté particulière à tout ordinateur et à tout système, en remplaçant éventuellement le sous-programme de calcul de dose par un sous-programme utilisant d'autres formules de calcul.

Ces programmes ont été mis au point sur un MITRA 125 de 64 K mots de mémoire centrale. La durée d'une itération non linéaire, pour 3 faisceaux et 25 contraintes est de 4 minutes environ.

## II. EXEMPLE

L'exemple choisi pour illustrer cette méthode est proche d'un cas réel. Le contour correspond à une section transversale de la tête au niveau du nez.

On se propose d'irradier un volume-cible latéral par trois champs de $5 \times 5$ cm à une distance source-axe de 80 cm. La dose seuil $s_1$ au volume-cible est choisie égale à 60 Gy. Pour augmenter la difficulté, nous avons défini une zone sensible située près du volume-cible; elle ne doit pas recevoir plus de 50 Gy.

Les points d'optimisation sont au nombre de 12 sur le contour du volume-cible, de 10 à l'intérieur de ce volume et de 10 sur le contour de la zone sensible.

Initialement, les axes polaires des faisceaux sont 45, −45 et 180° et le point de concours des axes est au centre du volume-cible en $x=0$, $y=0$; les doses à l'isocentre sont déterminées par optimisation linéaire; les isodoses correspondantes apparaissent sur la figure 1.

Par optimisation non linéaire, après 11 itérations, on obtient les résultats suivants :

| | Valeur moyenne dans la tumeur (Gy) | Valeur maximale dans la tumeur (Gy) |
|---|---|---|
| État initial après optimisation linéaire. . . . . | 65,8 | 70,3 |
| État final après 11 itérations non linéaires. . . . . | 63,0 | 66,7 |

| | Point de concours des axes des faisceaux (cm) | | Angles polaires des faisceaux (°) | | | Doses à l'isocentre (Gy) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $x$ | $y$ | $\theta_1$ | $\theta_2$ | $\theta_3$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ |
| État initial. . . . . | 0 | 0 | 45 | −45 | 180 | 12,4 | 16,9 | 41,0 |
| État final. . . . . | −0,12 | −0,37 | 59,3 | −67,3 | 163,4 | 22,2 | 13,8 | 30,7 |

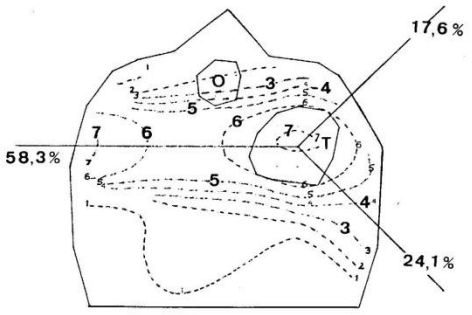



**Fig. 1. – Distribution des doses à la fin de la phase d'optimisation linéaire. Tracé des isodoses de 10 en 10 Gy (7 = isodose 70 Gy ...). Valeur moyenne à l'organe-cible (T) : 65,8 Gy (valeur seuil 60 Gy).** La dose au niveau de l'organe sensible (0) ne doit pas dépasser 50 Gy. La contribution relative de chaque faisceau à la dose à l'isocentre est portée sur chaque axe, exprimée en pour cent.

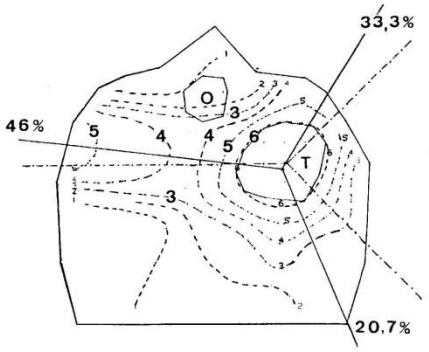



**Fig. 2. – Distribution finale des doses à la fin de la phase d'optimisation non linéaire. Valeur moyenne au volume-cible (T) : 62,9 Gy.** La contribution relative de chaque faisceau à la dose à l'isocentre est portée sur chaque axe, exprimée en pour cent. La géométrie des faisceaux lors de la phase 1 est rappelée (traits – . – ).

Les isodoses correspondant à l'état final apparaissent sur la figure 2.

## III. DISCUSSION

1° Pour mettre au point les techniques d'optimisation, nous avons dû choisir une fonction objectif et nous avons introduit la minimisation de la somme des doses en différents points du volume-cible, ce qui nous a paru une interprétation satisfaisante du critère d'homogénéité de la répartition des doses à l'intérieur du volume-cible. Suivant les cas et l'opinion des radiothérapeutes, on peut préférer d'autres fonctions objectifs et par exemple minimiser les doses sur une zone choisie (organe-cible ou domaine sain entourant le volume-cible). Dans une publication précédente [1], nous avons montré que les résultats obtenus pouvaient différer considérablement selon le choix du critère. Le programme mis au point permet ces différentes possibilités.

2° Nous avons vu que, pour des raisons de commodité, la première itération est une optimisation linéaire, où les positions des faisceaux sont fixés par la radiothérapeute et où le programme d'optimisation calcule les doses délivrées par chaque faisceau. Si cette solution est satisfaisante, on peut s'en tenir là.

Dans le cas contraire, le programme d'optimisation non linéaire conduit à des solutions meilleures par modification de la géométrie des faisceaux et, par voie de conséquence, des doses délivrées. On peut s'arrêter au bout d'un nombre fixé d'itérations (10 par exemple) ou lorsque le gradient projeté est devenu « suffisamment » petit (le terme « suffisamment » devra être précisé par l'expérience).

3° Les essais effectués montre la pertinence de la méthode décrite et des programmes correspondants, mais laissent dans l'ombre certaines questions (choix du nombre de faisceaux, choix du support d'optimisation, de la fonction objectif, etc.) auxquelles seule l'expérience sur des cas réels permettra de répondre.

4° La technique décrite, très précise et sûre, ne prend son plein d'intérêt que si le volume-cible et les zones sensibles sont définis avec précision, ce qui devrait pouvoir être obtenu par exploration tomographique à l'aide d'un scannographe.

## CONCLUSION

Notre étude décrit une méthode qui permet d'améliorer les résultats obtenus par programmation linéaire. Cette technique d'optimisation non linéaire permet de modifier la géométrie des faisceaux par touches successives, de façon à améliorer à chaque étape l'homogénéité des doses dans le volume-cible tout en respectant toutes les contraintes de seuil.

Les programmes correspondants, écrits en FORTRAN, sont conçus sous forme modulaire permettant leur adaptation à tout ordinateur.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] H. ALI-AHMED. B. LEGRAS, M. POTDEVIN, J. LEGRAS, N. CHAU et P. SCHOUMACHER, Différentes méthodes d'optimisation par ordinateur des traitements en télécobalthérapie, *J. Fr. Biophys. et Méd. Nucl.*, **5**, 1977, 219-223.

[2] H. ALI-AHMED, Techniques d'optimisation en radiothérapie externe, *Thèse ès Sciences*, Nancy, 1977.

[3] J. K. BAHR et J. G. KERIADES, The method of linear programming applied to radiation treatment planning, *Radiology*, **91**, 1968, 686-693.

[4] D. BERNARD et A. DUTREIX, Calcul des doses par ordinateur en télécobalthérapie, *J. Radiol. Electrol.*, **53**, 1972, 233-240.

[5] J. F. BOURGAT, M. RIVER, A. DUTREIX et D. BERNARD, Optimisation par ordinateur du traitement en télécobalthérapie, *J. Radiol. Electrol.*, **55**, 1974, 775-779.

[6] J. R. CUNNINGHAM, P. N. SHRIVASTAVA et J. M. WILKINSON, *Computer Programs in Biomedicine*, **2**, 1972, 192-199.

[7] G. B. DANTZIG, *Computational algorithm of the revised simplexe method*, Santa Monica, California, The Rand Corporation, R.M., 1973, 1266.

[8] L. HODES, Semi-automatic optimization of external beam radiation treatment planning, *Radiology*, **110**, 1974, 191-196.

[9] C. S. HOPE et O. CAIN, A computer program for optimized stationnary beam treatment planning using score fonctions, *Computer programs in biomedicine*, **2**, 1972, 221-231.

[10 C. S. HOPE, J. LAURIE, J. S. ORR et K. E. HALNAN, Optimization of X-ray treatment by computer judgement, *Phys. Med. Biol.*, **12**, 1967, 531-542.

[11] T. L. GALLAGHER, Optimization of external radiation beams for therapy planning, *Ph. D. Thesis*, Washington, 1967.

[12] L. Y. KLEPPER, Electronic computers and methods of linear programming in the choice of optimal conditions for radiation therapy, *Medskaya Radiol.*, **5**. 1968.

[13] B. LEGRAS, L'optimisation automatique des doses en radiothérapie externe, *Thèse de biologie humaine*, Nancy, 1978.

[14] J. LEGRAS, *Algorithmes et programmes d'optimisation non linéaire*, Masson, Paris, 1980.

[15] J. S. ORR, Optimisation of the radiotherapy treatment planning, *Computers programs in biomedicine*, **2**, 1972, 216-220.

[16] M. POTDEVIN, B. LEGRAS, J. LEGRAS, P. SCHOUMACHER et P. ALLETI, Une méthode originale d'optimisation des traitements radiothérapiques externes adaptées à un petit système informatique, *Ann. Radiol.*, **23**, 1980, 36-40.

[17] M. POTDEVIN, Programmes d'optimisation non linéaire en radiothérapie externe, *Thèse ès Sciences*, Nancy, 1980.

[18] A. T. REDPATH, B. L. VIDKERY et D. H. WRIGHT, A set of Fortran subroutines for optimizing radiotherapy plans, *Computers programs in biomedicine*, **5**, 1975, 158-164.

[19] A. T. REDPATH, B. L. VICKERY et D. H. WRIGHT, A new technique for radiotherapy planning using quadratic programming, *Phys. Med. Biol.*, **21**, 1976, 781-791.

Software for linear and non-linear optimization in external radiotherapy

LEGRAS J, LEGRAS B, LAMBERT J-P

Computer Programs in Biomedicine, 1982, 15, 233-242

No 78

*Computer Programs in Biomedicine* 15 (1982) 233–242
Elsevier Biomedical Press



# Software for linear and non-linear optimization in external radiotherapy

Jean Legras, Bernard Legras* and Jean-Pierre Lambert

*Service d'analyse numérique et de recherche opérationelle, Faculté des Sciences, 54506 Vandoeuvre lès Nancy*
** Section d'informatique médicale, Groupe INSERM U 115, Faculté de Médecine, Nancy, France*

The study presents a set of programs designed to determine optimum dose distribution either by calculation of beam intensities and field width (in linear progromming) or, in addition, by calculation of beam geometry (non-linear optimization). Various optimization criteria can be selected: homogeneity, concentration on target, entire dose in a sensitive area. The optimization method used is the gradient projection method, and doses are calculated by Cunningham formulae. The article describes the program operating modes, the main subroutines and their functions and specifications, and outlines an example.

Optimization program External radiotherapy Gradient projection

## 1. INTRODUCTION

Various authors have defined the criteria for a sound external radiotherapy treatment plan [1,2], which can be summed up as follows:

(i) Either the dose must be as homogeneous as possible at the level of the target volume;
(ii) Or, the dose must be minimal in the surrounding tissues, and in particular it must not exceed certain thresholds in vulnerable regions.

To meet these criteria, one can vary numerous treatment parameters concerning exposure ballistics, and in particular the quantity, size and direction of beams, and the dose delivered by each beam.

Various mathematical methods have been proposed to solve the problem by computer.

The Glasgow School [1–3], has studied an exhaustive method designed to take into account several parameters.

A method commonly employed is linear programming [4–7]. We may also mention quadratic programming [8,9]. In both these cases, the variables are the doses delivered by each beam; all the other parameters are fixed by the radiotherapist.

The results obtained by linear optimization may be unsuitable and may lead the doctor to alter certain aspects of the treatment, such as beam geometry. This phase of improvement is hard to achieve by mere trial and error methods; it can be performed on computer by the method described in this article, by which one can determine, in addition to the dose delivered by each beam, the optimum position of each beam. The other parameters (quantity of beams, radiation energy, etc.) are fixed beforehand by the radiotherapist.

The software described in this article is the result of a series of works on the application of general methods of linear and non-linear optimization to the specific problem of radiotherapy treatments [10–16].

We shall examine in succession the problem dealt with, the mathematical tool, a description of the software, and more particularly the optimization program, together with an application.

## 2. OPTIMIZATION IN EXTERNAL RADIOTHERAPY

### *2.1. General*

To apply the optimization technique to research on an external radiotherapy treatment plan, threshold conditions must first be set for the doses.

(i) At the target-volume points, and particularly at the points on its contour, we shall write the total dose as being greater than or equal to a threshold $L_1$.

(ii) If there exist one or more sensitive zones, we shall write in each of them that the total dose is less than or equal to a threshold $L_2^i$.

Every treatment plan satisfying these threshold conditions will be termed a 'feasible solution', in accordance with conventional optimization terminology.

These conditions may be satisfied by several treatment plans, and it is natural to select from among them an 'optimum' treatment plan. In this case, one must specify the rather subjective concept of 'optimum treatment plan' by means of a criterion suitable for mathematical translation, which also permits convenient optimization. To change a treatment plan, a practitioner can alter many parameters (e.g., choice of hardware, number of beams, source–axis distance, beam geometry, dose delivered by each beam). Only the following parameters will be determined by computer:

- In linear optimization: the doses delivered for each beam, and the field width;
- In non-linear optimization: the isocenter (point of convergence of the axes), the direction of the axes, the dose delivered by each source and, where applicable, the width of each field.

All the other parameters shall be selected and fixed by the practitioner.

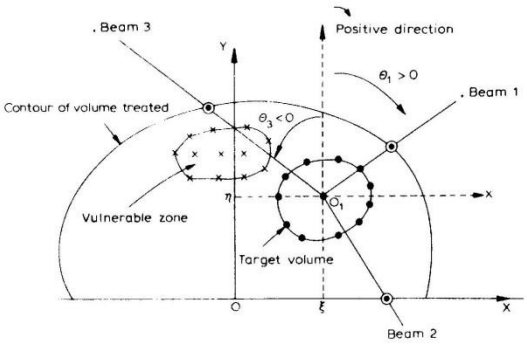



Fig. 1. Terms of optimization problem.

### *2.2. The optimization medium*

It is impossible to write the threshold conditions in all points of the target on the sensitive zones, and the problem must be discretized by writing these conditions in only a finite number of points. These points form the 'OPTIMIZATION MEDIUM' which will be selected by the operator. It is formed of:

- Group $S_1$ of the points selected on the contour of the target. At each point $M_1$ of $S_1$ we shall have a threshold condition: dose $(M_i) \geqslant L_i$;
- Groups $S_2^i$ of the points in the upper-limited threshold condition. It is possible that there may be no sensitive zone; the software is designed for a maximum of 3 thresholds $L_2^i$. In each $M_{ki}$ of $S_2^i$ we shall have: dose $(M_{ki}) \leqslant L_2^i$.

In addition to these groups $S_1$, $S_2^i$ we shall introduce in the optimization medium a group $S_3$ of summation points, which will be used to calculate the objective function.

Moreover, the program we have written is designed to itself introduce the group $S^*$ of the beam axis entry points, and to form at each of these points the condition: total dose less than or equal to $L^*$.

Finally, we shall assume that the beam axes converge at a point $O_1$, known as the isocenter (cf. fig. 1), and that they are in a single plane which will contain all the optimization medium points.

### *2.3. Various interpretations of the objective function*

The program adopts as objective function the sum of the doses at the points of group $S_3$. Depending on the choice of these points, different interpretations will be made of the objective function, corresponding to various criteria.

*Case 1*:

The points of $S_3$ are selected regularly distributed over the target; the minimization of $\Omega$ can be interpreted as an approximation of the entire dose at the target (criterion of homogeneity in the target).

*Case 2*:

The points of $S_3$ are selected regularly spaced in a ring around the target. The minimization of $\Omega$ probably leads to a better concentration of doses in the target (concentration criterion).

*Case 3*:

The points of $S_3$ are selected regularly distributed over a sensitive zone. In this case, the entire dose is minimized in this zone.

*Case 4*:

By means of a program option, the group $S_3$ can be adopted identical to group $S_1$; in this case, $\Omega$ is the sum of the doses at the points of the target contour, and the minimization of $\Omega$ results in a concentration of doses in the target. This is a criterion which resembles case 2, but the identity of groups $S_1$ and $S_3$ enables the calculations to be shortened, with consequent time savings.

### 2.4. Field width

The program enables the users either to themselves fix the width of the fields, or to leave this up to the computer.

The width of each field, measured on the skin, is then calculated as follows (fig. 2), where $O_1$ is the isocenter, $S$ the source, and $E$ the point of entry of $O$ $S$. For each point $M_i$ of the target contour, the program computes and adopts as half-width the maximum of $|EP_i|$.

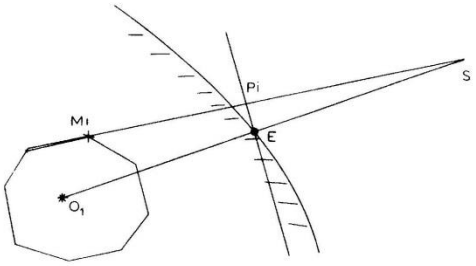



Fig. 2. Calculation of field width.

## 3. THE MATHEMATICAL TOOL

### 3.1. Calculation of doses

The method used to calculate doses in Cunningham's method [17], and the corresponding subroutines are adapted from CFIX [18], a program developed at Villejuif. These formulae are accurate, but they cost a lot of computing time and memory space. It should be pointed out that our software can be easily adapted to any dose calculation method.

### 3.2. Terms of the optimization problem (see fig. 1)

Let:

| | |
|---|---|
| $\xi, \eta$ | be the coordinates of the isocenter, the point of axis convergence |
| $\theta_1, \theta_2 \ldots$ | be the angles locating the axis of each beam |
| $x_1, x_2 \ldots$ | be the doses delivered by each beam |
| $d_j^i(\xi, \eta, \theta_j)$ | be the unit dose delivered by beam $j$ at point $M_i$. |

The total dose at $M_i$ is equal to $\sum_j x_j d_j^i(\xi, \eta, \theta_j)$ and the optimization problem can be expressed as:

$$\text{min. } \Omega = \sum_i \left( \sum_j x_j d_j^i(\xi, \eta, \theta_j) \right)$$

where the sum is extended to the points of $S_3$, with the constraints:

$$x_j \geqslant 0$$

$$\sum_j x_j d_j^i(\xi, \eta, \theta_j) \geqslant L_1 \text{ for the points of } S_1$$

$$\sum_j x_j d_j^k(\xi, \eta, \theta_k) \leqslant L_2^1 \text{ for the points of } S_2^1, S_2^2 \ldots$$

$$\sum_j x_j d_j^l(\xi, \eta, \theta_k) \leqslant L^* \text{ for the points of axis entry}$$

If one adopts the magnitudes $\xi$, $\eta$, $\theta_j$ defining the system geometry, the problem is a linear programming one in which the unknowns are the $x_j$. Various authors have solved this problem by SIMPLEX. In this case, our software uses the same gradient projection method as in the general case.

*Case 1*:

The points of $S_3$ are selected regularly distributed over the target; the minimization of $\Omega$ can be interpreted as an approximation of the entire dose at the target (criterion of homogeneity in the target).

*Case 2*:

The points of $S_3$ are selected regularly spaced in a ring around the target. The minimization of $\Omega$ probably leads to a better concentration of doses in the target (concentration criterion).

*Case 3*:

The points of $S_3$ are selected regularly distributed over a sensitive zone. In this case, the entire dose is minimized in this zone.

*Case 4*:

By means of a program option, the group $S_3$ can be adopted identical to group $S_1$; in this case, $\Omega$ is the sum of the doses at the points of the target contour, and the minimization of $\Omega$ results in a concentration of doses in the target. This is a criterion which resembles case 2, but the identity of groups $S_1$ and $S_3$ enables the calculations to be shortened, with consequent time savings.

### 2.4. Field width

The program enables the users either to themselves fix the width of the fields, or to leave this up to the computer.

The width of each field, measured on the skin, is then calculated as follows (fig. 2), where $O_1$ is the isocenter, $S$ the source, and $E$ the point of entry of $O$ $S$. For each point $M_i$ of the target contour, the program computes and adopts as half-width the maximum of $|EP_i|$.

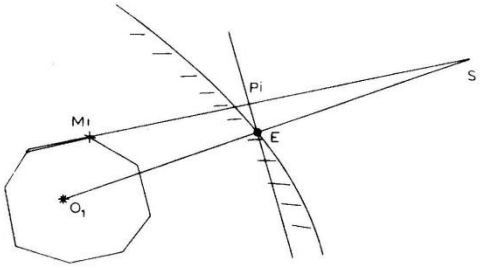



Fig. 2. Calculation of field width.

## 3. THE MATHEMATICAL TOOL

### 3.1. Calculation of doses

The method used to calculate doses in Cunningham's method [17], and the corresponding subroutines are adapted from CFIX [18], a program developed at Villejuif. These formulae are accurate, but they cost a lot of computing time and memory space. It should be pointed out that our software can be easily adapted to any dose calculation method.

### 3.2. Terms of the optimization problem (see fig. 1)

Let:

| | |
|---|---|
| $\xi, \eta$ | be the coordinates of the isocenter, the point of axis convergence |
| $\theta_1, \theta_2 \ldots$ | be the angles locating the axis of each beam |
| $x_1, x_2 \ldots$ | be the doses delivered by each beam |
| $d_j^i(\xi, \eta, \theta_j)$ | be the unit dose delivered by beam $j$ at point $M_i$. |

The total dose at $M_i$ is equal to $\sum_j x_j d_j^i(\xi, \eta, \theta_j)$ and the optimization problem can be expressed as:

$$\text{min. } \Omega = \sum_i \left( \sum_j x_j d_j^i(\xi, \eta, \theta_j) \right)$$

where the sum is extended to the points of $S_3$, with the constraints:

$$x_j \geqslant 0$$

$$\sum_j x_j d_j^i(\xi, \eta, \theta_j) \geqslant L_1 \text{ for the points of } S_1$$

$$\sum_j x_j d_j^k(\xi, \eta, \theta_k) \leqslant L_2^1 \text{ for the points of } S_2^1, S_2^2 \ldots$$

$$\sum_j x_j d_j^l(\xi, \eta, \theta_k) \leqslant L^* \text{ for the points of axis entry}$$

If one adopts the magnitudes $\xi$, $\eta$, $\theta_j$ defining the system geometry, the problem is a linear programming one in which the unknowns are the $x_j$. Various authors have solved this problem by SIMPLEX. In this case, our software uses the same gradient projection method as in the general case.

the contour of the field processed, and the coordinates of the optimization medium points.

### *4.3. OPTIM*

This program performs optimization; program implementation is characterized by the choice of numerical values assigned to the parameters IOPT, LIN and MODE.

#### *4.3.1. Control parameters*

Optimization is linear if IOPT = 0, and non-linear if IOPT = 2.

If LIN = 0 the objective function is the sum of the doses extended to the points on the target contour. If LIN ≠ 0 the objective function is the sum of the doses extended to the summation group $S_3$, different from $S_1$.

If MODE = 1 (normal operation), 7 cards will have to be read, introducing in particular the weights $x_i$, angles $\theta_j$, isocenter coordinates $\xi$ and $\eta$, and thresholds.

The coordinates $\xi$, $\eta$ and the angles $\theta_j$ remain fixed in linear programming. In non-linear programming they correspond to the system's original geometry.

If MODE = −1, linear optimization will occur with NCH regularly distributed beams. The program calculates the $\theta_j$ and adopts $x_j = 0$. The other data is read on 5 cards.

If MODE = 0, only one card is read, on which MODE, IOPT and NCH (quantity of beams) are read. All the other data is read on disk and adopts the values obtained at the last iteration.

#### *4.3.2. Optimization execution*

The user may, for example, after selecting the isocenter, begin by linear optimization with 8 (or more) regularly distributed beams. The result obtained may provide indications as to the quantity and initial positions of the beams. This stage will be eliminated if the practitioner has fixed the initial positions of the beams himself.

In stage two, linear optimization will be performed for the beams selected in this manner.

If desired, the treatment plan may be further improved by continuing in a third stage of non-linear programming.

The program will be stopped either if there is no feasible solution or, in non-linear programming, when the iteration number exceeds a number read by the main program (identifier ITERI) or, finally, when the optimum is regarded as achieved, that is, when the Kuhn and Tucker factors are all negative or nil and when, in addition, in non-linear programming, the gradient projection is of standard less than $\epsilon_3$, which is the parameter read by the main program.

The program is also stopped in the event of a malfunction; in this case, a message is edited specifying the nature of the malfunction.

### *4.4 ISODOS*

This program performs calculation of the total doses received at the node of a network of 40 lines and 60 columns, taking into account the plotting of isodoses. It edits on printer an array of the doses in which each dose, expressed in grays, is represented by the tens figure, and loads on disk, with a view to subsequent processing on console or plotting table, an array of the doses at the network nodes.

## 5. ORGANIZATION OF OPTIM

OPTIM makes use of 5 sets of subroutines:

### *5.1. Dose calculation subroutines*

These subroutines are adapted from the subroutines of similar names generated by CFIX. The subroutines in question are: CALDS, CHREP, PENT, CHORD, COUP3, CALD3, LIMXY, YPAU, PRAFIX, DIMC, FILT1, CHIQ, INTI and FTRANS.

These subroutines will have to be replaced if one desires to alter the dose calculation formulas. We have supplemented them with:

ENTXYZ, which stores the axis entry points at the end of the optimization medium;

LARG, which determines the width of each beam.

*5.2. Optimization subroutines*

These subroutines employ the two-stage method, both in linear and non-linear programming. They adopt and improve on the techniques employed in the subroutines described in [16].

GPROJ: Determines whether there exists a constraint to be released and calculates the direction of ascent.

ETAP3: Calculates by linearization the maximum pitch on direction $D$, and the pitch corresponding to the first constraint to be saturated. It determines $HH$, the smallest of these 2 values, and calculates $Z = X^r + HH.D$. If $Z$ is feasible, $X^{r+1}$ will be adopted as equal to $Z$, and in the contrary case the program calls up SATUR3.

SATUR3: Permits saturation of one or more constraints; the division technique employs linearization of constraints (instead of the conventional dual division employed in SATUR [16].

ELINUM: Performs the numerical elimination of base variables as a function of free variables.

GERE, GERVA3, and BIPAR3: Three subroutines which perform management of constraints, management of variables, and step-by-step calculation of the first constraint to be saturated, respectively.

EVOL: Specific program for the two-stage method [16].

MCADIR: Resolution of overdetermined linear systems [16].

F, GRADS, CONT, DEPCO: In stage one, these subroutines calculate the objective function, its gradient, the constraints and their derivatives for the auxiliary optimization problem. In stage two, they call up the function introduction programs.

*5.3. Function introduction subroutines*

These subroutines are as follows:

FOR, GRADOR, CONTOR, PREPOR.

They enable the objective function, its gradient, the values of constraints, and the values of their partial derivatives relating to each function, to be introduced into the programs, respectively.

Before activating each of these subroutines one must arrange in a TAB array, for each point on the optimization medium, the unit doses relating to each beam and, where applicable, the derivatives of these doses at $\theta_j$, $\xi$ and $\eta$ (see section 6.1).

*5.4. TEST, MAJPRE, MAJFAI and PREPOR subroutines*

These subroutines perform loading of the TAB array with the unit doses and their derivatives.

*5.5. Service subroutines*

LECDON: Reading of data stored on disk, the data being previously loaded by
PREFIX: Field contour, optimization medium, etc.
INITBD: Performs the initialization operations required for the optimization technique.
COR: Builds the table of correspondence between the constraint indices and the TAB lines.

## 6. TECHNICAL COMMENTS

*6.1. Loading of TAB array*

This array is a 2-index array dimensioned in our $60 \times 56$ software. Each line contains information concerning a single point on the optimization medium.

For ease of explanation, we shall assume that

the number of beams used is equal to 3. At a point $M^i$ the unit doses delivered by each beam are respectively: $d_1^i(\xi, \eta, \theta_1)$; $d_2^i(\xi, \eta, \theta_2)$; $d_3^i(\xi, \eta, \theta_3)$. In what follows, we shall leave out the upper index $i$ which, in the TAB array, will be a line index. The formulae in section 2 show that to calculate the derivatives of the objective function and constraints, in relation to $\theta_j$, $\xi$ and $\eta$, we shall need to know, at each point $M^i$:

$$\frac{\delta d_1}{\delta \theta_1};\quad \frac{\delta d_2}{\delta \theta_2};\quad \frac{\delta d_3}{\delta \theta_3};\quad \frac{\delta d_1}{\delta \zeta};\quad \frac{\delta d_2}{\delta \zeta};\quad \frac{\delta d_3}{\delta \zeta}$$

$$\frac{\delta d_1}{\delta \eta};\quad \frac{\delta d_2}{\delta \eta};\quad \frac{\delta d_3}{\delta \eta}$$

Now, we approximate:

$$\frac{\delta d_1}{\delta \theta_1} \text{ by } \frac{1}{2\Delta\theta}(d_1(\xi, \eta, \theta_1 + \Delta\theta) - d_1(\xi, \eta, \theta_1 - \Delta\theta))$$

$$\frac{\delta d_1}{\delta \xi} \text{ by } \frac{1}{2\Delta\xi}(d_1(\xi + \Delta\xi, \eta, \theta_1) - d_1(\xi - \Delta\xi, \eta, \theta_1))$$

$$\frac{\delta d_1}{\delta} \text{ by } \frac{1}{2\Delta\eta}(d_1(\xi, \eta + \Delta\eta, \theta_1) - d_1(\xi, \eta - \Delta\eta, \theta_1))$$

We must accordingly calculate the unit doses at each point of the optimization medium:

(i) For the real beams located by the geometrical variables (beams 1–3):

$\xi, \eta, \theta_j$ for $j = 1, 2, 3$

(ii) For 'fictitious' beams, defined by:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\xi, \eta, \theta_j - \Delta\theta$ | | $j = 1, 2, 3$ | beams 4– 6 |
| $\xi, \eta, \theta_j + \Delta\theta$ | | $j = 1, 2, 3$ | beams 7– 9 |
| $\xi - \Delta\xi, \eta, \theta_j$ | for | $j = 1, 2, 3$ | beams 10–12 |
| $\xi + \Delta\xi, \eta, \theta_j$ | for | $j = 1, 2, 3$ | beams 13–15 |
| $\xi, \eta - \Delta\eta, \theta_j$ | for | $j = 1, 2, 3$ | beams 16–18 |
| $\xi, \eta + \Delta\eta, \theta_j$ | for | $j = 1, 2, 3$ | beams 19–21 |

The number of each beam will be the index of the TAB column in which the corresponding unit dose will be stored.

The TEST subroutine begins by calculating the characteristics of real and fictitious beams which will be used, and then calculates the unit doses at each point of the 'useful' optimization medium for all the beams to be taken into consideration, and stores their values in TAB. Next, by means of the PREPOR subroutine, it calculates, if necessary, the dose derivatives which it also stores in TAB.

After activating TEST, one will find in TAB when the number of beams is equal to 3:

(i) The unit doses for real beams in columns 1–3 (irrespective of the optimization mode);

(ii) In non-linear differential optimization:

| | |
|---|---|
| $\frac{\delta d_1}{\delta \theta_1}\ \frac{\delta d_2}{\delta \theta_2}\ \frac{\delta d_3}{\delta \theta_3}$ | columns 4–6 |
| $\frac{\delta d_1}{\delta \zeta}\ \frac{\delta d_2}{\delta \xi}\ \frac{\delta d_3}{\delta \xi}$ | columns 7–9 |
| $\frac{\delta d_1}{\partial \eta}\ \frac{\delta d_2}{\partial \eta}\ \frac{\delta d_3}{\partial \eta}$ | columns 10–12 |

To reduce computing time, TEST only performs the essential calculations, fixed according to the value of its parameter $KK$:

$KK = 0$ Calculation of unit doses on all TAB lines for real beams only

$KK = 3$ Calculation of unit doses on all TAB lines for all beams (real beams, in addition to fictitious beams)

$KK = 10$ Calculation of doses and their derivatives for only the TAB lines corresponding to saturated constraints.

### *6.2. Specifications*

The program, written in FORTRAN IV, was developed on a CII MITRA 125 computer. In its present form the OPTIM optimization program takes up 32 K words of central memory space. The program has no overlay and has a number of editions which are useful for development but not necessary for standard operation.

### *6.3. Computing time*

To give an idea of the speed of the computer used, the time to calculate the doses at approxi-

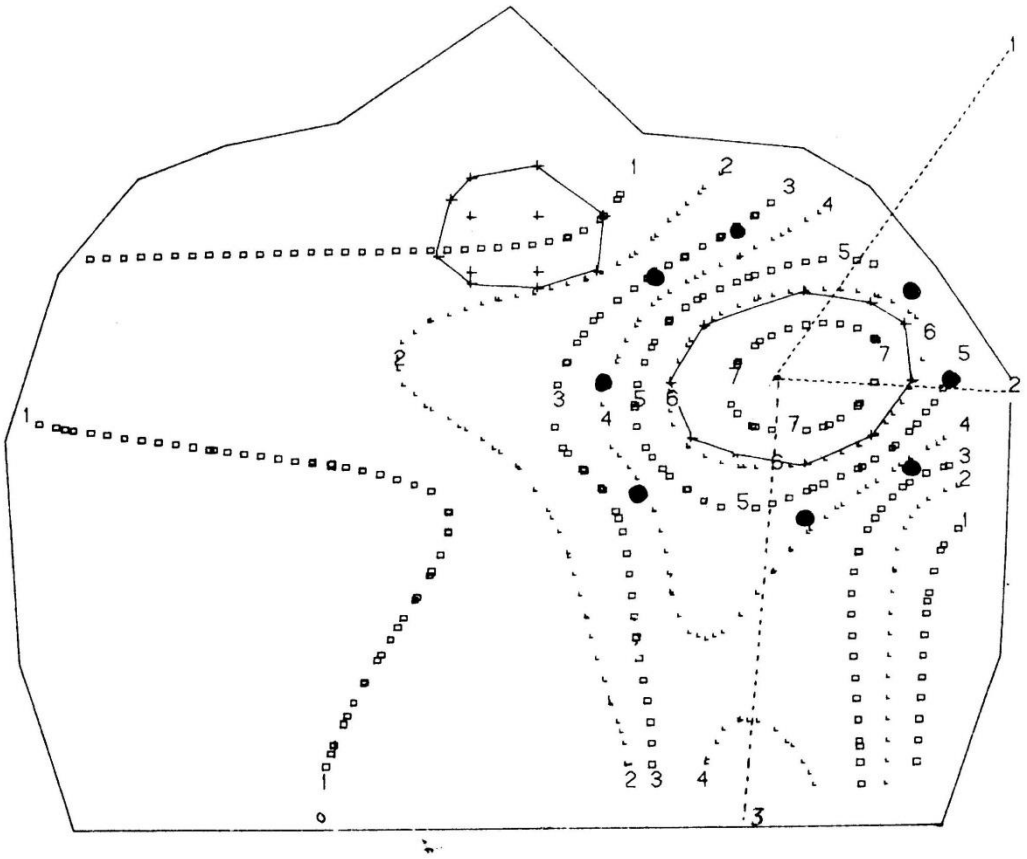


Fig. 3. Optimization with concentration criterion.

mately 2000 points (at points inside the computing field, located at the nodes of a network of 40 lines and 60 columns), is approximately 8 min for 3 beams.

For the same number of beams and for a 30-point medium, we obtained the following times:

- In linear optimization: 18 s
- In non-linear optimization: 20.5 min for 6 iterations, or 3–4 min/iteration

In view of the array sizes, the program is designed for:

- 30 points at most for defining the contour of the subject.
- 16 beams at most in linear optimization.
- 8 beams at most in non-linear optimization.
- 60 points for the optimization medium, including the axis entry points.
- 60 values for the constraints including:
  conditions of sign $x_i \geqslant 0$;
  threshold condition constraints relating to the points on the optimization medium of groups $S_1$, $S_2$ and $S^*$.

## 7. EXAMPLE

The calculations are performed for a cobalt bomb, with a constant source–axis distance equal to 80 cm. Doses are expressed in grays (Gy).

The thresholds selected are:

TABLE 1

| $\theta_i$ (rad) | 0 | 0.79 | 1.53 | 2.36 | 3.14 | 3.93 | 4.71 | 5.50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_i$ (Gy) | 0 | 26.26 | 31.05 | 14.96 | 29.56 | 0 | 0 | 0 |

Only 4 beams out of the 8 are active

60 Gy at the beam entry points;
60 Gy at the target points;
40 Gy at the points of the sensitive zone.

We adopt as criterion the concentration criterion. The summation medium is formed of 8 points distributed over a ring surrounding the target and represented by the sign ● (cf. fig. 3). In addition, we employ automatic adaptation of field width.

(i) In the first stage, we perform linear optimization with 8 regularly spaced beams. We have adopted as coordinates of the axis convergence point:

$\xi = 6$ cm $\quad \eta = 8$ cm

The doses obtained by linear optimization are given in table 1.

In addition, we shall give:

- The mean value of the summation points, equal to $\frac{1}{8}\times$ objective function;
- The maximum value of the dose at the summation points;
- Mean value = 45.82 Gy
- Maximum value = 55.57 Gy

(ii) In stage two, we confine ourselves to 3 beams. Let us take:

$\theta_1 = 0.79$ rad $\quad \theta_2 = 1.53$ rad $\quad \theta_3 = 3.14$ rad

and leave:

$\xi = 6$ cm $\quad \eta = 8$ cm

After linear optimization, we obtain the following doses:

$x_1 = 24.34 \quad x_2 = 40.96 \quad x_3 = 42.25$

- mean value at summation points = 45.93 Gy
- maximum value = 58.07 Gy

The field widths are respectively:

3.90 cm 2.92 cm 4.25 cm

(iii) On the basis of the values adopted hereabove as initial values, we continue in non-linear optimization.

Table 2 shows at each iteration:

- The value of the 8 variables $x_1$, $x_2$, $x_3$, $\theta_1$, $\theta_2$, $\theta_3$, $\xi$, $\eta$
- The mean value at summation points
- The maximum value at summation points

It will be noted that nonlinear optimization has led us, with only 3 beams, to results which seem better than those in stage one, involving 4 effectively active beams.

The corresponding optimum solution is shown by the plotting of isodoses (fig. 3) indicated in

TABLE 2

| Iteration | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $\theta_1$ | $\theta_2$ | $\theta_3$ | $\xi$ | $\eta$ | Mean | Max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 24.34 | 40.96 | 42.25 | 0.79 | 1.57 | 3.14 | 6.00 | 8.00 | 45.93 | 58.07 |
| 1 | 24.96 | 41.07 | 41.70 | 0.76 | 1.54 | 3.11 | 6.20 | 7.99 | 44.01 | 54.21 |
| 2 | 25.39 | 40.93 | 42.02 | 0.72 | 1.53 | 3.11 | 6.40 | 8.00 | 41.72 | 54.83 |
| 3 | 25.52 | 40.73 | 42.66 | 0.69 | 1.53 | 3.11 | 6.51 | 8.02 | 40.37 | 54.83 |
| 4 | 25.49 | 40.21 | 43.79 | 0.64 | 1.58 | 3.15 | 6.56 | 8.06 | 39.86 | 53.60 |
| 5 | 26.52 | 39.64 | 42.97 | 0.67 | 1.62 | 3.18 | 6.56 | 8.06 | 39.85 | 53.03 |
| 6 | 26.67 | 39.56 | 42.83 | 0.67 | 1.63 | 3.18 | 6.56 | 8.06 | 39.85 | 52.94 |

The last line gives us the optimum values of the variables. The field widths of the 3 beams are:

3.30 cm 2.87 cm 3.33 cm

decagrays; the maximum target dose is 74.3 Gy.

Note that our example is a fictitious example intended to test the programs, and for which we did not employ wedges. The effects of the latter is already accounted for in the CFIX program, so that it will be no problem to introduce them into the optimization programs.

## 8. COMMENTS

By virtue of its mathematical conception, the non-linear optimization technique is an improved method that guarantees progress at each iteration. Starting with a feasible solution, i.e., confirming all the requirements, the end solution may be relatively close to the original plan (as in our example), or quite different, depending on the selection made. If, on the other hand, linear programming has not led to a feasible solution, non-linear programming should make this possible, provided a solution exists.

Even in the absence of a solution, software supplies useful data by indicating the doses at the different points of the optimization medium, as well as the corresponding threshold values. Their comparison enables the radiotherapist to make certain changes to the plan selected (add a beam, raise certain thresholds etc).

## 9. AVAILABILITY

Those wishing to procure this optimization library can contact Jean Jegras. Home address: 14, rue Aristide Briand, 54000 Nancy, France.

## REFERENCES


[1] C.S. Hope, J. Laurie, J.S. Orr and K. Halnan, Optimization of X-ray treatment by computer judgement, Phys. Med. Biol. 12 (1967) 531–542.

[2] J.S. Orr, Optimisation of radiotherapy treatment planning, Comput. Prog. Biomed. 2 (1972) 216–220.

[3] C.S. Hope and O. Cain, A computer program for optimized stationary beam treatment planning using score functions, Comput. Prog. Biomed. 2 (1972) 221–231.

[4] J.K. Bahr and J.G. Keriades, The method of linear programming applied to radiation treatment planning, Radiology 91 (1968) 686–693.

[5] T.L. Gallagher, Optimization of external radiation beams for therapy planning, (PhD Thesis, Washington DC, 1967).

[6] L.Y. Klepper, Electronic computers and methods of linear programming in the choice of optimal conditions for radiation therapy, Medskaya Radiol. 5 (1968).

[7] J.F. Bourgat, M. River, A. Dutreix and D. Bernard, Optimisation par ordinateur du traitement en télécobalthérapie, J. Radiol. Electrol. 55 (1974) 775–779.

[8] A.T. Redpath, B.L. Vidkery and D.H. Wright, A set of FORTRAN subroutines for optimizing radiotherapy plans, Comput. Prog. Biomed. 5 (1975) 158–164.

[9] A.T. Redpath, B.L. Vidkery and D.H. Wright, A new technique for radiotherapy planning using quadratic programming, Phys. Med. Biol. 21 (1976) 781–791.

[10] H. Ali-Ahmed, B. Legras, M. Potdevin, J. Legras, N. Chau and P. Schoumacher, Différentes méthodes d'optimisation par ordinateur des traitements en télécobalthérapie, J. Fr. Biophys. Méd. Nucl. 5 (1977) 219–223.

[11] H. Ali-Ahmed, Techniques d'optimisation en radiothérapie externe (Thèse ès Sciences, Nancy, 1977).

[12] B. Legras, L'optimisation automatique des doses en radiothérapie externe, (Thèse de biologie humaine, Nancy, 1978).

[13] M. Potdevin, Programmes d'optimisation non linéaire en radiothérapie externe, (Thèse ès Sciences, Nancy 1980).

[14] M. Potdevin, B. Legras, J. Legras, P. Schoumacher and P. Alleti, Une méthode originale d'optimisation des traitements radiothérapiques externes adaptés à un petit système informatique, Ann. Radiol. 23 (1980) 36–40

[15] J. Legras, M. Potdevin and B. Legras, Optimisation linéaire puis non linéaire des distributions de dose en radiothérapie externe, J. Biophys. Med. Nucl. 5 (1981) 169–172.

[16] J. Legras, Algorithmes et programmes d'optimisation non linéaire, Masson, Paris, 1980).

[17] J.R. Cunningham, P.N. Shrivastav and J.M. Wilkinson, Comput. Prog. Biomed. 2 (1972) 192–199.

[18] D. Bernard and A. Dutreix, Calcul des doses par ordinateur en télécobalthérapie, J. Radiol. Electrol. 53 (1972) 233–240.

The use of microcomputer for non-linear optimisation of doses in external radiotherapy

LEGRAS J, LEGRAS B, LAMBERT J-P, ALETTI P

Physic Medical Biology, 1986, 31, 12, 1353-1359

No 125

Phys. Med. Biol., 1986, Vol. 31, No 12, 1353-1359. Printed in Great Britain

# The use of a microcomputer for non-linear optimisation of doses in external radiotherapy

J Legras†, B Legras†, J P Lambert† and P Aletti‡

† Laboratoire d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine, 54505 Vandoeuvre les Nancy, France

‡ Centre Anticancéreux A Vautrin, Vandoeuvre les Nancy, France

Received 13 September 1985, in final form 21 March 1986

**Abstract.** The study presents software for a microcomputer designed to determine the optimum dose distribution in external radiotherapy, either by calculating the doses delivered and the field width (in linear programming) or, in addition, by calculating the beam geometry (non-linear optimisation). Various optimisation criteria can be selected, namely the homogeneity, the concentration on the target and the total dose in a sensitive area. The article outlines an example.

## 1. Introduction

The use of a computer allows dose optimisation in external radiotherapy. An old method uses linear programming where one determines the dose delivered by each beam (Bahr and Keriades 1968, Bourgat *et al* 1974, Gallagher 1967, Klepper 1966). We have developed, on a minicomputer, an original method which calculates the doses and the beam geometry (non-linear optimisation) (Legras *et al* 1977, 1981, 1982).

In order to make this easier to use, we have implemented the software on a microcomputer with a 'friendly' utilisation (conversational programs). After a brief description of the method, we shall present the software and an example.

## 2. Method

### *2.1. The different optimisations*

In order to select the appropriate treatment in external radiotherapy, the physician can adjust numerous parameters: the type of radiation, the photon energy, the exposure ballistics (the quantity, dimensions and directions of beams), the possible use of wedges and, finally, the dose delivered by each beam. He can be helped by computers, allowing a rapid and accurate dose determination. Thus he can test several conditions and find out if the modification of one or more of the above characteristics leads to an improvement in the dose repartition.

One might consider resolving these problems automatically, but it is first advisable to define the quality criteria for a treatment plan. Following different authors (Hope and Cain 1972, Orr 1972), one may propose that (i) at any point of the target volume, the dose must be greater than a chosen value, (ii) in the vulnerable areas, doses must not exceed certain known thresholds and (iii) in some cases the dose distribution in

0031-9155/86/121353+07$02.50 © 1986 The Institute of Physics 

the target volume should be as homogeneous as possible, and in other cases the dose should be minimal in the tissues surrounding the tumour.

Several mathematical methods have been proposed for solution with the help of a computer. The Glasgow group (Hope and Cain 1972, Hope *et al* 1967) has studied an exhaustive method, designed to take into account several parameters. A method commonly employed is linear programming. We should also mention quadratic programming (Redpath *et al* 1975, 1976). In both cases, the variables are the doses delivered by each beam; all the other parameters are fixed by the radiotherapist.

The results obtained by linear optimisation may be unsuitable and may lead the physician to alter certain aspects of the treatment, such as the beam geometry. This phase of improvement is hard to achieve by methods of mere trial and error; it can be performed on a computer by the method described in this article, by which one can determine, in addition to the dose delivered by each beam, the optimum positions of the beams. The other parameters (the number of beams, the radiation energy, etc) are fixed beforehand by the radiotherapist.

### *2.2. The mathematical method*

*2.2.1. General.* In order to apply the optimisation technique to research on an external radiotherapy treatment plan, the threshold conditions must first be set for the doses.

(i) At the target volume points, and particularly at definite points on its perimeter, we define the total dose as being greater than or equal to a threshold $L_1$.

(ii) If there exist one or more sensitive zones, we define that the total dose in each of them is less than or equal to a threshold $L_2^i$, where $i$ is the number of the zone.

Every treatment plan satisfying these threshold conditions will be termed a 'feasible solution', in accordance with conventional optimisation terminology.

These conditions may be satisfied by several treatment plans, so it is natural to select from among them an 'optimum' treatment plan. In this case, one must specify the rather subjective concept of an 'optimum treatment plan' by means of a criterion suitable for expression in mathematical terms, which also permits convenient optimisation. To change a treatment plan, a practitioner can alter many parameters (e.g. the choice of hardware, the number of beams, the source-axis distance, the beam geometry and the dose delivered by each beam). Only the following parameters are determined by the computer:

(a) in linear optimisation, the doses delivered for each beam and the field width;

(b) in non-linear optimisation, the isocentre (the point of convergence of the axes), the direction of the axes, the dose delivered by each source and, where applicable, the width of each field.

All the other parameters are selected and fixed by the practitioner.

*2.2.2. The optimisation medium.* The problem must be solved by defining the threshold conditions for only a finite number of points, selected by the operator and called the *optimisation medium.*

This consists of the following.

(i) The set $S_1$ of the points selected on the contour of the target. At each point $M_i$ we have the condition $\text{dose}(M_i) \geq L_i$.

(ii) The set $S_2^i$ of the points in the upper-limited threshold condition. It is possible that there may be no sensitive zone. The software is designed for a maximum of three thresholds $L_2^i$. At each point $M_{ki}$ of $S_2^i$ we must have $\text{dose}(M_{ki}) \leq L_2^i$.

The program is designed to introduce the set S* of the beam axis entry points itself, and at each of these points to form the condition: dose $\leqslant L^*$. In addition to these sets, we introduce a set $S_3$ of summation points, which is used to calculate the objective function.

*2.2.3. The objective function.* The program adopts the sum of the doses at the points in group $S_3$ as the objective function ($F$). Depending on the choice of these points, different interpretations can be made of the objective function, as follows.

(i) The points are distributed over the target; the minimisation of $F$ can be interpreted as an approximation of the total dose at the target (the criterion of homogeneity in the target).

(ii) The points are spaced in a ring around the target. The minimisation of $F$ leads to a better concentration of doses in the target (the concentration criterion).

(iii) The points are distributed over a sensitive zone. In this case, the total dose is minimised in this zone (total dose criterion).

*2.2.4. The mathematical formulation of the optimisation problem.* Let $a$, $b$ be the coordinates of the isocentre, $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_j, \ldots$ the angles locating the axis of each beam, $x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots$ the doses delivered by each beam and $d_j^i(a, b, \theta_j)$ the unit dose delivered by beam $j$ at point $M_i$. $d_j$ is calculated by Cunningham's formulae (Cunningham *et al* 1972).

The total dose at $M_i$ is

$$D_i = \sum_j x_j d_j^i(a, b, \theta_j)$$

and the optimisation problem can be expressed as $\min(F) = \Sigma_i D_i$ where the sum is extended to the points of $S_3$, with the constraints

$$x_j \geqslant 0$$

$$\sum_j x_j d_j^i(a, b, \theta_j) \geqslant L_1 \qquad \text{for the points of } S_1$$

$$\sum_j x_j d_j^k(a, b, \theta_k) \leqslant L_2^i \qquad \text{for the points of } S_2^1, S_2^2, \ldots.$$

If one adopts, as unknowns, the geometric variables $a$, $b$, $\theta_j$ and the doses $x_j$, the problem is one of non-linear programming with unilateral constraints, and is solved by the conventional gradient projection method.

If, on the other hand, one defines $a$, $b$, $\theta_j$, the problem is a linear programming one in which the unknowns are the $x_j$. In this case, our software also uses a gradient projection method as in the general case.

*2.2.5. The gradient projection method.* The method (a full description of which is given in Legras (1980)) is an iterative one. The basis is that an array $X^r(x_1^r, x_2^r, \ldots, \theta_1^r, \theta_2^r, \ldots, a^r, b^r)$ (where $r$ is the iteration index) can be used to build an array $X^{r+1}$ which (i) satisfies all the constraints (as does $X^r$) and (ii) is 'better' than $X^r$, $F(X^{r+1}) < F(X^r)$. We assume that at $X^r$ certain constraints are saturated (of the form $f(X^r) = L_i$) and that the others are satisfied, non-saturated (of the form $f_i(X^r) > L_1$ or $f_k(X^r) < L_2$ depending on the particular case).

We begin by determining a direction of steepest descent $D$ such that, at least locally (that is, for a sufficiently small value of $h$), $f_i(X^r + hD) = L$ for all the saturated

constraints at $X^r$ ($L$ is the threshold value) and the difference $F(X^r) - F(X^r + hD)$ is as large as possible for a fixed value of $h$. This direction (the gradient projection) can be calculated from the gradient of the objective function $F$ and the gradients of the saturated constraints. One then searches $X$ determined by the fact that either $X^{r+1}$ saturates a new constraint or that $F(X^{r+1}) < F(X^r)$. The iterations will come to an end when the Kuhn and Tucker conditions are satisfied (Legras 1980).

We should note that the derivatives of doses relative to the geometrical variables cannot be strictly determined; only approaching values can be obtained (the function increase over the variable increase).

*2.2.6. Development of the program.* In normal use, the program works as follows. Firstly, it searches for a realisable solution then for an optimum using as variables only the doses delivered. In this case linear programming is used and the gradient method leads to the same results as the classical simplex method. When the optimum is obtained, it is automatically considered as a solution of the non-linear problem. In this case the geometrical parameters of the beams are taken as variables together with the doses delivered. The program performs the iteration repeatedly, modifying the variables each time to obtain the most satisfactory solution which corresponds to a decrease of the objective function.

The program is stopped if there is an 'incident' during its execution (for example, the impossibility of eliminating the bounded variables by calculation), or if there is insufficient improvement in the optimum or if examination shows that there is insignificant improvement in the isodoses.

## 3. Material and software

The software has been adapted to a Victor 16 bit microcomputer, with a 256 Kbyte central memory. The computer is provided with a FORTRAN 77 compiler and a rapid 8087 arithmetic coprocessor. It is equipped with two 1.2 Mbyte discs.

The user can easily select any of the following programs: (i) data input; (ii) modification of data stored in a file; (iii) calculation. The first two programs are conversational and written in BASIC; the third program is designed in FORTRAN.

The input program allows the loading of the beam characteristics (radiation energy, angle of the beam axis, source-axis distance, height and width of the beam—either fixed or automatically settled), the coordinates of the points needed for calculation (isocentre, perimeter, optimisation medium), and the threshold conditions. The user chooses the objective function and the optimisation technique (linear or non-linear).

In its present version the system is designed for only two kinds of electromagnetic radiations, namely 1.2 MeV photons ($^{60}$Co) and 25 MeV photons (Sagittaire linear accelerator).

The calculation program determines the doses and directions of the beams by non-linear optimisation. It recalls the characteristics of each beam and indicates the total dose received by each optimisation medium point. Finally, it performs the calculation of the doses received at the nodes of a regular network, covering either the entire field, or a section centred on the target volume. The chosen isodoses are pictured on the screen with the contour points and optimisation medium.

The computing time for optimisation depends on the number of beams and medium points, and on the number of iterations (non-linear optimisation). The number of

nodes in the network is used in the dose calculation. Depending on each case, this may take any amount of time, from a few minutes up to several hours. We must mention that the 8087 coprocessor results in an almost fivefold time reduction. Without it, computation time would, in practice, be prohibitve.

## 4. Example

We present a fictitious example, which concerns a tumour treated by a cobalt unit with a constant source-axis distance of 80 cm. Doses are expressed in grays (Gy). Three beams are used to treat the target. The selected thresholds are 60 Gy at the beam entry points, 60 Gy at the target, 30 Gy at the points of the sensitive zone. We adopt the criterion of homogeneity. The summation medium is formed of the points on the contour of the target (set $S_1$). We use three beams at 45, 90 and 135° and we employ automatic adaptation of the field width. The objective function is expressed by $F/n$ where $n$ is the number of points in $S_1$ (in this example $n = 10$).

The results of linear and then non-linear optimisation are marked in table 1 and the corresponding solutions are shown by the plots of the isodoses (in decagrays, figures 1 and 2). There is no further significant improvement after the third iteration. The results obtained demonstrate particularly that non-linear optimisation leads to the suppression of the third beam and that, with only two beams, the dose distribution is

**Table 1.** Results of linear (iteration 0) and non-linear optimisation (3 iterations).

| Iteration number | Doses (Gy) | | | Angles (degrees) | | | Isocentre (cm) | | Objective function |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $\theta_1$ | $\theta_2$ | $\theta_3$ | $a$ | $b$ | |
| 0 | 48.7 | 12.9 | 33.1 | 45 | 90 | 135 | 6 | 8.0 | 66.1 |
| 1 | 48.7 | 25.7 | 19.2 | 34 | 100 | 139 | 6 | 7.9 | 64.6 |
| 2 | 48.7 | 28.6 | 16.1 | 32 | 101 | 140 | 6 | 7.8 | 64.3 |
| 3 | 48.7 | 42.1 | 0.0 | 28 | 107 | 140 | 6 | 7.7 | 63.8 |

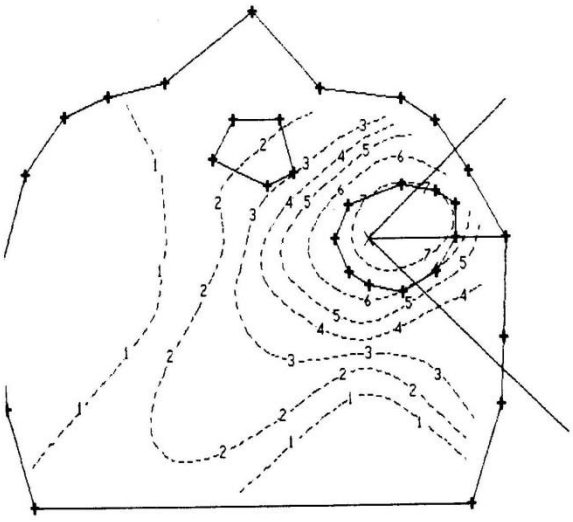


**Figure 1.** Results of linear optimisation.

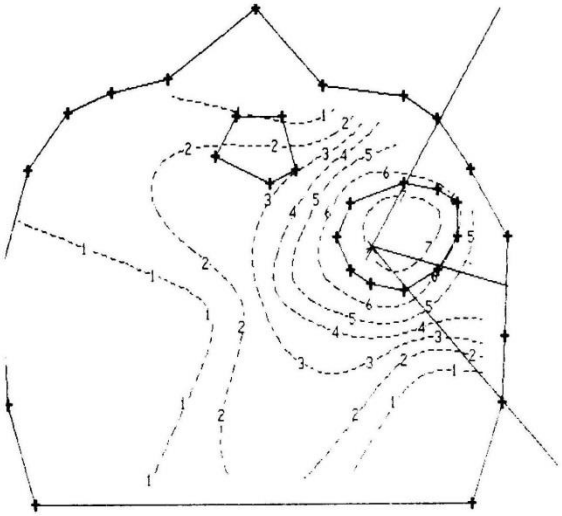


**Figure 2.** Results of non-linear optimisation (iteration 3).

more regular than with non-linear optimisation, as shown by the position of isodose 7, corresponding to 70 Gy. Furthermore, the objective function has diminished by 3.5%, the isocentre has moved 3 mm downwards and the beams have rotated by a significant angle (17° for beams 1 and 2). We must point out that for each iteration, the maximum variations of the beam angles and of the isocentre position have been selected at 12° and 1 mm respectively.

## 5. Discussion and conclusion

Dose optimisation by linear programming (usually by the simplex method) has been applied since 1967. It is only worth applying if the required data for the calculation can be accurately determined (such as the target volume, the presence of sensitive organs etc).

The major advance in exploration techniques, and especially computer-assisted tomography, gives a new importance to dose optimisation.

Linear optimisation allows one to obtain the dose for each beam; non-linear optimisation bears the notable advantage of acting on the exposure ballistics. We must underline that our method does not claim the ability to find the best absolute solution; it is possible that this could not even be defined. However, it does allow improvement in the modalities of the treatment, for a given initial choice.

The doses are determined by Cunningham's calculation method, which is accurate but fairly long. However, at present, there are several desirable possibilities not provided by the software, namely corrections for heterogeneity, the effects of the wedges and dose calculations for 5 MeV photons. In its present version, the optimisation program is limited to dose calculations, but we also have at our disposal dose optimisation software written in FORTRAN, and totally independent of the dose calculation method. It has been tested on a minicomputer (CII MITRA 125). It is the user's responsibility to write the interfacing program.

Dosimetry programs are usually suited to powerful and costly computers. Our work shows that one can also run a program allowing dose calculations as well as

linear or non-linear optimisation in a small inexpensive computer system. The practical interest of this optimisation was to be assessed during 1985, in collaboration with radiotherapists at the Nancy cancer hospital. Linear optimisation is currently used in this centre.


## Résumé

Utilisation d'un microordinateur pour l'étude de l'optimisation non linéaire des doses en radiothérapie externe.

Ce travail présente un programme pour microordinateur permettant de déterminer la distribution optimale des doses en radiothérapie externe, soit en calculant les doses délivrées et les dimensions des champs (par programmation linéaire), soit en déterminant en plus par le calcul la géométrie du faisceau (optimisation non linéaire). Ce programme permet de sélectionner différents critères d'optimisation: homogénéité, focalisation de l'irradiation sur le volume cible, et dose totale délivrée au niveau d'une zone critique. Un exemple d'application est utilisé pour la présentation de ce travail.

## Zusammenfassung

Die Verwendung eines Mikrocomputers für die nicht-lineare Dosisoptimierung in der externen Strahlentherapie.

In der vorliegenden Arbeit wird die Software für einen Mikrocomputer beschrieben, der für die Bestimmung der optimalen Dosisverteilung in der externen Strahlentherapie ausgelegt ist, die entweder durch Berechnung der verabreichten Dosen und der Feldgröße (bei der linearen Programmierung) erfolgt, oder zusätzlich durch Berechnung der Strahlgeometrie (nicht-lineare Optimierung). Verschiedene Optimierungskriterien können gewählt werden, wie Homogenität, Konzentration auf das Zielgebiet und die Gesamtdosis in einem empfindlichen Bereich. Dies wird an einem Beispiel näher beschrieben.


## References


Ali-Ahmed, H, Legras B, Potdevin M, Legras J, Chau N and Schoumacher P 1977 *J. Fr. Biophys. Méd. Nucl.* **5** 219-33

Bahr J K and Keriades J G 1968 *Radiology* **91** 686-93

Bourgat J F, River M, Dutreix A and Bernard D 1974 *J. Radiol. Electrol. Med. Nucl.* **55** 775-9

Cunningham J R, Shrivastav P N and Wilkinson J M 1972 *Comput. Programs Biomed.* **2** 192-9

Gallagher T L 1967 *PhD Thesis* University of Washington, DC

Hope C S and Cain O 1972 *Comput. Programs Biomed.* **2** 221-31

Hope C S, Laurie J, Orr J S and Halman K 1967 *Phys. Med. Biol.* **12** 531-42

Klepper L Y 1966 *Med. Radiol.* **5**

Legras J 1980 *Algorithmes et programmes d'optimisation non linéaire* (Paris: Masson)

Legras J, Legras B and Lambert J P 1982 *Comput. Programs Biomed.* **15** 233-42

Legras J, Potdevin M and Legras B 1981 *J. Biophys. Med. Nucl.* **5** 169-72

Orr J S 1972 *Comput. Programs Biomed.* **2** 216-20

Redpath A T, Vidkery B L and Wright D H 1975 *Comput. Programs Biomed.* **5** 158-64

——1976 *Phys. Med. Biol.* **21** 781-91

# BACTERIOLOGIE

Intérêt dans les hôpitaux d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes
Application au CHU de Nancy

LEGRAS B, WEBER M, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C

Journal de Médecine et maladies infectieuses, 1982, 12, 102-109

No 62

*Médecine et Maladies Infectieuses* – 1982 – 12 – *N° 12 bis* – 102 à 109

# INTERET DANS LES HOPITAUX D'UN SYSTEME INFORMATIQUE DE SURVEILLANCE DE LA SENSIBILITE DES GERMES

## Application au C.H.U. de Nancy*

par B. LEGRAS**, M. WEBER***, J.P. LAMBERT**, J. MARTIN** et J.C. BURDIN***

**RESUME**

Depuis septembre 1979, les résultats de la totalité des antibiogrammes réalisés au CHR de Nancy, sont traités par ordinateur, seul moyen efficace pour exploiter le volume considérable des informations (environ 18 000 germes testés annuellement par plus de 10 antibiotiques pour chacun).

Le système fournit différents documents :
- relevés des résultats rangés selon les germes et/ou les services,
- tableaux indiquant la sensibilité (ou la résistance) par espèce bactérienne et par antibiotique.

La comparaison des taux de résistance dans chaque service et dans l'ensemble du CHR permet de repérer facilement les lieux où apparaissent des résistances bactériennes anormales et d'envisager des mesures adaptées.

Le système est d'une aide certaine pour la surveillance intra-hospitalière et pour la recherche clinique.

**Mots-clef :**

Informatique - Bactériologie clinique - Epidémiologie - Antibiogramme.

Il est important en milieu hospitalier de surveiller l'évolution de la résistance aux antibiotiques des souches isolées chez les malades. Cette surveillance a un but thérapeutique et économique évident.

Devant la masse considérable de données à exploiter, il nous est apparu comme à d'autres que seuls les moyens informatiques pouvaient offrir une solution à ce problème.

C'est dans ce but qu'en septembre 1979 fut mise en place au laboratoire de bactériologie du C.H.U. de Nancy une exploitation par ordinateur limitée aux résultats des seuls antibiogrammes.

* Reçu le 26.3.1981. Acceptation définitive le 20.8.1981.

** Laboratoire d'Informatique Médicale - Groupe INSERM U115 - Faculté de Médecine - BP 184 - 54500 Vandœuvre-les-Nancy.

*** Laboratoire de Bactériologie - C.H.R. - Nancy - 29, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny - 54000 Nancy.

Nous avons décidé d'adopter une formule simplifiée n'entraînant quasiment pas de changement dans les habitudes du personnel avec en contrepartie un traitement des informations différé dans le temps.

L'objectif poursuivi dès le départ et atteint était de connaître avec précision la résistance des différents germes testés, non seulement sur l'ensemble du centre hospitalier mais plus encore au niveau de chaque service. Les renseignements qui permettent de suivre au cours du temps les résistances dans les différents services sont répercutés auprès des responsables pour les informer et les pousser éventuellement à différentes actions telle que la recherche de facteurs responsables ou la modification de l'antibiothérapie.

## MATERIEL ET METHODES

### RECUEIL DE DONNEES

Il existe un seul laboratoire de bactériologie dans le C.H.R. de Nancy et on y pratique environ

18 000 antibiogrammes par an. La décision de l'examen bactériologique et sa motivation dépendent du médecin demandeur et non du bactériologiste.

Jusqu'à janvier 1981, tous les antibiogrammes étaient effectués manuellement par la méthode des disques, et le bactériologiste choisissait pour chaque espèce bactérienne les antibiotiques à tester (10 à 20). Depuis 1981, un appareillage automatique (système ABAC*) est utilisé pour la grande majorité des germes. Cependant, pour quelques espèces bactériennes nécessitant des milieux particuliers (hémophilus, méningocoque, gonocoque, anaérobies principalement), la technique manuelle a été conservée.

Pour réduire au minimum les contraintes pour le personnel, nous avons choisi d'utiliser des liasses autocopiantes afin d'éviter les recopies. Dans tous les cas les techniciens indiquent divers renseignements administratifs (nom, prénom, date, service) et médicaux (prélèvement et type de germe). Le travail supplémentaire se limite à noter les codes numériques correspondant au service demandeur, au prélèvement et au germe.

Les autres données fournies à l'ordinateur comportent pour chaque antibiotique une donnée qualitative (résistant, sensible ou intermédiaire) notée par le technicien (réalisation manuelle de l'antibiogramme) ou imprimée par la machine (réalisation automatique).

Après un contrôle rapide par le bactériologiste qui vérifie notamment que les informations ne sont pas incomplètes, la première feuille est adressée au clinicien, constituant la réponse du laboratoire et le double est transmis au Laboratoire d'Informatique Médicale de la Faculté de Médecine qui encode les données sur carte perforées et les exploite sur son ordinateur (C.I.I. Mitra 125 possédant une mémoire centrale de 256 K mots de 2 octets). Les programmes mis au point pour cette étude sont écrits en Fortran IV ce qui en facilite la transportabilité.

* Système ABAC fourni par la maison Biotrol.

## CONTROLE DES INFORMATIONS

L'ordinateur vérifie la validité de chaque code par comparaison avec les thésaurus. Dans le cas des réalisations automatiques des antibiogrammes, l'ordinateur contrôle que la couronne utilisée correspond bien au code du germe indiqué. En cas d'erreur ou d'oubli, le contenu de la carte fautive ou incomplète est imprimé en clair et celle-ci est retirée. Le listage des imperfections est transmis au bactériologiste responsable qui le renvoie corrigé. On obtient ainsi après modification du fichier, un ensemble de données valables prêtes à l'exploitation. Il faut signaler enfin que dans le cas des antibiogrammes obtenus automatiquement, l'ordre des résultats varie selon la couronne et diffère aussi du document manuel. L'ordinateur replace tous les résultats de façon homogène dans le fichier général.

## DOCUMENTS FOURNIS

L'ordinateur fournit au choix :

a) Des relevés par service et par germe. Les listes comportent le nom et le prénom du malade, la date, puis en clair, le service, le prélèvement et le germe, enfin l'antibiogramme (figure 1).

**FIGURE 1**

Exemple de liste de résultats d'antibiogrammes rangés suivant le service puis les germes. Les différents antibiotiques sont précisés à l'aide de 4 lettres disposées verticalement (1° : PENI; 2° : AMPI, ....)
Liste triée suivant les services, puis les germes — Mois de janvier 1981

| DATE | NOM | PRENOM | SERVICE | PRELEV. | GERME | PENI | AMPI | CARB | OXAC | CEFA | CEFO | ASMX | STRE | KANA | AMYK | LIVI | GENT | TOBR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13.01.81 | PIE | Marcel | INFECT. | SANG | STAPH AUREUS | R | | | S | | | | | S | S | | S | S |
| 05.01.81 | PHI | Marie | INFECT. | DIVERS | STAPH AUREUS | R | | | R | | | | | R | I | | R | R |
| 25.01.81 | RAU | Paul | INFECT. | SANG | STAPH EPI | R | | | S | | | | | I | S | | S | S |
| 07.01.81 | GRE | Liliane | INFECT. | SANG | STREPTO INGROUP | I | | | | S | | | R | | | | | |
| 19.01.81 | DES | Valérie | INFECT. | SANG | PNEUMOCOQUE | S | | | S | | | | R | | R | | R | R |
| 30.01.81 | GOU | David | INFECT. | SANG | PNEUMOCOQUE | S | | | | S | | | R | | R | | R | R |
| 10.01.81 | BOU | J. Pierre | INFECT. | SANG | E COLI | | S | S | | S | S | | | S | S | | S | S |
| 10.01.81 | RAU | Domini | INFECT. | DIVERS | KLEBSIELLA | | S | S | | S | S | | | S | S | | S | S |
| 30.01.81 | BAR | Julien | INFECT. | URINE | E CLOACAE | | R | S | | R | | | | | S | | S | S |
| 20.01.81 | BAV | Annie | INFECT. | URINE | SERRATIA | | I | S | | R | I | | | I | I | | S | R |
| 12.01.81 | HOF | Nathal | INFECT. | SANG | SERRATIA | | I | S | | R | S | | | S | S | | S | S |
| 07.01.81 | DUC | Christ | INFECT. | URINE | PYOCYANIQUE | | R | S | | R | R | | | R | R | | R | R |
| 29.01.81 | ZIM | M Clai | INFECT. | URINE | PYOCYANIQUE | | R | S | | R | R | | | R | R | | R | R |
| 07.01.81 | PHI | Isabel | INFECT. | SANG | CL PERFRIGENS | I | S | S | | S | S | | | | | | R | |

b) Des statistiques sous forme d'une série de tableaux à double entrée. L'un concerne la sensibilité aux différents antibiotiques (nombre de souches et pourcentages) (figure 2) et l'autre la résistance (pourcentage des souches résistantes et pourcentage des souches intermédiaires) (figure 3). Sur deux autres tableaux figure la répartition des germes suivant les prélèvements (figure 4) et les services (figure 5).

## FIGURE 2

Elément du tableau récapitulatif indiquant la sensibilité des germes aux antibiotiques (bilan sur 12 048 antibiogrammes).
1° ligne : pourcentage de germes testés.
2° ligne : nombre de germes testés.
Par exemple, 88% des 541 souches de *Klebsiella* testées sont sensibles à la Cefoxitine.

| | AMPI | CARB | CEFA | CEFO | AMIK | GENT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Klebsiella | 9 | 38 | 65 | 88 | 100 | 83 |
| | 866 | 602 | 860 | 541 | 857 | 866 |
| E. Cloacae | 23 | 86 | 5 | 15 | 99 | 84 |
| | 333 | 279 | 332 | 247 | 332 | 332 |
| Serratia | 8 | 51 | 1 | 77 | 84 | 44 |
| | 508 | 354 | 504 | 314 | 502 | 505 |
| Proteus Mir | 82 | 92 | 90 | 98 | 99 | 95 |
| | 748 | 595 | 748 | 515 | 758 | 755 |

Tous ces tableaux sont obtenus soit globalement pour l'ensemble des services, soit individuellement par service. Dans ce dernier cas, pour faciliter la comparaison, l'ordinateur peut faire figurer sur le tableau des résistances le pourcentage de résistance dans le service et en-dessous la valeur correspondante obtenue à partir de l'ensemble des antibiogrammes pratiqués pendant la même période (figure 6).

## FIGURE 3

Elément du tableau récapitulatif indiquant la sensibilité des germes aux antibiotiques (bilan sur 12 048 antibiogrammes).
1° ligne : pourcentage des germes résistants.
2° ligne : pourcentage des germes intermédiaires.
Par exemple, pour les *Klebsiella* testées par la Cefoxitine, on a 9% de souches résistantes et 3% de souches intermédiaires.

| | AMPI | CARB | CEFA | CEFO | AMIK | GENT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Klebsiella | 64 | 62 | 10 | 9 | 0 | 10 |
| | 27 | 0 | 25 | 3 | 0 | 7 |
| E. Cloacae | 52 | 14 | 67 | 75 | 1 | 12 |
| | 25 | 0 | 28 | 10 | 0 | 4 |
| Serratia | 80 | 49 | 98 | 7 | 2 | 41 |
| | 12 | 0 | 1 | 16 | 14 | 15 |
| Proteus Mir | 15 | 8 | 3 | 1 | 0 | 3 |
| | 3 | 0 | 7 | 1 | 1 | 2 |

Les tableaux de résistance par service permettent de répondre à notre objectif essentiel, qui est la mise en évidence et l'étude des services dans lesquels existent ou apparaissent des résistances bactériennes inhabituelles.

## FIGURE 4

Elément du tableau récapitulatif indiquant la répartition des germes suivant les prélèvements (10 au total). Bilan sur 12 048 antibiogrammes.
Seule figure sur ce tableau, la répartition des entérobactéries dans 4 types de prélèvements, et le total correspond à l'ensemble des germes.

| | Sang | Urines | Selles | Expect |
|---|---|---|---|---|
| E Coli | 130 | 1044 | 102* | 165 |
| Citrobacter | 5 | 66 | 0 | 10 |
| Salm Typhi | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Salm Paratyphi | 1 | 0 | 5 | 0 |
| Autres Salmonella | 5 | 4 | 62 | 0 |
| Shigella | 0 | 0 | 10 | 0 |
| Klebsiella | 35 | 262 | 0 | 179 |
| E Cloacae | 18 | 52 | 0 | 62 |
| Enterobacter | 4 | 6 | 0 | 22 |
| SP Serratia | 85 | 157 | 0 | 66 |
| ——— | —— | —— | —— | —— |
| ——— | —— | —— | —— | —— |
| TOTAL | 797 | 2429 | 276 | 1501 |
| % | 6.6 | 20.1 | 2.2 | 12.4 |

* Dans les selles, il s'agit d'E. Coli entéropathogènes des gastro-entérites infantiles.

## FIGURE 5

Elément du tableau récapitulatif indiquant la répartition des germes suivant les services (précisés par un numéro de code). Bilan sur 12 048 antibiogrammes. 8 services seulement ont été mentionnés sur la figure. Chaque total correspond à l'ensemble des services.

| ORIGINE | 00 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | — | — | TOTAL | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STAPH AUREUS | 73 | 9 | 44 | 53 | 32 | 37 | 6 | 13 | — | — | 2173 | 18.0 |
| STAPH EPI | 9 | 0 | 21 | 2 | 4 | 4 | 0 | 3 | — | — | 263 | 2.1 |
| STREPTO A | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | — | — | 123 | 1.0 |
| STREPTO B | 11 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 | — | — | 181 | 1.5 |
| Autre STREPTO HE | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | — | — | 75 | 0.6 |
| STREPTO D | 33 | 5 | 49 | 46 | 11 | 44 | 8 | 2 | — | — | 1296 | 10.7 |
| STRETP INGROUP | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | — | — | 73 | 0.6 |
| PNEUMOCOQUE | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 4 | 1 | 0 | — | — | 63 | 0.5 |
| MENINGOCOQUE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | — | — | 20 | 0.1 |
| GONOCOQUE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 27 | 0.2 |
| Autre NEISSERIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 5 | 0.0 |
| E COLI | 111 | 5 | 63 | 110 | 45 | 63 | 23 | 21 | — | — | 2375 | 19.7 |

## FIGURE 6

Elément du tableau récapitulatif indiquant la résistance des germes aux différents antibiotiques dans un service donné.
1° ligne : pourcentage de résistance dans le service
2° ligne : pourcentage des résistance dans l'ensemble des services (valeur moyenne).
Les valeurs ne sont notées que si les effectifs sont supérieurs à 10.

Bilan réalisé dans un service de médecine sur 502 antibiogrammes (12 048 dans tout l'hôpital).

| | AMPI | CARB | CEFA | CEFO | AMIK | GENT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Klebsiella | 73<br>64 | 71<br>66 | 3<br>10 | 0<br>6 | 0<br>0 | 18<br>9 |
| E Cloacae | 55<br>52 | | 64<br>71 | | 0<br>0 | 9<br>9 |
| Serratia | 92<br>76 | 75<br>48 | 99<br>98 | 56<br>10 | 3<br>1 | 68<br>38 |
| B Pyocyanique | | 45<br>29 | | | 0<br>2 | 51<br>22 |

Ces résistances concernent plus spécialement certains germes ce qui nous a amené à mettre au point un dernier programme. Celui-ci permet de sélectionner un germe donné (par exemple, le staphylocoque doré) et de récapituler dans un tableau les sensibilités obtenues dans chaque service pour ce germe et chaque antibiotique. Les fréquences moyennes y figurent et les valeurs obtenues qui leur sont inférieures sont signalées par des étoiles (une, ou deux, selon l'importance de l'écart) (figure 7).

### REALISATION PRATIQUE

L'exploitation informatique des résultats a débuté en septembre 1979 et depuis cette date :

a) Chaque mois, tous les chefs de service reçoivent un relevé des germes isolés dans leur service. Les germes étant classés par espèce, il apparaît immédiatement à la lecture de ces listes le nombre de souches d'une même espèce isolées dans le service pendant le mois. De cette façon, le clinicien peut apprécier l'importance des infections et leur nature.

En outre, le nom des malades figurant en clair sur les listes, il est possible de localiser la survenue des infections et même de savoir le type d'infection par la nature du prélèvement.

b) Chaque mois, un relevé général est adressé au service d'hygiène hospitalière qui dispose ainsi des informations bactériologiques concernant l'ensemble des services hospitaliers.

Cela dispense les cliniciens d'adresser au service d'hygiène hospitalière le relevé des infections observées dans le service. En effet l'expérience montre que si ces déclarations, indispensables à l'action du service d'hygiène, peuvent être transmises pendant une période brève, il faut une discipline «draconienne» pour que ces déclarations parviennent régulièrement et sans discontinuité à longueur d'année.

Grâce au système préconisé, les médecins et surveillantes sont totalement déchargés de cette tâche fastidieuse, qui est prise en compte par le laboratoire sans aucun surcroît de travail.

c) Chaque trimestre ou semestre, le laboratoire peut transmettre à chaque service des statistiques donnant pour les espèces bactériennes les plus importantes, isolées dans le service (staphylocoques, entérobactéries, Pseudomonas, Acinetobacter, ...) la fréquence des souches sensibles et des souches résistantes vis-à-vis des différents antibiotiques, ainsi que la situation moyenne des mêmes souches pour tout le C.H.R.
Cette information comporte souvent un court commentaire du bactériologiste qui insiste sur les données essentielles pour la thérapeutique.

## FIGURE 7

Elément du tableau indiquant la sensibilité du staphylocoque doré aux différents antibiotiques dans les différents services hospitaliers.
Bilan réalisé sur 3 491 staphylocoques dorés testés de septembre 1979 à septembre 1980.
1° ligne : sensibilité en pourcentage (valeurs non indiquées pour les effectifs inférieurs à 10).
2° ligne : indication par des étoiles des valeurs inférieures à la moyenne générale (une étoile si la différence est comprise entre 1 et 15; deux étoiles si la différence est supérieure à 15). Nous savons que la valeur 15 est arbitraire et modifiable et que sa signification varie selon que la fréquence moyenne est autour de 50% ou de 90% par exemple. En fait, il s'agit ici d'attirer l'attention des utilisateurs. Nous envisageons ultérieurement un test statistique précis de comparaison de fréquence.

| | PENI | AMPI | CARB | OXAC | CEFA | CEFO | STRE | KANA | AMYK | LIVI | GENT | TOBR | CHLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Moyenne générale | 6 | 8 | | 74 | 75 | 43 | 29 | 53 | 92 | | 82 | 83 | 61 |
| CHIR. 1 | 3 * | 14 | | 76 | 75 | | 31 | | 93 | | 86 | 88 | 89 |
| CHIR. 2 | 17 | 15 | | 77 | 79 | | 28 * | | 91 * | | 81 * | 80 * | 72 |
| CHIR. 3 | 0 * | 0 * | | 92 | 91 | | 42 | | 100 | | 100 | 100 | 83 |
| CHIR. 4 | 18 | 18 | | 82 | 82 | | 18 * | | 100 | | 100 | | 82 |
| CHIR. 5 | 0 * | 6 * | | 66 * | 66 * | | 22 * | | 94 | | 91 | 91 | 32 ** |
| CHIR. 6 | 4 * | 4 * | | 64 * | 68 * | | 14 * | | 96 | | 71 * | 80 * | 56 * |
| N. CHIR. 7 | 2 * | 2 * | | 50 ** | 50 ** | | 22 * | | 90 * | | 54 ** | 57 ** | 42 ** |
| N. CHIR. 8 | 12 | 12 | | 58 ** | 58 ** | | 8 ** | | 72 ** | | 54 ** | 60 ** | 50 * |

106

## RESULTATS

Le système informatique décrit fonctionne régulièrement depuis septembre 1979 à la satisfaction des bactériologistes et des responsables de l'hygiène hospitalière. A partir de janvier 1980, les cliniciens ont été renseignés sur les problèmes infectieux propres à leur service grâce aux relevés mensuels et aux statistiques de sensibilité.

Cette réalisation permet de connaître la résistance des souches bactériennes aux principaux antibiotiques sur n'importe quelle période choisie (9) et, par exemple, une année comme le montre la figure 8 où sont présentés les résultats de 19 300 antibiogrammes.

L'exploitation des données a permis de constater d'importantes variations selon les services (10) comme l'indique la figure 7 où l'on note par exemple que la sensibilité des staphylocoques à l'oxacilline varie de 50% à 92% entre huit services de chirurgie alors que la moyenne générale dans le C.H.R. est égale à 74%.

## DISCUSSION

Les résultats des antibiogrammes constituent une masse considérable de données, difficilement exploitable manuellement. C'est ainsi que la seule appréciation de l'activité d'un antibiotique vis-à-vis de telle ou telle espèce bactérienne devient une tâche laborieuse et on doit se limiter en pratique à des études ponctuelles.

L'aide de l'informatique est donc essentielle en bactériologie comme le rappelle Bergogne-Berezin (1) et le prouvent maintes réalisations nationales (2, 3, 7, 8) et internationales (4, 5, 11, 12).

La formule présentée se distingue par le fait qu'elle a été introduite sans modification notable des habitudes des techniciens; c'est ainsi que les fiches habituelles des résultats des antibiogrammes (manuels ou automatiques) n'ont subi que des transformations très réduites pour faciliter la perforation des données et que les seules contraintes nouvelles véritables consistent dans le codage numérique de trois renseignements de base (service, prélèvement et germe).

Dans le même souci de ne pas perturber des habitudes anciennes, nous n'avons pas choisi la feuille de marque qui facilite l'entrée des données en ordinateur (à condition de posséder un lecteur optique). Actuellement les données sont perforées sur cartes malgré les imperfections du procédé et notamment les risques d'erreur à la perforation. Pour supprimer ces inconvénients, nous étudions une saisie des données selon un mode conversationnel.

On peut reprocher aussi à notre système de fonctionner en temps différé et de nécessiter des allers et retours des informations. Il s'ensuit un retard (modéré en fait) apporté aux traitements mensuels. De plus certaines exploitations quotidiennes, et en particulier l'édition automatique des résultats, sont difficiles à réaliser. Il est évident que des systèmes spécifiques travaillant en temps réel présentent des avantages mais leur coût peut leur faire préférer une formule du type de celle décrite, lorsqu'existe un centre informatique voisin et disponible. Par ailleurs ces centres possèdent souvent des possibilités de traitement des données (tri, statistiques, manipulations de gros fichiers) difficilement réalisables sur un petit système.

Un avantage de notre système consiste en l'indication des noms et prénoms des patients sur la fiche informatique. Les informations nous ont permis de vérifier sur les listes triées par service et par nom que la fréquence des antibiogrammes effectués plusieurs fois chez les mêmes sujets et les mêmes souches bactériennes était faible. Il convient en effet d'éviter un biais dans l'étude de la résistance des germes aux antibiotiques. Il ne faut pas comptabiliser plusieurs fois la même souche d'une même espèce chez un même malade. Dans notre cas, l'erreur est minime mais peut être corrigée par programme (travail en cours).

D'autres erreurs peuvent survenir, en particulier à la perforation sans que cela soit détectable par l'ordinateur si la valeur appartient au thésaurus (*).

* Ces erreurs rares ne modifient les pourcentages de façon notable que lorsque les effectifs sont faibles. C'est pour cette raison que les sensibilités et les résistances ne sont pas imprimées lorsque le nombre de cas est inférieur à 10.

## FIGURE 8

Pourcentage de résistance des principales souches bactériennes à différents antibiotiques. Bilan sur 19 300 antibiogrammes réalisés de septembre 1979 à septembre 1980 au C.H.R. de Nancy.

Nous n'avons pas noté les pourcentages correspondant à des effectifs inférieurs à 10.

| | Nombre de souches | Pénicilline G | Ampicilline | Carbenicilline | Céfalotine | Céfoxitine | Céfamandole | Amikacine | Gentamicine | Tobramycine | Chloramphénicol | Doxycycline | Minocycline | Erythromycine | Spiramycine | Pristinamycine | Rifampicine | TSU | Apurone | Furanes | Ac. Nalidixique | Ac. Pipémidique | Ac. Oxolinique | Nibiol | Métronidazole | Clindamycine |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STAPH. AUREUS | 3689 | 90 | 90 | | 22 | | | 2 | 13 | 13 | 5 | 5 | 4 | 24 | 17 | 0 | 2 | 4 | | | | | | | | |
| STREPTOCOQUE A | 229 | 0 | 0 | | 1 | | | | | | | 3 | 7 | 2 | 8 | 0 | | 40 | | | | | | | | |
| STREPTOCOQUE B | 346 | 10 | 3 | | 18 | | | | | | | 6 | 14 | 3 | 12 | 0 | | | | | | | | | | |
| STREPTOCOQUE D | 2214 | 33 | 2 | | 15 | | | | | | | 16 | 25 | 53 | 56 | 42 | | 84 | | | | | | | | |
| PNEUMOCOQUE | 89 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | 2 | 3 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| GONOCOQUE | 54 | 0 | 0 | | 1 | | | 0 | 19 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| E. COLI | 3995 | | 26 | 24 | 6 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 22 | 18 | 14 | | | | | 14 | 6 | 7 | 4 | 2 | 2 | 17 | | |
| CITROBACTER | 213 | | 72 | 41 | 37 | 40 | 19 | 0 | 52 | 9 | 66 | 49 | 52 | | | | | 64 | 85 | 4 | 56 | 77 | 79 | 53 | | |
| KLEBSIELLA | 1510 | | 64 | 66 | 10 | 6 | 5 | 0 | 9 | 1 | 33 | 19 | 23 | | | | | 28 | 27 | 18 | 9 | 15 | 14 | 47 | | |
| E. CLOACAE | 549 | | 52 | 13 | 71 | 76 | 6 | 0 | 0 | 3 | 18 | 13 | 15 | | | | | 11 | 18 | 9 | 3 | 9 | 9 | 52 | | |
| SERRATIA | 908 | | 76 | 48 | 98 | 10 | 55 | 1 | 38 | 12 | 58 | 54 | 39 | | | | | 36 | 71 | 97 | 31 | 54 | 33 | 92 | | |
| PROTEUS MIRABILIS | 1221 | | 14 | 8 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 24 | 97 | 88 | | | | | 12 | 4 | 62 | 2 | 0 | 2 | 12 | | |
| PROTEUS VULGARIS | 225 | | 72 | 9 | 72 | 2 | 20 | 0 | 1 | 1 | 22 | 38 | 37 | | | | | 11 | 0 | 55 | 5 | 1 | 0 | 10 | | |
| PROTEUS MORGAN | 183 | | 64 | 5 | 94 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 21 | 41 | 39 | | | | | 11 | 12 | 23 | 3 | 2 | 4 | 34 | | |
| PROVIDENCIA | 90 | | 63 | 53 | 60 | 7 | 4 | 2 | 22 | 23 | 89 | 98 | 97 | | | | | 61 | 56 | 88 | 44 | 35 | 33 | 38 | | |
| HEMOPHILUS | 368 | | 6 | 4 | 3 | | | 18 | 4 | | 1 | 0 | 12 | 51 | | | | | | | | | | | | |
| BACILLE PYOCYANIQUE | 1613 | | | 29 | | | | 2 | 22 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACINETOBACTER | 355 | | 74 | 47 | 97 | 81 | 80 | 8 | 48 | 10 | 85 | | | | | | | 50 | 9 | 88 | 3 | | 0 | 8 | | |
| BACTEROIDES | 168 | | 86 | 4 | 92 | 2 | | | 100 | | | 1 | 2 | 10 | 14 | 1 | | | | | | | | | 0 | 7 |
| CLOSTRIDIUM PERFRINGENS | 196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 100 | | | 0 | 0 | 1 | 2 | | | | | | | | | | 6 | 31 |

Certaines de ces erreurs peuvent apparaître à la lecture des listes par un bactériologiste entraîné (germe sensible alors qu'il est toujours résistant ou l'inverse). Nous envisageons de réaliser ces contrôles de façon automatique par l'ordinateur. Dans les autres cas, seule la comparaison avec les résultats notés sur le registre manuel permet de détecter les erreurs moins évidentes mais en pratique ceci est difficilement possible.

Par ailleurs, sur le plan de la surveillance épidémiologique proprement dite, les données introduites peuvent être considérées comme insuffisantes et il conviendrait alors de ne pas se limiter à une désignation sommaire des espèces bactériennes et d'introduire des marqueurs épidémiologiques (type sérologique par exemple).

## CONCLUSION

Après plus d'une année de fonctionnement, le système informatique décrit s'est avéré particulièrement intéressant et utile.

Non seulement il renseigne sur les problèmes infectieux propres à chaque service hospitalier, mais il fait connaître le niveau de résistance aux antibiotiques des germes isolés globalement pour l'établissement et individuellement pour chaque service.

Il permet d'attirer l'attention sur des fréquences anormalement élevées de germes résistants et de conduire ainsi à rechercher les facteurs responsables.

Les statistiques fournies permettent de suivre l'évolution de la résistance des germes aux antibiotiques au cours du temps et devrait amener à adapter au mieux l'emploi des antibiotiques.


## SUMMARY

*Since september 1979, the results of all the antibiotic sensitivity tests are treated by computer, the sole efficient means to make use of the considerable data (about 18 000 germs tested yearly by over 10 antibiotics in each case).*

*This system supplies the physicians with different informations :*
- *listing of results classified according to germs and/or hospital departments,*
- *charts showing the sensitivity (or resistance) for each bacterial species and for each antibiotic.*

*By comparing the resistance rates in each department and in the entire hospital, it is easy to locate where abnormal bacterial resistance appear, which allows the necessary measures to be taken.*

*This system is especially helpful in intra hospital epidemiologic monitoring and in clinical research.*



**Key-words :**

*Computerization - Clinical bacteriology - Epidemiology - Antibiotic sensitivity test.*


## BIBLIOGRAPHIE


1. BERGOGNE-BEREZIN E. - La décision de s'informatiser en microbiologie, *Nouv. Presse Méd.*, 1980, *9*, 38, 2851-2853.
2. BRUN Y., FLEURETTE J., CHARLIEUX M., FALCOZ H., MOREAUX G. - Computerized management of a medical bacteriological laboratory, *Med. Informatics*, 1979, *4*, 4.
3. GROSSET J., NEVOT P. - Programme ETI (Assistance Publique-SETTI) - Information bactériologique et antibiotique, *Communication.*
4. ERICSSON H. - Practical use of computers in clinical bacteriology. *Fifth International Congress on Medical Records*, Stockholm, 24-31/5/1968.
5. KUNZ L.J. - Computerization in microbiology, *Human-Pathol.*, 1976, *7*, 169-175.
6. LEGRAS B., WEBER M., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. - Présentation d'un système informatisé de surveillance de la sensibilité des germes. A paraître dans *Annales Médicales de Nancy.*
7. THABAUT A., DUROSOIR J.L., SALIOU P., GUILLOREAU A., CHABANNES P. - Un système informatique en bactériologie clinique, *Méd. et Mal. Infect.*, 1979, *9*, 11, 647-653.
8. VANDENBULCKE S. - Epidémiologie des infections bactériennes hospitalières étudiées par les moyens de l'Informatique - *Thèse Méd.*, Tours, 1978.
9. VERMEULAEN G.D., GERSTER J.W., YOUNG V.M., HSIEH R.K.C. - A computerized data storage and retrieval system for clinical microbiology - *Am. J. Clin. Pathol.*, 1974, *61*, 209-215.
10. WEBER M., LEGRAS B., LION C., MORY F., MENUT M.C., LEIDENGER F., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. - Evaluation par ordinateur de la sensibilité des germes hospitaliers aux antibiotiques. Bilan sur 19 300 souches testées de septembre 1979 à septembre 1980. A paraître dans *Annales Médicales de Nancy.*
11. WEBER M., LEGRAS B., LION C., MORY F., MENUT M.C., LEIDENGER F., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. - Evaluation par ordinateur de la résistance aux antibiotiques du staphylocoque doré en milieu hospitalier. A paraître dans *Annales Médicales de Nancy.*
12. WILLIAMS K.N., DAVIDSON J.M., LYNN R., RICE E., PHILLIPS I. - A computer system for clinical microbiology, *J. Clin. Pathol.*, 1978, *31*, 1193-1201.

Présentation d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes aux antibiotiques

LEGRAS B, WEBER M, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C

Annales Médicales de Nancy et de l'Est. 1982, 21, 583-586

No 68

# Présentation d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes aux antibiotiques

par **B. LEGRAS** [1], **M. WEBER** [2], **J.P. LAMBERT** [1], **J. MARTIN** [1], **J.C. BURDIN** [2]

**RÉSUMÉ**

Depuis septembre 1979, les résultats des antibiogrammes réalisés au CHU de Nancy, sont traités par ordinateur, seul moyen efficace pour exploiter le volume considérable des informations (environ 18.000 germes testés annuellement par plus de 10 antibiotiques pour chacun).

L'article présente la formule informatisée utilisée avec ses contraintes et ses avantages. Parmi ceux-ci, outre les statistiques, la fourniture régulière de listes des résultats rangés selon différents éléments (germe, service, nom, etc...) apporte une aide précieuse à l'étude de la répartition des germes en milieu hospitalier et à l'évolution de leur sensibilité aux antibiotiques.

**Mots-clés :**
Antibiogramme,
Bactériologie,
Ordinateur.

**SENSITIVENESS OF GERMS AT THE HOSPITAL INTRODUCTION TO THE RESEARCH APPLYING THE COMPUTER AT PRESENT UNDER WAY**

***SUMMARY***

*Since September 1979, the results of the antibiograms performed at the University Hospital Center of Nancy have been using the computer, the sole efficient means to treat the huge amount of informations (about 18.000 germs yearly tested by more than 10 antibiotics for each).*

*The following article deals with the computerized method used both with its inconveniences and advantages. Among the latter, apart from the statistics, the regular issueing of results classified according to the differents items (germ, hospital department, name, etc...) proves to be a precious aid for the study of germ frequency at the hospital and the evolution of their sensitiveness to antibiotics.*

***Key-words :***
*Antibiogram,*
*Bacteriology,*
*Computer.*

## INTRODUCTION

Le laboratoire de Bactériologie du CHU de Nancy pratique environ 18.000 antibiogrammes par an et, pour chacun d'eux, 10 à 20 antibiotiques sont testés. Les résultats constituent une masse considérable d'informations difficilement exploitables manuellement. C'est ainsi que la seule appréciation statistique de l'activité d'un antibiotique vis à vis de telle ou telle espèce bactérienne devient une tâche laborieuse, et on doit se limiter en pratique à des études ponctuelles.

Seule l'informatique permet d'envisager une étude globale fournissant la sensibilité de tous les germes à tous les antibiotiques employés mais aussi d'étudier l'influence d'autres paramètres tels que le type de prélèvement et l'origine géographique.

Ces considérations ont poussé les responsables du Laboratoire de Bactériologie à utiliser l'informatique pour mieux analyser la sensibilité des germes aux antibiotiques. L'expérience a débuté en septembre 1979.

(1) Service d'Informatique médicale - Unité INSERM U 115 Faculté de médecine - B.P. 1080 - 54019 NANCY CEDEX. Tél. : 355.81.72, Poste 334.
(2) Laboratoire de Bactériologie - CHU - Nancy.

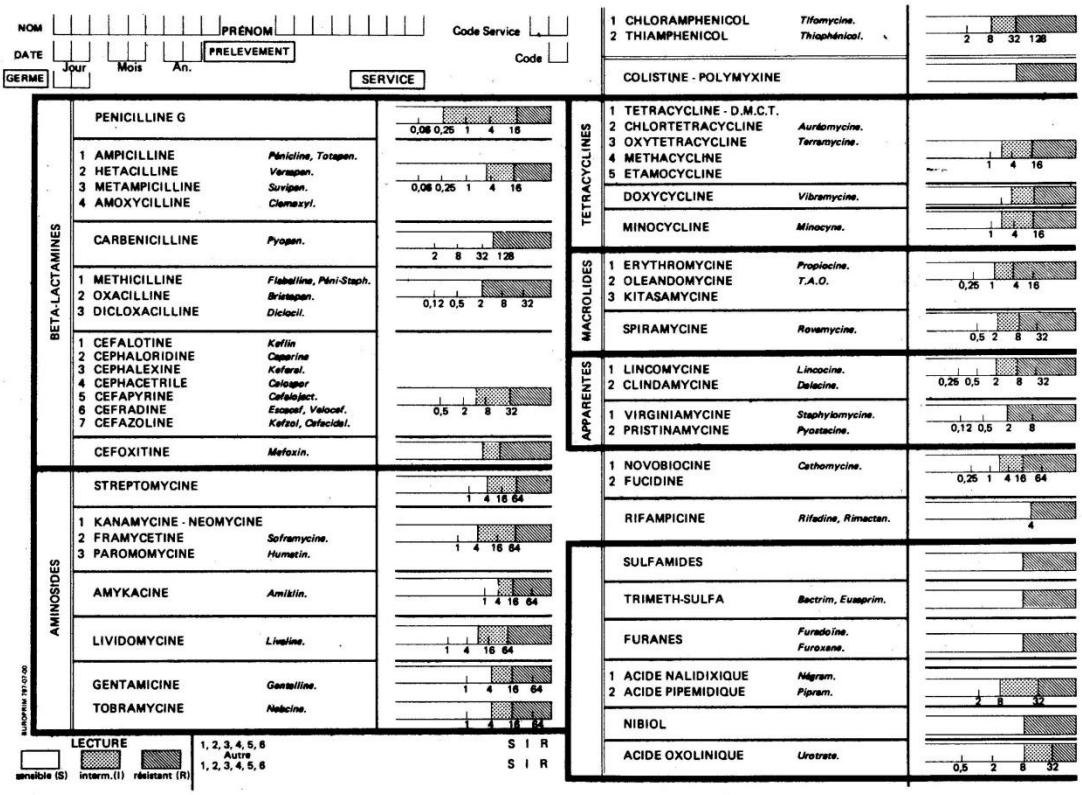
Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 28 janvier 1981.

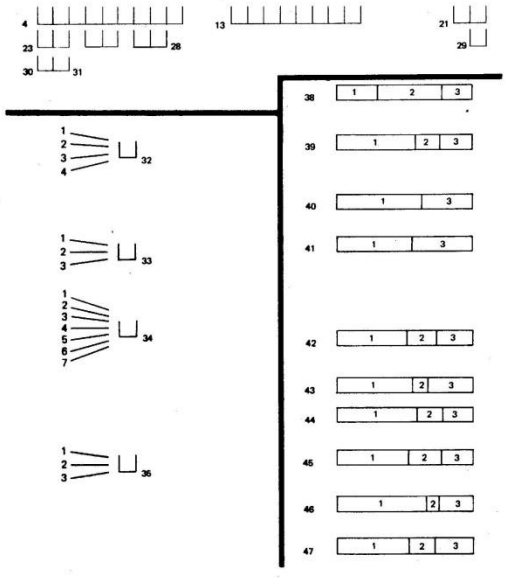
Dans ce premier article, nous exposerons la formule utilisée en précisant les quelques contraintes qui en découlent mais aussi les avantages importants dans la gestion du service.

## LA FICHE UTILISÉE

D'une façon générale, l'informatique est d'autant mieux acceptée que les contraintes pour le personnel restent réduites. Pour cette raison, et compte tenu de 15 ans d'expérience dans l'informatisation de dossiers médicaux et dans la gestion informatique du service des Isotopes, nous avons choisi à nouveau d'employer des liasses autocopiantes pour éviter les recopies.

Sur le verso de la première feuille (figure 1) se trouve la liste de tous les principaux antibiotiques, classés par familles. En regard de chaque antibiotique est représentée une échelle, dit échelle de concordance, permettant l'interprétation de l'antibiogramme. Le résultat de la détermination du pouvoir bactériostatique d'un antibiotique est indiqué par un trait vertical, dont la distance par rapport à l'extrêmité droite de l'échelle est égale au diamètre de la zone d'inhibition, mesurée au pied à coulisse sur la boîte d'antibiogramme. Selon la zone où se situe ce trait, la souche est dite résistante, intermédiaire ou sensible à l'antibiotique testé. On écrit également sur cette feuille, le nom et le prénom du patient, la date, le type de prélèvement, le service d'origine et l'identification du germe étudié. La seule contrainte, par rapport à la lecture d'un antibiogramme se limite à affecter ces trois derniers renseignements d'un numéro de code.



Par recopie automatique, les différentes informations décrites apparaissent sur la deuxième feuille de la liasse, dont la présentation différente est adaptée à la perforation des données (figure 2). Par exemple, si le trait de l'antibiogramme tombe dans le rectangle noté 1 (zone de sensibilité) on perforera le chiffre 1 dans la colonne correspondante de la carte.

La première fiche, complétée par un commentaire tapé au verso, représente la réponse du Laboratoire et est adressée au service demandeur; la seconde va en informatique médicale où les informations sont perforées sur carte. Un certain nombre de contrôles des données sont alors nécessaires pour l'obtention d'un fichier complet et fiable (voir annexe).

Signalons que la fiche s'adapte facilement à l'étude de nouveaux antibiotiques non indiqués, par l'emploi de deux catégories "autres" comportant chacune 9 chiffres. Les spectres étant variables d'un produit à l'autre, on coche alors après le chiffre du produit, le résultat de l'examen (S, R ou I sur la première feuille qui correspondent à 1, 2 ou 3 sur la seconde).

En novembre 1980, le laboratoire s'est équipé d'un système de lecture automatique des antibiogrammes. De légères modifications ont été apportées aux fiches de résultats et un programme de transcodage des données par ordinateur a permis de rendre le nouveau système compatible avec l'ancien, qui continue d'ailleurs à être utilisé pour certaines espèces bactériennes (hemophilus, anaerobies).

dans tous le CHR et en faire état auprès du laboratoire national de la santé pour l'établissement d'un bulletin d'information d'épidémiologie bactérienne.

Enfin le laboratoire dispose, grâce à ces statistiques, d'une méthode interne de contrôle de qualité, en surveillant par exemple l'apparition de sensibilités ou de résitances aberrantes.

## CONCLUSION

L'informatisation des antibiogrammes a été réalisée avec un minimum de contraintes, grâce, en particulier, à l'empoi de liasses autocopiantes. La fourniture de différentes listes des examens rangés selon divers paramètres apporte une aide précieuse au clinicien et au bactériologiste. Après un an de fonctionnement, un premier bilan sur la sensibilité des germes isolés en milieu hospitalier est présenté dans l'article suivant.

Ultérieurement, la poursuite de ce travail permettra de mieux apprécier l'évolution de la sensibilité et de la résistance.

Par ailleurs, dans le domaine de l'hygiène hospitalière, l'informatique se révèle être d'une aide fondamentale.

Travail du Service d'Informatique
Médicale de la Faculté de Médecine
et du Laboratoire de Bactériologie
du CHU de Nancy.

ANNEXE

## LA VALIDATION DES DONNÉES DU FICHIER INFORMATIQUE

Pour toute étude rigoureuse et en particulier celle-ci, il convient de contrôler au maximum les données du fichier informatique. Ce contrôle est automatique, puis manuel. Dans une première étape, réalisée par ordinateur, on détecte l'absence d'information (oubli du nom, du prénom, de la date, du germe, du prélèvement ou du service) ou les erreurs (code du germe, du prélèvement ou du service n'appartenant pas au dictionnaire ou chiffres différents de 1, 2 ou 3 pour les résultats des antibiotiques). Le programme met de côté les dossiers erronés et imprime en clair leur contenu à l'aide du programme d'édition (voir figures 3 et 4). Le bactériologiste qui reçoit ce " listing ", complète ou corrige les erreurs et renvoie la liste à l'informatique. En fait, ce contrôle automatique n'assure pas la fiabilité totale et, par exemple, ne détecte pas une erreur sur un code faux appartenant toutefois au dictionnaire. Pour améliorer la précision, il faut donc parcourir les listes complètes fournies par l'ordinateur et éventuellement comparer minutieusement leurs informations avec celles du registre. Les contraintes deviennent alors plus sévères. Remarquons cependant que si le taux d'inexactitude devient très faible (si possible inférieur à 1 %), il n'affectera plus de façon sensible les pourcentages, en particulier ceux qui sont obtenus à partir d'effectifs importants.

## INTÉRET PRATIQUE

Pour exploiter de façon poussée l'ensemble des informations recueillies, nous avons mis au point de nombreux programmes qui fournissent à la demande des listes triées, éditées en clair, (figures 3 et 4) ainsi que de nombreux tableaux récapitulatifs. De cette façon, les responsables du laboratoire de bactériologie disposent d'une série de documents qu'ils peuvent communiquer aux personnes intéressées. *C'est ainsi qu'en pratique* :

| DATE | NUM | PRENOM | SERVICE | PRELEV. | GERME | PACUCC SKALGT CC TDM<br>EMAXEE TAMIEO HO EGI<br>NPHAFF RNYVNB LL TXN<br>IIBCAO EAKITR OI RYO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5-10-79 | BE[redacted] | CORINNE | PRIVE | URINES | PROTEUS MIR | S S S S SR SI |
| 2-10-79 | BO[redacted] | MICHEL | PRIVE | PR ORL | PSEUDOMONAS SP | SS S S SSS SR SS |
| 12-10-79 | MU[redacted] | GEORGES | PRIVE | URINES | E COLI | S S S S SS SS |
| 8-10-79 | BE[redacted] | CHRISTIA | MED A | PUS | STREPTO D | IS I R I |
| 6-10-79 | CR[redacted] | LUCIEN | MED H | EXPECT | STAPH AUREUS | R SS I S SS S SS |
| 4-10-79 | CR[redacted] | LUCIEN | MED H | SELLES | STAPH AUREUS | R SS I S SS S SS |
| 6-10-79 | CH[redacted] | ABEL | MED C | PUS | PYOCYANIQUE | R S SS S R |
| 6-10-79 | ST[redacted] | MADELEIN | MED C | PR ORL | KLEBSIELLA | IS S S SS SR SS |
| 6-10-79 | DA[redacted] | CHARLES | MED D | EXPECT | STAPH AUREUS | R SS S S SS S SS |
| 2-10-79 | VI[redacted] | HENRIETT | MED G | AUTRE | E CLOACAE | RS R S SS IS II |
| 4-10-79 | BO[redacted] | A MARIE | CARD B | PUS | PYOCYANIQUE | S I IS S |
| 11-10-79 | SP[redacted] | J-PIERRE | NEURO | URINES | PYOCYANIQUE | R I RR S |

| NUM | PRENOM | SERVICE | PRELEV. | GERME | PACUCC SKALGT C<br>EMAXEE TAMIEO H<br>NPHAFF RNYVNB L<br>IIBCAC EAKITR O |
|---|---|---|---|---|---|
| CR[redacted] | LUCIEN | MED H | SELLES | STAPH AUREUS | R SS I S SS S |
| CR[redacted] | LUCIEN | MED H | EXPECT | STAPH AUREUS | R SS I S SS S |
| DA[redacted] | CHARLES | MED D | EXPECT | STAPH AUREUS | R SS S S SS S |
| SOL[redacted] | MARCEL | TI RESP | PR ORL | STAPH AUREUS | R RR R R RR R |
| CHA[redacted] | TONY | MED H | PR GENI | STAPH AUREUS | R RR R R RR R |
| COS[redacted] | GUY | MED H | PR GENI | STAPH AUREUS | R RSS I S SS S |
| BIE[redacted] | MURIELLE | MED B | PR GENI | STAPH AUREUS | R SS R S SS R |
| LEC[redacted] | SEBASTIE | PROU H | AUTRE | STAPH AUREUS | R RR R R RR S |
| ROY[redacted] | DANIEL | CHIR A | PUS | STAPH AUREUS | R SS S S SS I |
| LAN[redacted] | THIERRY | CHIR H | AUTRE | STAPH AUREUS | SS S S SS I |
| LEM[redacted] | YANNICK | CHIR D | PUS | STAPH AUREUS | R RR I S SS S |
| ALT[redacted] | JULIO | CHIR E | AUTRE | STAPH AUREUS | R SSS S S SS S |
| GRA[redacted] | NICOLAS | CHIR E | EXPECT | STAPH AUREUS | R SS I S SS I |
| LAS[redacted] | BERNARD | A CHIR | SONDE | STAPH AUREUS | RR R R RR S |
| SAN[redacted] | SERGE | ORL C | PR GENI | STAPH AUREUS | R SS I S SS S |
| WOJ[redacted] | HENRI | UROLOG | URINES | STAPH AUREUS | RR SS SS S |
| TAH[redacted] | MOHAMED | DERMAT | PR GENI | STAPH AUREUS | R SS S S SS S |
| OUA[redacted] | NOUARA | DERMAT | PR ORL | STAPH AUREUS | R SS I S SS S |
| DEL[redacted] | | MATERN | SONDE | STAPH AUREUS | R SS I S SS S |
| POI[redacted] | MARIE T | P FOUR | PUS | STAPH AUREUS | RR R S RR R |
| SIN[redacted] | ARLETTE | INFECT | SANG | STAPH EPI | RR S S SS |
| FLO[redacted] | SABINE | MATERN | URINES | STAPH EPI | RI I S S S |
| BE[redacted] | CHRISTIA | MED A | PUS | STREPTO D | IS I R |

1) chaque mois, les responsables des principaux services cliniques reçoivent un relevé des germes isolés dans leur service. Les germes étant classés par espèce, il apparaît immédiatement à la lecture de ces listes le nombre de souches d'une même espèce isolées dans le service pendant le mois. De cette façon, le clinicien peut apprécier l'importance des infections et leur nature. De plus, grâce aux données de l'antibiogramme, il est possible d'obtenir des renseignements supplémentaires d'ordre épidémiologique, par exemple de déceler au sein des infections à staphylocoques une souche particulière isolée chez plusieurs malades en raison d'un antibiotype spécifique.

En outre, le nom des malades figurant en clair sur les listes, il est possible de localiser dans le service la survenue des infections et de savoir le type d'infection par la nature du prélèvement.

2) chaque mois, un relevé général est adressé au service d'hygiène hospitalière qui dispose ainsi des informations bactériologiques et épidémiologiques concernant l'ensemble des services hospitaliers.

Cela dispense les cliniciens d'adresser au service d'hygiène hospitalière le relevé des infections observées dans le service. En effet, l'expérience montre que si ces déclarations, indispensables à l'action du service d'hygiène, peuvent être transmises pendant une période brève, il faut une discipline " draconienne " pour que ces déclarations parviennent régulièrement et sans discontinuité à longueur d'année.

Grâce au système préconisé, les médecins et surveillantes sont totalement déchargés de cette tâche fastidieuse, qui est prise en compte par le laboratoire sans aucun surcroît de travail.

3) chaque trimestre ou semestre, le Laboratoire peut transmettre à chaque service des statistiques donnant pour les espèces bactériennes les plus importantes isolées dans le service (staphylocoque, enterobactéries, pseudomonas, acinetobacter,...) la fréquence des souches sensibles et des souches résistantes vis à vis des différents antibiotiques, ainsi que la situation moyenne des mêmes souches pour tout le CHR.

La comparaison de ces données permet ainsi au médecin d'apprécier la résistance des bactéries rencontrées dans son service et de juger éventuellement de l'impact des prescriptions d'antibiotiques qui sont effectuées.

4) chaque mois, le Laboratoire peut avoir la liste complète des septicémies et des méningites survenues

Evaluation par ordinateur de la sensibilité des germes aux antibiotiques en milieu hospitalier. Bilan sur 19300 antibiogrammes

WEBER M, LEGRAS B, MORY F, LION C, MENUT M-C, LAMBERT J-P, MARTIN J, BURDIN J-C

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 589-591

No 69

# Évaluation par ordinateur de la sensibilité des germes aux antibiotiques en milieu hospitalier Bilan sur 19.300 antibiogrammes

par **M. WEBER, B. LEGRAS, C. LION, F. MORY, C. MENUT, S. LEIDINGER, J.P. LAMBERT, J. MARTIN, J.C. BURDIN**

**RÉSUMÉ**

Le laboratoire de bactériologie, a pu grâce à l'informatique, exploiter les résultats de 19.300 antibiogrammes, effectués en un an au CHU de Nancy. L'étude de la fréquence des espèces isolées et de leur sensibilité aux antibiotiques est rapportée.

**Mots-clés :**
Ordinateur,
Antibiogramme.

**APPRAISAL BY DATA PROCESSING OF GERMS SENSIBILITY TO ANTIBIOTICS IN HOSPITAL RESULTS CONCERNING 19.300 ANTIBIOGRAMS**

***SUMMARY***

*Thanks to processor, the bacteriological Laboratory of Nancy could work out 19.300 antibiotic susceptibility tests results made during one year.*

*The study of the frequency of the isolated species and of their sensitivity to antibiotics is developped.*

***Key-words :***
*Processor,*
*Antibiotic sensitivity test,*

Après un an d'exploitation des résultats d'antibiogramme par la méthode informatique décrite dans l'article précédent, une étude statistique est pratiquée, portant sur environ 19.300 antibiogrammes, effectués sur des germes isolés au CHU de Nancy.

## RÉSULTATS

### Origine des prélèvements (Tableau I)

Les différents prélèvements ont été classés en 9 catégories. Sous la rubrique " prélèvements divers " ont été regroupés les prélèvements cutanés et oculaires, les liquides d'ascite et de dialyse, les cathéters veineux et artériels, etc...

### Fréquence des espèces rencontrées

Les espèces rencontrées sont rangées par ordre décroissant de fréquence d'isolement dans le Tableau II. Nous n'y avons pas fait figurer les germes exceptionnellement isolés.

TABLEAU I
**Répartition des souches selon les prélèvements**

| Prélèvements | Nombre de souches | Pourcentage |
|---|---|---|
| Hémocultures | 1.429 | 7,4 |
| Urocultures | 3.698 | 19,2 |
| Coprocultures | 418 | 2,2 |
| Expectoration | 3 266 | 17 |
| L.C.R. | 154 | 0,8 |
| Pus | 3.474 | 18 |
| Prélèvements ORL | 1.057 | 5,4 |
| Prélèvements génitaux | 1.933 | 10 |
| Divers | 3.870 | 20,1 |
| Total | 19.299 | |

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 28 novembre 1981.

TABLEAU II

**Répartition des souches en fonction des espèces bactériennes**

| Germes | Nombre | Pourcentage |
|---|---|---|
| Escherichia coli | 3.757 | 19,5 |
| Staphylocoque aureus | 3.491 | 18,1 |
| Streptocoque D | 2.074 | 10,8 |
| Pseudomonas aeruginosa | 1.528 | 7,9 |
| Klebsiella | 1.416 | 7,4 |
| Proteus | 1.148 | 6,0 |
| Serratia | 864 | 4,5 |
| Enterobacter | 606 | 3,1 |
| Anaerobies | 458 | 2,8 |
| Streptocoques A et B | 541 | 2,8 |
| Hemophilus influenzae | 340 | 1,8 |
| Acinetobacter | 334 | 1,7 |
| Salmonella | 136 | 0,7 |
| Pneumocoque | 88 | 0,4 |
| Gonocoque | 52 | 0,3 |

Trois espèces à elles seules constituent presque 50 % de tous les germes isolés. Le fort pourcentage d'Escherichia coli s'explique en partie par le nombre élevé d'urocultures. Le petit nombre de pneumocoques et de streptocoques du groupe A ne correspond pas à leur fréquence réelle, car nous n'effectuons les antibiogrammes sur ces germes que quand ils sont isolés à partir de sang, LCR, pus et liquides pleuraux.

**Étude de la résistance des principales espèces isolées**

*Streptocoques* (Tableau III)

Vis-à-vis de la pénicilline G, seuls les streptocoques du groupe D présentent une résistance notable.

1/3 des souches des streptocoques A et B et 2/3 de ceux du groupe D résistent à la tetracycline.

La moitié des streptocoques du groupe D résistent au chloramphénicol et aux macrolides.

Nous n'avons isolé qu'une seule souche de pneumocoque résistante aux bétalactamines.

*Staphylocoques*

Les staphylocoques dorés constituent une des principales espèces isolées en milieu hospitalier (3.500 souches en un an).

Leur étude sera développée dans un autre article.

TABLEAU III

**Pourcentage de résistance des streptocoques**

| | * | Penicilline G | Ampicilline | Cefalotine | Chloramphenicol | Tetracycline | Macrolides |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Streptocoque A. | 216 | 0 | 0 | 0 | 18 | 33 | 3 |
| Streptocoque B. | 325 | 10 | 2 | 1 | 17 | 35 | 3 |
| Streptocoque D | 2.074 | 34 | 2 | 15 | 48 | 63 | 52 |
| Pneumocoque | 88 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 1 |

* Dans la première colonne figure le nombre de souches testées.

*Bacilles Gram négatif* (Tableau IV)

E. Coli et proteus sont des espèces restées sensibles aux bétalactamines et aux aminosides.

TABLEAU IV

**Pourcentage de résistance des bacilles gram négatif**

| | * | Ampicilline | Cefalotine | Cefoxitine | Cefamandole | Carbenicilline | Gentamicine | Tobramycine | Amikacine | Tetracycline |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Escherichia coli | 3.757 | 26 | 6 | 1 | 2 | 24 | 1 | 1 | 0 | 29 |
| Proteus | 1.148 | 14 | 3 | 1 | 0 | 8 | 2 | 1 | 0 | 98 |
| Klebsiella | 1.416 | 64 | 10 | 6 | 14 | 66 | 9 | 1 | 0 | 23 |
| Serratia | 864 | 77 | 98 | 11 | 57 | 49 | 37 | 12 | 1 | 60 |
| Enterobacter | 606 | 51 | 70 | 76 | 9 | 13 | 9 | ? | 0 | 13 |
| Pyocyanique | 1.528 | | | | | 29 | 22 | 18 | 2 | |
| Acinetobacter | 334 | 74 | 97 | 82 | 89 | 48 | 47 | 10 | 8 | 39 |

* Dans la première colonne figure le nombre de souches testées.

Les klebsiella résistent à l'ampicilline et à la carbenicilline, mais restent sensibles aux cephalosporines et aminosides.

Les entérobacter sont résistants pour les 2/3 à la cefalotine et à la cefoxitine, pour la moitié à l'ampicilline. Ils sont en majeure partie sensibles au cefamandole, à la carbenicilline et aux aminosides.

Les serratia constituent une espèce très résistante aux bétalactamines en général, à l'exception de la cefoxitine, aux tetracyclines ; près de 40 % des souches sont résistantes à la gentamicine.

30 % des Bacilles pyocyaniques sont résistants à la carbenicilline, 20 % à la gentamicine et à la tobramycine.

Quant aux acinetobacter, très résistants aux bétalactamines, ils ne sont sensibles en général qu'à la tobramycine, amikacine et colistine.

*Germes anaerobies* (Tableau V)

Nous avons rassemblé les résultats concernant les germes suivants :

- bacteroïdes,
- Cl. perfringens,
- fusobacterium.

Il faut rappeler que les aminosides sont inactifs sur les germes anaerobies, que la pénicilline G reste active sur les fusobacterium et les clostridium, que les bactéroïdes résistent aux bétalactamines, à l'exclusion de la cefoxitine : ils sont sensibles au metronidazole, aux synergistiques, à la clindamycine.

En conclusion, l'utilisation de l'informatique nous a permis d'étudier sur un très grand nombre de souches, la sensibilité aux antibiotiques des germes isolés en milieu hospitalier, ainsi que leur fréquence d'isolement et leur répartition selon les prélèvements.

TABLEAU V
**Pourcentage de résistance des anaerobies**

| | * | Ampicilline pénicilline G | Carbenicilline | Cefalotine | Cefoxitine | Chloramphenicol | Tetracycline | Pristinamycine | Clindamycine | Metronidazole |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fusobacterium. | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Clostridium perfringens ..... | 181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 30 | 6 |
| Bacteroides ..... | 156 | 94 | 4 | 52 | 2 | 1 | 3 | 1 | 7 | 0 |

* Dans la première colonne figure le nombre de souches testées.

Travail du Laboratoire de Bactériologie
(Professeur J.C. BURDIN)
et du Laboratoire d'Informatique Médicale
(Professeur J. MARTIN)

Evolution de l'antibiothérapie dans un service de maladies infectieuses de 1967 à 1979
Intérêt de la tenue à jour d'un fichier informatique dans l'évaluation des prescriptions

ROCHE G, LEGRAS B, RONCALLI G, GERARD A, PRESLES O, CANTON PH, DUREUX J-B

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1982, 21, 599-604

No 71

# Évolution de l'antibiothérapie dans un service de maladies infectieuses, de 1967 à 1979 intérêt de la tenue à jour d'un fichier informatique dans l'évaluation des prescriptions

par **G. ROCHE*, B. LEGRAS**, G. RONCALLI*, A. GERARD*, O. PRESLES*, Ph. CANTON*, J. MARTIN**, J.-B. DUREUX***

**RÉSUMÉ**

L'utilisation des agents anti-bactériens s'est considérablement modifiée au cours des 15 dernières années, comme le montre l'étude présente (Service des Maladies Infectieuses de Nancy, 1967-1979) : d'une part, la pathologie infectieuse hospitalière est différente, d'autre part la rationalisation de l'antibiothérapie s'est développée.

Dans une première partie, l'évolution globale de l'utilisation des familles ou sous-familles d'antibiotiques est envisagée, certaines étant plus particulièrement détaillées.

Dans une seconde partie est étudiée l'évolution de l'antibiothérapie de quelques maladies infectieuses particulières : méningites à méningocoques, à pneumocoques ou purulentes sans germe retrouvé, septicémies à staphylocoques, infections urinaires à E. coli, à bactéries du groupe K.E.S. ou à Proteus.

**Mots-clés :**
Pathologie infectieuse,
Antibiothérapie.

**CHANGES IN ANTIBIOTIC THERAPY IN ONE INFECTIOUS DISEASE DEPARTMENT FROM 1967 to 1979. IMPORTANCE OF AN UP-TO-DATE COMPUTER INDEX IN THERAPEUTIC EVALUATION**

***SUMMARY***

*The use of antimicrobial agents has considerably varied over the past fifteen years, as we report it in the present study (Infectious Disease Department of Nancy 1967-1979).*

*Infectious hospital diseases have been changing and more rational use of antibiotics has been developping.*

*We shall consider the global evolution in the use of the different antibiotic groups or sub-groups, with particular attention to several of these groups.*

*Secondly, we shall consider the evolution of antibiotic treatment in several diseases : septic meningitis (due to meningococcus, pneumococcus or of unknown origin), staphylococcal septicemias, urinary tract infections due to E. coli, K.E.S. group bacterias or to Proteus.*

***Key-words :***
*Infectious Disease,*
*Antibiotics.*

Les agents anti-bactériens sont au premier plan de la consommation pharmaceutique. Ils représentent un des budgets importants de la dépense hospitalière. Cette place de choix est justifiée par la fréquence des problèmes d'infection ou de surinfection dans tous les secteurs du C.H.U., et par leur caractère particulièrement préoccupant.

L'efficacité remarquable des antibiotiques ne se maintient, malgré les modifications incessantes de la sensibilité des germes et du visage des infections hospitalières, que grâce à une adaptation de tous les instants de la pratique de l'antibiothérapie. De la pratique de l'antibiothérapie, c'est-à-dire du juste choix d'une réponse thérapeutique à une situation donnée, et non seulement du recours systématique à de nouveaux agents anti-bactériens plus récents et jugés plus performants.

* Service des Maladies Infectieuses (Professeur J.-B. DUREUX) - Hôpital de Brabois - route de Neufchâteau - 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY.

** Service d'Informatique Médicale (Professeur J. MARTIN) - Faculté de Médecine - 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY.

La pathologie infectieuse hospitalière, contrairement à celle que l'on observe en-dehors de l'hôpital, a considérablement changé d'aspect depuis 10 à 15 ans, mais il ne faut pas oublier que ces changements sont dus en grande partie à l'antibiothérapie elle-même. La sélection de staphylocoques dorés, d'entérobactéries, de bacilles pyocyaniques, d'acinetobacter, de bacilles anaérobies, etc..., particulièrement résistants doit son développement à l'utilisation d'antibiotiques à large spectre, souvent associés, souvent sélectionneurs puissants de mutants résistants ou de plasmides de résistance (R-facteurs), souvent prescrits selon des indications trop larges (antibiothérapies dites " de couverture ") et également de façon stéréotypée (antibiothérapies " passe-partout ").

La première réponse au développement dramatique des infections hospitalières graves et parfois " intraitables " est la réévaluation de l'asepsie dans tous les gestes agressifs, qu'ils soient diagnostiques ou thérapeutiques, et la remise en question de la pratique de l'antibiothérapie, par l'étude critique des indications et du choix des antibiotiques. La

seconde réponse réside dans la découverte de nouvelles molécules actives sur les germes multi-résistants, molécules qui doivent rester dans l'arsenal " de réserve ".

Il nous a semblé intéressant de jeter un regard en arrière, et d'apprécier dans quelle mesure l'évolution des idées a retenti sur les habitudes thérapeutiques de la Clinique des Maladies Infectieuses, au cours d'une période allant de 1967 à 1979.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

*Les traitements étudiés concernant les malades hospitalisés* dans la Clinique des Maladies Infectieuses, pendant la période considérée. Ils s'appliquent à toutes les maladies infectieuses de l'adulte, qu'elles nécessitent ou non des mesures de réanimation, qu'elles soient spontanées ou iatrogènes. Dans un certain nombre de cas, il s'agit de surinfections hospitalières à germes multi-résistants, originaires ou non d'autres Services hospitaliers. Les traitements s'appliquent également à toute la pathologie infectieuse de l'enfant, qui est abondamment représentée.

*L'étude de l'évolution de la pathologie observée pendant la même période* a fait l'objet de plusieurs thèses (CHRISTOPHE, 1977; BLONDIN, 1977; DERIVE, 1978; DOLCI, 1978; RONCALLI, 1981), et sera publiée ultérieurement de façon synthétique.

*Le nombre annuel des hospitalisations* est indiqué dans le tableau I.

TABLEAU I

**Nombre annuel d'hospitalisations dans le service des Maladies Infectieuses**

| Années | |
|---|---|
| 1967 | 791 |
| 1968 | 859 |
| 1969 | 899 |
| 1970 | 809 |
| 1971 | 781 |
| 1972 | 805 |
| 1973 | 804 |
| 1974 | 783 |
| 1975 | 694 |
| 1976 | 1.011 |
| 1977 | 999 |
| 1978 | 1.042 |
| 1979 | 1.028 |

*L'étude actuelle* a été rendue possible par *la tenue à jour d'un fichier informatisé*, comportant une fiche par malade. Un nombre minimal de données sont consignées, et tiennent sur une seule carte perforée. Le principe en a été exposé dans une publication antérieure (DUREUX, 1980).

Les antibiotiques utilisés chez un même malade pendant un séjour sont codés selon des numéros à deux chiffres, jusqu'à un maximum de cinq antibiotiques différents, ce qui permet de tenir compte de plusieurs changements de traitements. Le système employé est volontairement simple, de façon à être utilisable (rédaction aisée des fiches par l'équipe soignante), mais cette simplicité comporte en soi des inconvénients :

1) Lorsque plusieurs antibiotiques ont été prescrits, il n'est pas possible de savoir pour quelle infection ils l'ont été s'il y a eu association ou succession de deux pathologies infectieuses différentes chez le même malades,

2) Les associations d'antibiotiques n'apparaissent pas,

3) En cas de changement d'antibiotique au cours d'une même infection, il n'est pas possible de déterminer le traitement de première intention,

4) La voie d'administration n'est pas mentionnée,

5) Tous les antibiotiques ne correspondent pas obligatoirement à l'antibiothérapie adaptée; certains ont pu être donnés en attente de l'isolement du germe, et d'autres peuvent au contraire avoir sélectionné le germe!

Ces diverses réserves (2, 3 et 4) limitent l'ambition de notre travail et rendent nos chiffres en partie inexacts (1). Nous pensons malgré tout que l'ordre de grandeur est correct, car les situations envisagées dans la remarque (1) sont rares par rapport à la totalité des cas.

*Nous envisagerons successivement* :

- *l'évolution globale de l'utilisation des familles ou sous-familles d'antibiotiques*, année par année, en détaillant certaines d'entre elles.
- *l'évolution de l'antibiothérapie de quelques maladies infectieuses particulières*, choisies de façon à couvrir les germes les plus fréquemment rencontrés et de façon à avoir des effectifs suffisants; les années ont été regroupées en trois classes (1967-1971, 1972-1975, 1976-1979).

## RÉSULTATS

**Utilisation des antibiotiques de 1967 à 1979, par année** (tableaux II à VI; figures 1 à 5).

Les principales familles et sous-familles sont indiquées sur la figure 1. Les valeurs portées en ordonnées, pour les figures 1 à 5, représentent le nombre de prescriptions de l'antibiotique ou de la famille d'antibiotiques donnée, pour 100 sujets hospitalisés.

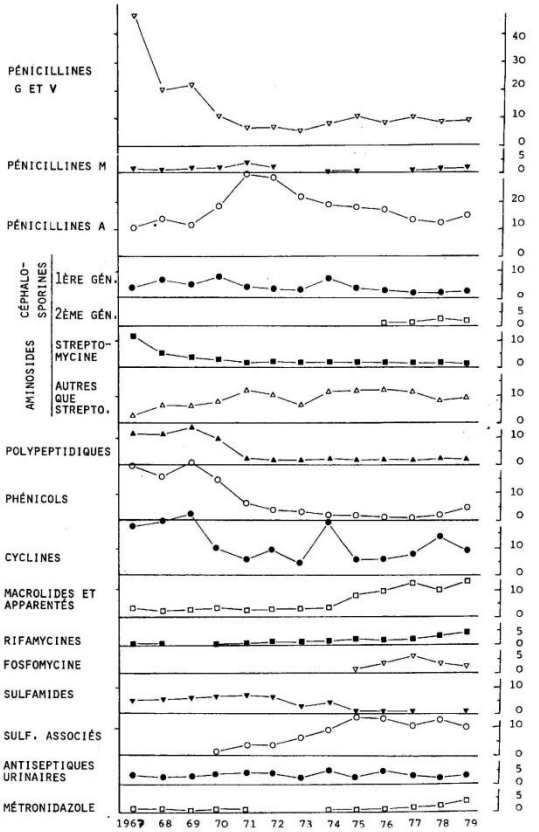



figure 1 - **évolution de l'antibiothérapie dans un service de Maladies Infectieuses, de 1967 à 1979 (chiffres exprimés pour 100 malades).**

*Les cyclines* (figure 1 et 4) sont l'objet de plusieurs travaux, jusqu'en 1969, qui expliquent leur emploi fréquent. Un autre pic d'utilisation, en 1974, correspond à l'apparition de la minocycline et à son emploi assez large en pathologie infectieuse de l'enfant. Depuis 1978, leur prescription est plus importante dans les pneumopathies atypiques et dans les bronchopneumopathies graves (association au thiamphénicol).

Les cyclines anciennes sont quasiment remplacées par celles dites de 3e génération depuis 1974, puis complètement depuis 1979, pour des motifs de tolérance et de biodisponibilité. Il s'agit de la doxycycline, puis surtout, depuis 1974, de la minocycline.

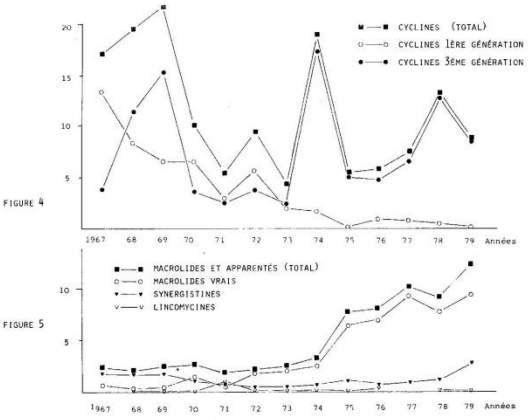



FIGURE 4

FIGURE 5

figures 4 et 5 - **utilisation des cyclines (Figure 4) et des macrolides (figure 5) (pour 100 malades).**

*Les macrolides* (figure 1 et 5) sont de plus en plus employés depuis 1975, en raison de leurs grandes qualités de spectre étroit et de bonne tolérance. Leur place dans les pneumopathies aiguës concurrence celle des cyclines, d'ailleurs les courbes d'utilisation de ces deux familles sont un peu " en miroir " l'une par rapport à l'autre depuis 1974. Il s'agit surtout des macrolides vrais, notamment de la midecamycine et de la josamycine, qui sont expérimentées dans le service. Un regain d'intérêt pour les synergistines, depuis 1979, est lié à leur action sur les staphylocoques dorés les plus résistants.

*Les rifamycines* (figure 1) sont un peu plus utilisées depuis 1978, en traitement de relais des infections à staphylocoques, en association à la minocycline ou à la pristinamycine.

*La fosfomycine* (figure 1), nouvel antibiotique, fait son apparition en 1975, et trouve sa vraie place à partir de 1979 : antibiotique de réserve vis-à-vis du staphylocoque doré et d'entérobactéries telles que Serratia sp.

*Les sulfamides classiques* (figure 1) sont actuellement abandonnés, au profit des sulfamides associés (cotrimoxazole essentiellement). Les indications de ces derniers semblent avoir été surestimées, et, en 1980, sont pour ainsi dire limitées aux infections urinaires et prostatiques.

L'utilisation des antiseptiques urinaires est stable. Celle du métronidazole augmente depuis quelques années du fait de la réapparition d'infections graves à germes anaérobies.

**Evolution de l'antibiothérapie de quelques maladies infectieuses particulières** (tableau II à IV)

1) *Méningites bactériennes* (tableaux III à V)

L'utilisation d'une quadruple association est remplacée dans la deuxième période d'observation par une triple association (pénicilline A, aminoside et sulfamide), et même, dans la moitié des cas de méningites à méningocoques, par une double association (pénicilline A et sulfamide). L'ampicilline remplace la pénicilline G. L'emploi des aminosides (par voie générale ou par voie locale) est progressivement abandonné, surtout lorsque le germe est mis en évidence, qu'il s'agisse d'un pneumocoque, ou surtout d'un méningocoque. Depuis 1980, nous n'utilisons plus que l'ampicilline seule dans la majorité des cas de méningites à méningocoque ou à pneumocoque, ou supposées telles.

TABLEAU II
**Évolution de l'antibiothérapie de quelques maladies infectieuses particulières effectifs**

| | Effectif total |
|---|---|
| Méningites à méningocoques | 156 |
| Méningites à pneumocoques | 96 |
| Méningites purulentes sans germes isolé | 178 |
| Septicémies à staphylocoques | 111 |
| Infection urinaires à E. coli | 203 |
| Infection urinaires à Bacilles du groupe K.E.S. | 108 |
| Infection urinaires à Proteus | 87 |

TABLEAU III
**Méningites à Méningocoques ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 61 | | 38 | | 57 | |
| Pénicilline G ou V | 39* | 64** | — | — | — | — |
| Pénicillines A | 20 | 33 | >38 | >100 | >57 | >100 |
| Céphalosporines | 6 | 10 | — | — | — | — |
| Soframycine (I.R.) | 26 | 43 | 2 | 5 | 2 | 3,5 |
| Autres aminosides | 13 | 21 | 18 | 47 | 6 | 10,5 |
| Phénicols | 38 | 62 | — | — | 2 | 3,5 |
| Polypeptidiques | 19 | 31 | 1 | 3 | — | — |
| Sulfamides | 55 | 90 | 20 | 53 | 2 | 3,5 |
| Sulfamides associés | — | — | 18 | 47 | 48 | 84 |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

TABLEAU III
**Méningites à Pneumocoques ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 36 | | 21 | | 39 | |
| Pénicilline G ou V | 23* | 64** | — | — | 2 | 5 |
| Pénicillines A | 10 | 28 | 21 | 100 | >39 | >100 |
| Céphalosporines | 2 | 5,5 | — | — | — | — |
| Soframycine (I.R.) | 21 | 58 | 4 | 19 | 7 | 18 |
| Autres aminosides | 19 | 53 | 18 | 86 | 13 | 33 |
| Phénicols | 25 | 69 | — | — | 2 | 5 |
| Sulfamides | 21 | 58 | 14 | 67 | 1 | 2,5 |
| Sulfamides associés | 2 | 5,5 | 10 | 48 | 31 | 79,5 |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

Ainsi, l'évolution se fait vers une limitation du nombre d'antibiotiques employés, avec passage d'une triple ou quadruple antibiothérapie systématique à une bi thérapie, et, pour l'année 1980, qui échappe à cette rétrospective, à une monothérapie quasi exclusive. L'évolution des malades ainsi traités est au moins aussi bonne.

(N.B. : les fréquences d'emploi de pénicillines A supérieures à 100 % correspondent à des relais oraux pris par des dérivés de l'ampicilline, qui sont comptabilisés en plus).

TABLEAU V

**Méningites purulentes sans germe isolé ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 59 | | 69 | | 50 | |
| Pénicilline G ou V | 32* | 54** | 1 | 1,5 | — | — |
| Pénicillines A | 27 | 46 | >69 | >100 | >50 | >100 |
| Céphalosporines | 5 | 8,5 | — | — | — | — |
| Soframycine (I.R.) | 27 | 46 | 11 | 16 | 4 | 8 |
| Autres aminosides | 21 | 35,5 | 51 | 74 | 26 | 52 |
| Phénicols | 35 | 59 | 1 | 1,5 | 2 | 4 |
| Polypeptidiques | 28 | 47,5 | 1 | 1,5 | 1 | 2 |
| Sulfamides | 46 | 78 | 35 | 51 | 1 | 1 |
| Sulfamides associés | 5 | 8,5 | 32 | 46 | 42 | 84 |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

2) *Septicémies à staphylocoques* (tableau VI)

Contrairement aux méningocoques, dont la sensibilité aux pénicillines est inchangée, les staphylocoques posent des problèmes de plus en plus délicats à résoudre de résistance aux antibiotiques. Les traitements classiques par pénicilline M ou céphalosporine associée à un aminoside deviennent insuffisants dans de nombreux cas (souches méti-R). L'utilisation de la lincomycine est limitée autant que possible, en raison du risque de colite pseudo-membraneuse. Le recours à la fosfomycine et à l'association minocycline-rifampicine, qui donnent le plus souvent de très bons résultats dans le traitement des staphylocoques résistants ou à foyers d'accès difficile, est de plus en plus nécessaire. La désaffection relative pour les synergistines (pristinamycine par exemple), dans notre troisième période d'étude, nous semble regrettable, car il se confirme actuellement que la pristinamycine reste efficace sur les souches les plus résistantes, et que son action sur les localisations ostéo-articulaires est très satisfaisante. Nos chiffres relatifs sont donc bien plus importants pour les synergistines en 1980, ce qui n'est pas le cas pour les sulfamides associés, que nous considérons maintenant comme de piètres anti-staphylococciques.

TABLEAU VI

**Septicémies à staphylocoques ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 21 | | 13 | | 77 | |
| Péni. M. - Céphalosporines | 18* | 88** | 9 | 69 | 44 | 57 |
| Aminosides | 12 | 57 | 9 | 69 | 40 | 52 |
| Phénicols | 5 | 24 | — | — | 1 | 1 |
| Minocycline | — | — | — | — | 15 | 19,5 |
| Pristinamycine | 11 | 52 | 4 | 31 | 17 | 22 |
| Lincomycine-novobiocine | 8 | 38 | 4 | 31 | 3 | 4 |
| Rifamycine | — | — | 2 | 15 | 8 | 10,5 |
| Fosfomycine | — | — | — | — | 22 | 28,5 |
| Sulfamides associés | — | — | 1 | 7,5 | 9 | 11,5 |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

Ainsi, les infections graves à staphylocoques nécessitent de plus en plus le recours à une palette assez variée d'antibiotiques, à l'inverse des méningites à pneumocoques ou à méningocoques, dont le traitement devient plutôt univoque.

3) *Infections à entérobactéries* (tableaux VII à IX)

Nous avons choisi les infections urinaires à E. coli, à bactéries du groupe KES et à Proteus, de façon à avoir des effectifs suffisants.

Pour E. coli, une simplification du traitement est observée, au profit des pénicillines A, des sulfamides associés ou des antiseptiques urinaires, selon qu'il s'agit d'infections hautes ou basses. Dans le choix de l'antibiotique d'une infection urinaire, ainsi que pour la définition des modalités thérapeutiques, on ne saurait trop insister sur la nécessité d'un diagnostic précis de localisation de l'infection, pour lequel des méthodes plus précises sont à notre disposition (test ACB, enzymes urinaires).

Pour les bactéries du groupe KES, germes essentiellement hospitaliers, des bithérapies sont le plus souvent nécessaires, à base de béta-lactamines, d'aminosides, de polypeptidiques, de sulfamides associés, voire de fosfomycine. L'infection urinaire est en général haute avec ces germes, ce qui déconseille l'utilisation d'anti-infectieux mineurs tels que les nitrofuranes ou les dérivés de l'oxyquinoléine.

TABLEAU VII

**Infections urinaires à E. coli ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 73 | | 58 | | 72 | |
| Pénicillines A | 12* | 16,5** | 17 | 29 | 17 | 24 |
| Céphalosporines | 2 | 3 | 8 | 14 | 1 | 1 |
| Aminosides | 4 | 5,5 | 8 | 14 | 6 | 8 |
| Phénicols | 13 | 18 | — | — | 2 | 3 |
| Cyclines | 11 | 15 | 5 | 9 | 5 | 7 |
| Polypeptidiques | 8 | 11 | 1 | 2 | 6 | 8 |
| Fosfomycine | — | — | — | — | 4 | 5,5 |
| Sulfamides | 7 | 9,5 | — | — | — | — |
| Sulfamides associés | 7 | 9,5 | 13 | 22,5 | 33 | 46 |
| Quinolones | 25 | 34 | 6 | 10 | 9 | 12,5 |
| Dérivés de l'oxyquinoléine | 4 | 5,5 | 23 | 40 | 20 | 28 |
| Nitrofuranes | 2 | 3 | — | — | — | — |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

TABLEAU VIII

**Infections urinaires à Enterobactéries du groupe K.E.S. ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 33 | | 37 | | 38 | |
| Pénicillines A | 11* | 33** | 15 | 40,5 | 14 | 37 |
| Céphalosporines | 3 | 9 | 1 | 3 | 6 | 16 |
| Aminosides | 4 | 12 | 10 | 27 | 14 | 37 |
| Phénicols | 8 | 24 | 1 | 3 | — | — |
| Cyclines | 5 | 15 | 7 | 19 | 1 | 3 |
| Polypeptidiques | 3 | 9 | 3 | 8 | 6 | 16 |
| Fosfomycine | — | — | — | — | 9 | 24 |
| Sulfamides | 2 | 6 | — | — | — | — |
| Sulfamides associés | 2 | 6 | 7 | 19 | 13 | 34 |
| Quinolones | 4 | 12 | 5 | 13,5 | 7 | 18,5 |
| Dérivés de l'oxyquinoléine | 5 | 15 | 10 | 27 | 3 | 8 |
| Nitrofuranes | 1 | 3 | — | — | — | — |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

Pour le genre Proteus, la connaissance d'une résistance constitutionnelle au polypeptidiques a fait cesser l'emploi de ceux-ci. A cette réserve près, le traitement est proche de celui des infections à germes du groupe KES.

TABLEAU IX
**Infections urinaires à Proteus ; évolution des traitements**

| Effectifs | 1967-1971 | | 1972-1975 | | 1976-1979 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 38 | | 28 | | 21 | |
| Pénicillines A | 14* | 37** | 12 | 43 | 6 | 28,5 |
| Céphalosporines | 5 | 13 | 4 | 14 | 1 | 5 |
| Aminosides | 8 | 21 | 7 | 25 | 5 | 24 |
| Phénicols | 8 | 21 | — | — | — | — |
| Polypeptidiques | 8 | 21 | 2 | 7 | — | — |
| Sulfamides | 4 | 10,5 | — | — | — | — |
| Sulfamides associés | 1 | 2,5 | 3 | 11 | 5 | 24 |
| Quinolones | 8 | 21 | 2 | 7 | 4 | 19 |
| Dérivés de l'oxyquinoléine | 7 | 18,5 | 6 | 21,5 | 3 | 14 |
| Nitrofuranes | 2 | 5 | 2 | 7 | — | — |

* Nombre de prescriptions,
** Nombre de prescriptions pour 100 malades.

## CONCLUSION

Cette étude rétrospective des antibiotiques utilisés dans la Clinique des Maladies Infectieuses, de 1967 à 1979, montre bien à quel point les préoccupations ont changé en matière d'antibiothérapie.

Un changement profond des attitudes thérapeutiques est apparu en une dizaine d'années, alors que les produits ne sont guère différents : délaissement de certaines familles, telles que celles des céphalosporines de première génération, des polypeptidiques, des sulfamides ; vogue transitoire des sulfamides associés ; remise à leur juste place de la pénicilline G, des pénicillines A, des aminosides, des cyclines, de la fosfomycine ; regain d'intérêt, dans des indications très particulières, des phénicols, des synergistines, de la rifampicine, du metronidazole.

Pour les méningites à méningocoques et à pneumocoques, la monothérapie succède à l'emploi d'associations lourdes et parfois antagonistes. Pour les infections graves à staphylocoques, les antibiotiques à utiliser sont de plus en plus variés et doivent être adaptés soigneusement à chaque cas.

Ce type d'étude mérite d'être étendu à d'autres Services hospitaliers consommateurs d'antibiotiques. Il doit également être couplé à des études sur l'évolution de la pathologie infectieuse observée dans un hôpital donné, et sur les modifications de la sensibilité des germes aux antibactériens. Enfin, il serait intéressant d'évaluer la croissance du coût des antibiotiques à l'hôpital.

Travail de la Clinique
des Maladies Infectieuses
et de Réanimation neuro-respiratoire
CHU de Brabois
54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY

BIBLIOGRAPHIE

BLONDIN (S.). — Bilan de l'activité du Service des Maladies Infectieuses au cours des années 1969, 1970 et 1974. Thèse Méd. Nancy, 1977.

CASTLE (M.), WILFERT (C.M.), CATE (T.R.) et al. — Antibiotic use at Duke University Medical Center. *Jama*, 1977, **237** : 2819-2822.

CHRISTOPHE (H.). — Bilan d'activité du Service des Maladies Infectieuses au cours des années 1965, 1966 et 1975. Thèse Méd. Nancy, 1977, 45 P.

COUNTS (G.W.). — Review and control of antimicrobial usage in hospitalized patients : a recommended collaborative approach. *Jama*, 1977, **238** : 2170-2171.

CRAIG (W.A.), UMAN (S.J.), SHAW (W.R.) al. — Hospital use of antimicrobial drugs : survey at 19 hospitals and results of antimicrobial control program. *Ann. Intern. Med.*, 1978, **89** : 793-795.

DERIVE (D.). — Bilan de l'activité du Service des Maladies Infectieuses au cours des années 1971, 1972 et 1973. Thèse Méd. Nancy, 1978, 110 p.

DOLCI (J.L.). — Bilan de l'activité de la Clinique des Maladies Infectieuses et du Secteur de Réanimation neuro-respiratoire durant les années 1967, 1968 et 1976. Thèse Méd. Nancy, 1978.

JACKSON (G.G.). — Antibiotic policies, practices and pressures. *J. Antimicrob. Chemother.*, 1979, **5** : 1-4.

MacGOWAN (J.E.Jr), FINLAND (M.). — Effects of monitoring the use of antibiotics : an interhospital comparison. *south Med. J.*, 1976, **69** : 193-195.

RONCALLI (G.). — Bilan d'activité du Service des Maladies Infectieuses durant les années 1977-1978. Thèse Méd. Nancy, 1981, 162 p.

SHAPIRO (M.), TOWNSEND (T.R.), ROSNER (B.), KASS (E.H.). — Use of antimicrobial drugs in general hospitals. II. Analysis of Patterns of Use. *J. Infect. Dis.*, 1979, **139,** n° 6 : 698-706.

SIMMONS (H.E.), STOLLEY (P.D.). — This is medical progress ? Trends and consequences of antibiotic use in the United States. *Jama*, 1974, **227** : 1023-1028.

TOWNSEND (T.R.), SHAPIRO (M.), ROSNER (B.) al. — Use of antimicrobial drugs in general hospitals. I. Description of population and definition of methods. *J. Infect. Dis.*, 1979, **139** : 688-697.

ZEMAN (B.T.), PIKE (M.), SAMET (C.). — The antibiotic utilization committee : an effective tool in the implementation of drug utilization review that monitors the medical justification and cost of antibiotic use. *Hospital*, 1974, **48** : 73-76.

Un logiciel sur micro-ordinateur pour la microbiologie

LEGRAS B, KOHLER F, BURDIN J-C, WEBER M

Revue Française des Laboratoires, 1984, 128, 49-53

No 90

# UN LOGICIEL SUR MICROORDINATEUR POUR LA MICROBIOLOGIE

*B. LEGRAS*, F. KOHLER*, J.-C. BURDIN**, M. WEBER***

**RESUME**

UN LOGICIEL SUR MICROORDINATEUR POUR LA MICROBIOLOGIE

Les auteurs présentent un logiciel sur microordinateur permettant l'exploitation (courrier, archivage, statistiques) de données de base en microbiologie : antibiogrammes, examen direct. Le système informatique peut être connecté à des systèmes de lecture automatique des antibiogrammes (ABAC-API). Il fonctionne depuis avril 1982 au laboratoire de bactériologie du C.H.U. de Nancy et son utilisation en routine a conduit à des améliorations permanentes.

**MOTS-CLES**

microordinateur - bactériologie - antibiogramme.

**SUMMARY**

A MICROCOMPUTER SOFTWARE APPLIED TO MICROBIOLOGY

The authors present a microcomputer program allowing the processing (mailing, storing, output of statistics) of basic data in microbiology : antibiotic sensitivity tests and direct observation. The computer system can be connected to automatic reading systems for antibiotic sensitivity tests (ABAC-API). It has been working since April 1982 in the Bacteriological laboratory of Nancy University Hospital, and its everyday use has led to permanent improvements.

**KEY-WORDS**

microcomputer - bacteriology - antibiotic sensitivity test.

## INTRODUCTION

**Encore peu automatisée en comparaison avec la biochimie ou l'hématologie, la microbiologie évolue actuellement vers le développement accéléré de machines automatiques. Les systèmes proposés sont fréquemment connectables à un ordinateur et l'informatisation des laboratoires de microbiologie est aussi en cours de développement.**

**En général, les systèmes informatiques sont importants et centralisés et à notre connaissance, rares sont les publications qui concernent l'emploi de microordinateurs (1, 3).**

**Nous avons mis au point un logiciel qui fonctionne sur microordinateur et peut exploiter les données recueillies par différents appareils de lecture automatique d'antibiogrammes (1). Il est utilisé en routine depuis avril 1982 au laboratoire de bactériologie du C.H.U. de Nancy.**

**L'article décrit en détail le logiciel et ses diverses fonctions. Celui-ci diffère un peu de la version présentée plus succinctement dans un article récent (2).**

## I. - MATERIEL ET METHODES

### 1. - Appareillage

Chaque appareil de mesure des antibiogrammes est connecté à un ensemble informatique qui comprend au minimum :

— un microordinateur Apple 2E (64 Ko)

— un moniteur noir et blanc

— un lecteur de disquettes (5 pouces)

Pour l'édition et les recopies, l'un d'entre eux est équipé en plus d'une imprimante et d'un deuxième lecteur. L'ordinateur est relié à l'appareil de lecture par l'intermédiaire d'un câble et d'une carte série.

### 2. - Logiciel

Le logiciel dans sa version actuelle (septembre 1983) comprend 33 programmes et 16 fichiers ; il nécessite 4 disquettes.

#### *a) Disquette 1*

Elle permet l'exploitation quotidienne grâce au programme de saisie des données (BACT) et d'édition du courrier (EDIT) et de la liste destinée quotidiennement au service d'hygiène hospitalière (RECAPIT 1). Elle comprend aussi l'édition des codes en clair (CODES).

#### *b) Disquette 2*

Elle sert aux exploitations mensuelles : elle contient le programme d'édition des listes triées par germe, service ou ordre alphabétique des noms (RECAPIT 2), de recherche des sujets ayant eu une hémoculture et un autre examen (RECAPIT 3), les programmes de statistiques (STAT 1, STAT 2, STAT 3, NIVEAU) et édition des codes en clair (CODES).

#### *c) Disquette 3*

Elle renferme les programmes utilitaires. Ces derniers sont au nombre de 17 (P 0 à P 16) ; ils permettent la création ou la maintenance des divers fichiers (germes, prélèvements, services, antibiotiques, spécialités, CMI, couronnes, services de la liste d'hygiène, nom du laboratoire) ainsi que l'initialisation des fichiers des antibiogrammes, le formatage des disquettes vierges et la recopie des disquettes.

#### *d) Disquette 4*

Elle contient les antibiogrammes (fichiers INDEX et FICHIER). On peut stocker environ 1 600 enregistrements par disquette (longueur de chaque enregistrement : 70 caractères).

Tous les programmes sont conversationnels et appelés à partir de menus *(figure 1)* qui apparaissent à la mise en marche de l'ordinateur. Les programmes ont été écrits en BASIC Applesoft. Certains sont compilés pour augmenter la vitesse d'exécution.

Limites actuelles de la version de base :

| | |
|---|---|
| — nombre maximal de prélèvements | 100 |
| — nombre maximal de germes | 100 |

** Laboratoire d'informatique médicale (I.N.S.E.R.M. U. 115) Faculté de médecine de Vandœuvre-Les-Nancy.*

*** Laboratoire de bactériologie — C.H.U. de Nancy.*

*(1) Appareils Abac et Api.*

**article reçu le 23 janvier, accepté le 31 janvier 1984.**

— nombre maximal de services 80
— nombre maximal d'antibiotiques 50
— nombre maximal de couronnes 20

### 3. - Différences suivant l'appareil de lecture

Quel que soit l'appareil de lecture (Abac ou Api), l'enregistrement des données a une longueur fixe de 70 caractères.

Le système Abac (antibiogrammes en milieu liquide) utilise des couronnes de 17 antibiotiques fixés dont un témoin alors que le système Api (antibiogrammes en gélose) utilise des galeries de 16 antibiotiques dont un témoin et un antibiotique au choix.

Pour coder le numéro de cet antibiotique variable, nous avons éliminé l'information relative au niveau de résistance. Le reste du logiciel est identique. Dans la suite de l'exposé, nous ne parlerons que du logiciel Abac qui est utilisé au laboratoire de bactériologie de Nancy.

### 4. - Emploi

Le logiciel est fourni avec les fichiers utilisés au laboratoire de bactériologie du C.H.U. de Nancy.

Il est fortement conseillé de conserver tels quels les fichiers des germes et des prélèvements. Sinon, on utilisera les programmes de maintenance.

Dans tous les cas, il convient d'entrer :

a) l'intitulé du laboratoire

b) les noms des demandeurs (services hospitaliers ou médecins selon le laboratoire).

Pour cela, on utilisera les programmes utilitaires adéquats de la disquette 3 *(voir menu en figure 1)*. On recopiera les fichiers sur les disquettes 1 et 2 et on pourra éditer, comme vérification, l'ensemble des fichiers par le programme CODES (appelés à partir du menu de la disquette 2).

Si l'on veut constituer une liste réduite de services et/ou dans un ordre différent, pour l'hygiène hospitalière, on indiquera les numéros correspondants, par le programme de maintenance prévu à cet effet.

## II. - PRESENTATION DES PRINCIPAUX PROGRAMMES

### 1. - Programme « Bact »

C'est le programme principal nécessaire à chaque appareil. Il permet la saisie des informations et leur maintenance. Le menu qui est visualisé permet différentes fonctions.

La fonction essentielle est la saisie des données. Dans un premier temps, le technicien entre au clavier des données administratives et médicales : nom, prénom (« x » s'il est inconnu), date du prélèvement, codes du demandeur, du germe et du prélèvement. L'ordinateur indique en clair l'information correspondante à chaque code (ou un message en cas d'absence), et le technicien la valide ou non. Dans un deuxième temps, on entre les autres informations : antibiogramme seul, examen direct seul ou les 2 successivement.

Pour la saisie des résultats de l'antibiogramme (valeur 2 au menu), on choisit l'option automatique ; après avoir défini la couronne et lu un message de la machine prévenant qu'elle attend les informations, on place la couronne dans le lecteur d'antibiogramme puis on y introduit une petite fiche cartonnée. Après mise en route, les résultats de l'antibiogramme

**FIGURE 1**
**LES DIFFERENTS MENUS DE DEPART**

DISQUETTE 1

PROGRAMMES DE BACTERIOLOGIE (1° MENU

```
DATE DU JOUR.............= 1
ENTREE DES DONNEES.......= 2
EDITION DU COURRIER......= 3
LISTES RECAPITULATIVES...= 4
EDITION DES CODES EN CLAIR.= 5
ARRET....................= 6
```

DISQUETTE 2

PROGRAMMES DE BACTERIOLOGIE (2° MENU

```
LISTES RECAPITULATIVES...= 1
STATISTIQUES.............= 2
RECOPIE AVEC SELECTION...= 3
EDITION DES CODES EN CLAIR.= 4
ARRET....................= 5
```

DISQUETTE 3

PROGRAMMES UTILITAIRES

```
 0 = CREATION NOM DU LABORATOIRE
 1 = MAINTENANCE ANTIBIOTIQUE
 2 = MAINTENANCE SPECIALITE
 3 = MAINTENANCE PRELEVEMENT
 4 = MAINTENANCE GERME
 5 = MAINTENANCE DEMANDEUR
 6 = MAINTENANCE PRELEV. CONDENSE
 7 = MAINTENANCE DEMANDEUR CONDENSE
 8 = MAINTENANCE GERME CONDENSE
 9 = CREATION LISTE POUR L'HYGIENE
10 = MAINTENANCE COURONNE
11 = MAINTENANCE C.M.I.
12 = CREATION INTITULE DES COURONNES
13 = CREATION FICHIERS DES DEMANDEURS
14 = INITIALISATION FICHIER
15 = FORMATTAGE DISQUETTE VIERGE
16 = COPIE D'UNE DISQUETTE
17 = RETOUR AU MENU
18 = ARRET
```

sont imprimés sur la fiche et simultanément transmis à l'ordinateur où ils sont contrôlés et visualisés. Seules sont admises les réponses S (sensible), R (résistant), I (intermédiaire). Certains résultats très improbables sont signalés pour vérification (par exemple : staphylocoque doré résistant à la pristinamycine).

Pour des raisons diverses, certains antibiogrammes continuent à être réalisés manuellement en boîte de Pétri, selon la technique des disques (hémophilus, gonocoques, anaérobies, ...). La lecture s'effectue par mesure du diamètre d'inhibition au pied à coulisse ou à l'aide d'un agrandisseur et permet de classer le germe en souche sensible, intermédiaire ou résistante vis-à-vis de l'antibiotique testé. Pour introduire ces informations dans l'ordinateur et constituer un fichier exhaustif, il suffit de déterminer exactement la liste des antibiotiques utilisés et leur séquence (comme dans une couronne) et d'introduire manuellement le résultat (S, R ou I) correspondant à chaque antibiotique. Cela nous a amenés à définir « 3 pseudo-couronnes » :

— couronne hémophilus, neisseria, streptocoques

— couronne pseudomonas

— couronne anaérobies

Pour certains germes particulièrement importants en milieu hospitalier (Staphylococcus aureus, E. Coli, Klebsiella, Serratia et Bacille pyocyanique), l'ordinateur calcule un niveau de résistance à partir de définitions communément admises.

Pour la plupart des prélèvements (urine, expectoration, LCR, pus, liquide de ponction, prélèvements génitaux), il est possible d'entrer des informations complémentaires (examen bactériologique direct, cytologie, dénombrement des bactéries, etc...). Toutes ces informations sont normalisées et il suffit de répondre par des chiffres aux questions posées par l'ordinateur. Le résultat est visualisé en clair pour contrôle et correction éventuelle avant d'être mis en mémoire.

On peut aussi se limiter à l'entrée de germes supplémentaires (3 au maximum). A signaler que le cas de l'examen stérile est prévu.

Une fonction importante est la maintenance du fichier : la recherche sélective de dossiers et modification éventuelle.

Deux modalités peuvent être utilisées : la première permet de rechercher un enregistrement dont on a indiqué le nom. Le fichier est balayé à partir d'un numéro choisi. Les caractéristiques de l'enregistrement sont visualisées et si celles-ci ne correspondent pas à l'analyse recherchée, on a la possibilité de continuer plus loin la recherche. Si l'on connaît le numéro du dossier, on l'obtient directement par la seconde modalité. Dans les deux cas, une fois le dossier obtenu, il est possible d'annuler l'enregistrement ou de modifier certaines informations choisies et de le réenregistrer.

## 2. - Programme « Edit »

Il permet l'édition pour le courrier d'un certain nombre d'enregistrements successifs dont on indique les premiers et derniers numéros.

Il apparaît alors sur la feuille de réponse *(figure 2)* :

— les renseignements administratifs,

— le résultat de l'analyse, y compris les informations cytologiques complémentaires (les paramètres non déterminés ne sont pas imprimés),

— les résultats de l'antibiogramme (la liste des antibiotiques dépend bien entendu de la couronne utilisée).

En face de chaque antibiotique, figurent la réponse pour le germe étudié, ainsi que les concentrations critiques minimales et maximales retenues pour définir le caractère résistant intermédiaire ou sensible. En option, on peut aussi indiquer le nom des principales spécialités correspondantes (par exemple celles utilisées à l'hôpital, dans le cas d'un laboratoire hospitalier).

En dessous, apparaît la date de la réponse que le technicien entre chaque matin à l'aide d'un programme spécifique : « date du jour » *(voir menu disquette I, figure 1)*.

## 3. - Programmes « Listes récapitulatives »

Ils permettent de visualiser ou d'imprimer les listes récapitulatives obtenues ou non après un tri, combiné avec les sélections. Chaque enregistrement comprend sur une ligne les informations suivantes : numéro de l'enregistrement, nom, prénom, date du prélèvement, prélèvement, service, germe (ces 3 informations sont indiquées en clair) et en option résultats de l'antibiogramme. N'y figurent pas les renseignements complémentaires (cytologie).

On peut choisir soit la liste brute dans l'ordre d'archivage des dossiers, soit une liste triée selon le germe, le prélèvement, le service clinique ou l'ordre alphabétique des noms.

L'étude peut porter sur tout le fichier ou seulement sur une partie limitée par des numéros. On peut enfin associer une sélection par germes, par service, par prélèvement ou par nom.

Une dernière possibilité notée « liste d'hygiène hospitalière » est une liste limitée par certain nombre de services hospitaliers classés dans un ordre donné, correspondant à leur proximité géographique au sein de l'hôpital. Cette liste des antibiogrammes de la journée est adressée chaque jour aux spécialistes de l'hygiène pour leur signaler les germes pathogènes isolés dans les différents services. La liste brute et celle d'archivage sont fournies par le programme RECAPIT 1 (disquette 1). Les autres listes sont obtenues par le programme RECAPIT 2 (disquette II).

## 4. - Programmes « Statistiques »

Plusieurs programmes, appelés à partir d'un menu, sont à la disposition de l'utilisateur.

### *a) STAT 1*

On sélectionne un germe donné (ou aucun si la disquette est homogène — comme cela sera expliqué plus loin dans la présentation du programme RECOPIE) et on obtient au choix un ou plusieurs des documents suivants :

— la première liste fournit le nombre de souches (effectif et pourcentage) sensibles, intermédiaires et résistantes à chaque antibiotique,

— la deuxième liste indique pour chaque antibiotique les mêmes données globalement et par service ; une étoile signale les services qui présentent une sensibilité inférieure à la moyenne,

— la troisième édition présente les résultats obtenus par chaque service ; la sensibilité est représentée également sous forme d'histogramme et un test statistique compare la sensibilité du service et celle du reste des services. La significativité est indiquée sous forme d'un ou plusieurs tirets *(figure 3)*.

### *b) STAT 2*

On sélectionne (ou non si la disquette est homogène), une des 3 caractéristiques de base (service, prélèvement ou germe) et sur les 2 éléments restants, on effectue l'ensemble des dénombrements possibles. On obtient le nombre de souches (effectifs et pourcentages) pour chaque paramètre étudié, pris indépendamment ou pour les 2 paramètres pris simultanément (le premier par rapport au second, puis l'inverse).

## 5. - Programme « Recopie »

Il permet de recopier le fichier en le compactant (élimination des dossiers supprimés), mais aussi, en option, de rendre le fichier anonyme (on conserve 3 lettres pour le nom et le prénom) et de sélectionner des enregistrements selon le choix, différents germes, prélèvements ou services.

Il est ainsi possible de constituer, à partir des disquettes mensuelles, des disquettes spécialisées portant sur une année entière : par exemple les hémocultures, les bacilles pyocyaniques ou rassemblant les dossiers de tout un service.

Ces disquettes spécialisées donc homogènes pourront être exploitées par exemple par le programme STAT 2.

# III. - DISCUSSION

## 1. - Problèmes particuliers

### *a) Germes en cours d'identification*

Certaines identifications bactériennes nécessitent plu-

**FIGURE 2**

**********

LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE (PR. BURDIN) * CHU DE NANCY

**********

RENSEIGNEMENTS GENERAUX
**********

DATE DU PRELEVEMENT.....7 JANVIER 1983
NOM ET PRENOM.....MEU MAD
EXAMEN DEMANDE PAR.....MEDECINE B
PRELEVEMENT.....URINE

CYTOLOGIE - CHIMIE - BACTERIOLOGIE
**********

CULOT DE CENTRIFUGATION.....ASSEZ ABONDANT
CELLULES EPITHELIALES.....RARES
HEMATIES.....RARES
POLYNUCLEAIRES.....NOMBREUX
CYLINDRES.....ABSENCE
LEVURES.....ABSENCE
CRISTAUX.....ABSENCE
ALBUMINE.....ABSENCE
SUCRE REDUCTEUR.....ABSENCE
NOMBRE DE GERMES PAR ML.....EGAL A 10 PUISSANCE 8

ANTIBIOGRAMME : GERME = ESCHERICHIA COLI
**********

| ANTIBIOTIQUES | | SPECIALITES | C.MIN-C.MAX |
|---|---|---|---|
| AMPICILLINE | = S | TOTAPEN.. | 8-16 |
| CEFALOTINE | = S | KEFLIN#CEPORINE | 8-32 |
| CARBENICILLINE | = S | PYOPEN | 64-128 |
| GENTAMICINE | = S | GENTALLINE#SISOLLINE | 4-16 |
| TOBRAMYCINE | = S | NEBCINE#ICACINE | 4-16 |
| AMIKACINE | = S | AMIKLIN | 8-16 |
| TETRACYCLINE | = S | TETRACYCLINE.HEXACYCLINE.. | 2-16 |
| CHLORAMPHENICOL | = S | TIFOMYCINE.THIOPHENICOL.SOLNICOL | 8-32 |
| COLISTINE | = S | COLIMYCINE | 2-16 |
| ACIDE OXOLINIQUE | = S | UROTRATE | 8-32 |
| ACIDE PIPEMIDIQUE | = S | PIPRAM | 8-32 |
| ACIDE NALIDIXIQUE | = S | NEGRAM | 8-32 |
| FLUMEQUINE | = S | APURONE | 8-32 |
| NITROFURANTOINE | = S | FURADOINE | 50-200 |
| NITROXOLINE | = S | NIBIOL | 8-16 |
| TRIMETH-SULFA. | = S | BACTRIM.EUSAPRIM | 2-16 |

LES SPECIALITES INDIQUEES SONT CELLES QUE FOURNIT ACTUELLEMENT L'HOPITAL

**********

NANCY LE 9 JANVIER 1983 SIGNATURE DU BACTERIOLOGISTE

FIGURE 3

**HISTOGRAMMES DE LA SENSIBILITE DES STAPHYLOCOQUES DORES DANS UN SERVICE**

La dernière colonne fait apparaître la sensibilité moyenne obtenue sur l'ensemble des services de l'hôpital.

SERVICE = CH. INF.

| ANTIBIOTIQUES | NB. SOUCHES | SENS | % SENS. | HISTOGRAMME (*=5%) 80% | % SENS. MOY. |
|---|---|---|---|---|---|
| PENICILLINE G - | 38 | 4 | 10.5 | ** ! | 13 |
| OXACILLINE | 38 | 33 | 86.8 | ***************** | 80.7 |
| GENTAMICINE | 38 | 34 | 89.4 | ***************** | 83.5 |
| TOBRAMYCINE | 38 | 32 | 84.2 | ***************** | 80.7 |
| AMIKACINE | 38 | 30 | 78.9 | ***************! | 74.6 |
| NEOMYCINE | 38 | 29 | 76.3 | ***************! | 75.9 |
| TETRACYCLINE | 38 | 25 | 65.7 | ************ ! | 63.4 |
| MINOCYCLINE | 38 | 37 | 97.3 | ********************* | 92.2 |
| OLEANDOMYCINE - | 38 | 19 | 50 | ********** ! | 52.3 |
| ERYTHROMYCINE | 38 | 32 | 84.2 | ***************** | 75 |
| SPIRAMYCINE - | 38 | 20 | 52.6 | ********** ! | 52.7 |
| CLINDAMYCINE | 38 | 34 | 89.4 | ***************** | 83.2 |
| PRISTINAMYCINE | 38 | 38 | 100 | ********************* | 99.2 |
| RIFAMPICINE | 38 | 38 | 100 | ********************* | 97.9 |
| TRIMETH-SULFA. | 38 | 38 | 100 | ********************* | 89.2 |
| JOSAMYCINE - | 38 | 22 | 57.8 | *********** ! | 58.8 |

SIGNE - = SENSIBILITE INFERIEURE A LA MOYENNE
SIGNE -- = SENSIBILITE INFERIEURE A LA MOYENNE ET SIGNIFICATIVE (P<5%)
SIGNE --- = SENSIBILITE INFERIEURE A LA MOYENNE ET TRES SIGNIFICATIVE (P<1%)
LE TEST N'EST PAS EFFECTUE SI LE NOMBRE DE SOUCHES EST INFERIEUR A 20

sieurs jours, alors que l'antibiogramme est obtenu en 24 heures. C'est pourquoi des codes spéciaux ont été prévus pour les germes en cours d'identification (cocci, bacilles gram +, bacilles gram −, anaérobies). Quand le germe est définitivement identifié, il suffit de procéder à la correction du code provisoire en rappelant la rubrique 5 du menu (maintenance du fichier). Il faut signaler qu'on a prévu dans le programme RECAPIT 1 une sélection spéciale de l'ensemble des codes de ces germes en cours d'identification ~~et~~ que l'on peut sortir ainsi facilement la liste de ces dossiers à modifier.

### *b) Détection des doublons*

L'introduction dans le fichier de 2 antibiogrammes effectués sur le même germe isolé chez un malade peut fausser les statistiques.

Deux procédures permettent de détecter ces doublons :

*1) A l'introduction :*

lorsque le technicien entre à la suite deux antibiogrammes pour le même patient, l'ordinateur l'indique par un signal sonore et une inscription à l'écran. S'il s'agit d'une erreur par inattention, il est possible d'interrompre avant que l'enregistrement ne soit stocké sur le fichier ; s'il s'agit au contraire de 2 prélèvements de nature différente, l'enregistrement peut être maintenu.

*2) A la fin du mois :*

les listes triées suivant le nom ou le germe permettent de repérer facilement ces doublons. Grâce au programme BACT et à la rubrique « maintenance du fichier », on peut alors les éliminer définitivement.

## 2. - Acceptabilité

La saisie et l'exploitation informatique des antibiogrammes a débuté au laboratoire de bactériologie en avril 1982. Depuis cette date, le logiciel a été amélioré et complété régulièrement pour tenir compte des avis et des remarques des médecins et des techniciens du laboratoire (une trentaine de personnes). Ces derniers se sont parfaitement adaptés, dans des délais très courts, à l'emploi du microordinateur : mise en place des disquettes, utilisation du clavier, appel des programmes, emploi des divers codes, corrections des données, édition du courrier, recopie des fichiers.

## CONCLUSION

**Le système décrit dans cet article présente l'avantage d'un coût modéré (moins de 30 000 F) pour des possibilités étendues et une grande facilité de fonctionnement.**

**La fonction courrier réduit le travail du secrétariat. On peut archiver et exploiter des données essentielles sur le plan bactériologique et épidémiologique. La mise à jour des différents codes est facile à réaliser.**

**Un petit inconvénient du système est la capacité réduite des disquettes utilisées, limitée à environ 1 600 examens. Des exploitations statistiques peuvent devenir longues quand il s'agit de gros fichiers.**

## *BIBLIOGRAPHIE*


1. *COURCOL R., DAMIEN J.-M., ROUSSEL-DELVALLEZ M., MARTIN G. — Fonctionnement d'un système microinformatique dans un laboratoire hospitalier de bactériologie. Méd. Mal. Inf., 1982, **12**, 643-651.*
2. *LEGRAS B., BURDIN J.-C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.-P., WEBER M., MARTIN J. — Le microordinateur en bactériologie : intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier. Accepté par Pathol. Biol.*
3. *NORBUT A.-M., PHILIP R., FOULIS et ARTHUR F. KRIEG. — Microcomputer reporting and information system for microbiology. Am. J. Clin. Pathol., 1981, **76**, 50-56.*

Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier

LEGRAS B, BURDIN J-C, KOHLER F, BENAMGHAR L, LAMBERT J-P, WEBER M, MARTIN J

Pathologie Biologie, 1984, 32, 923-929

No 103

# LE MICRO-ORDINATEUR EN BACTÉRIOLOGIE

## Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier

B. LEGRAS[1], J.C. BURDIN[2], F. KOHLER[1]
L. BENAMGHAR[1], J.P. LAMBERT[1],
M. WEBER[2], J. MARTIN[1]

LEGRAS B., BURDIN J.C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.P., WEBER M., MARTIN J. — Le microordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier.
**Path. Biol.**, 1984, **32**, n° 9, 923-929.

RÉSUMÉ : L'informatisation en microbiologie est réalisée en général à l'aide de gros ordinateurs centraux. Notre travail est basé au contraire sur l'utilisation de micro-ordinateurs peu coûteux. Nous avons mis au point des programmes généraux pour l'acquisition des données, leurs corrections, les éditions des résultats, la sortie de listes rangées suivant les paramètres désirés (service, germe ou prélèvement) et diverses statistiques, notamment de sensibilité des germes. L'ensemble fonctionne en routine depuis avril 1982 au laboratoire de Bactériologie du CHR de Nancy. Il est facilement adaptable à d'autres laboratoires et pourrait permettre un recueil étendu de données épidémiologiques essentielles sur la résistance des souches bactériennes aux antibiotiques et leur évolution au cours du temps.

MOTS-CLÉS : Micro-ordinateur. — Bactériologie. — Antibiogramme. — Epidémiologie.

LEGRAS B., BURDIN J.C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.P., WEBER M., MARTIN J. — The microcomputer in bacteriology. Its interest in the automatical exploitation of the antibiotic sensitivity tests in hospitals. *(In French).*
**Path. Biol.**, 1984, **32**, n° 9, 923-929.

SUMMARY : In microbiology, most computerization is carried out by means of important centralized computers. On the contrary, our work is based upon the use of inexpensive microcomputers. We have developped general programs for the acquisition of data, their correction, and retrieval of lists arranged according to desired parameters (hospital department, germ, or sample) and various statistics, especially with respect to germ sensitivity. This system has been used on a routine basis since April 1982 in the Bacteriology Laboratory of Nancy University Hospital. It could easily be adapted to other laboratories and could provide a wide range of essential epidemiological data on the resistance of bacterial strains to antibiotics and their evolution with time.

KEY-WORDS : Microcomputer. — Bacteriology. — Antibiotic sensitivity test. — Epidemiology.

### INTRODUCTION

La mission du laboratoire de bactériologie a évolué au fil des années. Pendant longtemps, son rôle a été limité au seul diagnostic des maladies infectieuses en assurant l'isolement et l'identification des germes à partir des produits pathologiques. Avec l'avènement des antibiotiques, ce rôle s'est étendu à la thérapeutique : l'antibiogramme permettant l'orientation de l'antibiothérapie qui peut être contrôlée ultérieurement par la détermination du pouvoir bactéricide du sérum et le dosage des antibiotiques.

Or, depuis quelques années, le laboratoire représente de plus en plus un centre irremplaçable de renseignements épidémiologiques, tant sur le plan de la connaissance des infections hospitalières que sur le plan de la surveillance et de l'évolution de la résistance des germes aux antibiotiques. Mais pour réaliser ce dernier objectif, une masse considérable de données doivent être analysées. Aussi nous est-il apparu, comme à d'autres d'ailleurs, que seuls les moyens informatiques pouvaient offrir une solution à ce problème [1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15].

C'est dans ce but qu'en septembre 1979, fut mise en place au laboratoire de bactériologie du Centre Hospitalier Régional de Nancy une exploitation par ordinateur limitée aux résultats des seuls antibiogrammes.

1. *Laboratoire d'Informatique Médicale (Groupe INSERM U 115), Faculté de Médecine, BP 184, 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY (France).*
2. *Laboratoire de Bactériologie, Centre Hospitalier Régional de Nancy, Case officielle n° 34, 54037 NANCY Cedex (France).*

**Manuscrit reçu à la Rédaction le 28 juin 1983. Accepté modifié le 6 octobre 1983.**

Jusqu'en avril 1982, les données étaient encodées sur cartes perforées et traitées par le mini-ordinateur de la Faculté de Médecine (CII Mitra 125). La formule utilisée, décrite en détail dans d'autres articles [7, 8] présentait plusieurs inconvénients : risque d'erreurs au moment de la perforation des cartes, et surtout exploitation des données en temps différé : ce qui interdisait notamment la fourniture journalière aux responsables de l'hygiène hospitalière de la liste des germes rencontrés. Elle a toutefois permis de constituer un important fichier d'antibiogrammes (plus de 30 000) qui a déjà été exploité [13, 14]. Pour pallier ces inconvénients, lorsque le laboratoire se fût équipé d'appareils de lecture automatique des antibiogrammes, il fut décidé de les connecter sur place au laboratoire même, à des micro-ordinateurs et de mettre au point un logiciel complet d'exploitation. L'article décrit les programmes utilisés, leur emploi en routine et les quelques difficultés rencontrées.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Caractéristiques techniques

Chaque appareil de mesure des antibiogrammes (système ABAC Biotrol) est connecté à un ensemble informatique qui comprend au minimum :

— un micro-ordinateur (Apple II de 48 K octets),

— un moniteur noir et blanc,

— un lecteur de disquettes (5 pouces).

Pour l'édition et les recopies, l'un d'entre eux est équipé en plus d'une imprimante et d'un deuxième lecteur.

### Logiciel

Stocké dans deux disquettes différentes au minimum, le logiciel mis au point comprend des fichiers, des programmes utilitaires et les programmes d'exploitation proprement dits[1]. Les programmes écrits en BASIC[2] sont conversationnels ; ils sont appelés à partir d'un menu qui apparaît quand on met en route l'ordinateur.

La première disquette contient 11 programmes utilitaires qui permettent de modifier aisément les fichiers utilisés par les programmes d'exploitation. Six fichiers sont constitués par les services, les prélèvements et les germes, stockés soit sous une forme complète (libellé en totalité, utilisé pour l'édition du courrier), soit sous une forme condensée (libellé réduit, employé pour les listes récapitulatives et les statistiques).

Deux fichiers concernent les antibiotiques utilisés : l'un renferme leurs dénominations communes, l'autre les noms de leurs principales spécialités (surtout celles qui sont utilisées à l'hôpital). Les trois derniers fichiers sont constitués : le premier par la liste des numéros des antibiotiques, relative à chaque couronne, le second par les CMI correspondantes (celles-ci peuvent changer en effet pour le même antibiotique d'une couronne à l'autre), le dernier enfin, par la liste des numéros des services rangés dans l'ordre désiré pour la liste d'hygiène hospitalière (explications plus loin).

La deuxième disquette renferme, outre les fichiers présentés, 11 programmes d'exploitation.

### Programme « BACT »

C'est le programme principal nécessaire à chaque appareil. Le menu qui est visualisé permet différentes fonctions.

1. — La fonction essentielle est la saisie des données (valeur 1 au menu).

Dans un premier temps, le technicien entre au clavier des données administratives et médicales : nom, prénom, date, codes du service demandeur, du germe et du prélèvement et enfin le numéro de la couronne (le système ABAC utilise 4 types différents de couronnes renfermant 16 ou 14 antibiotiques). L'ordinateur indique en clair l'information correspondante à chaque code et le technicien la valide ou non. Il existe aussi un contrôle entre certains types de germes et la couronne.

Le deuxième temps concerne la saisie des résultats de l'antibiogramme pour laquelle on choisit l'option automatique ou manuelle.

Dans la modalité automatique, on place la couronne dans le lecteur d'antibiogramme. Après mise en route de l'appareil, les résultats de l'antibiogramme sont transmis à l'ordinateur où ils sont contrôlés et visualisés. Seules sont admises les réponses S (sensible), R (résistant), I (intermédiaire).

Lorsque l'antibiogramme a été réalisé manuellement en boîte de Pétri, selon la technique des disques, la lecture s'effectue comme d'habitude par mesure du diamètre d'inhibition au pied à coulisse ou à l'aide d'un agrandisseur. Pour introduire les résultats dans l'ordinateur, il suffit de taper au clavier la réponse correspondant à chaque antibiotique (R, I, S) en respectant un ordre bien défini. Cela nous a amené à définir 3 « pseudo-couronnes » :

— couronne « *Hemophilus, Neisseria,* streptocoques »

— couronne « *Pseudomonas* »

— couronne « *Anaerobies* ».

Grâce à ces 2 dispositifs, on peut exploiter tous les antibiogrammes et constituer un fichier exhaustif.

2. — Pour la plupart des prélèvements (urine, expectoration, LCR, pus, liquide de ponction, prélèvements génitaux), il est possible d'entrer des informations complémentaires : examen bactériologique direct, cytologie, dénombrement des bactéries, etc... (valeur 2 au menu).

1. Une brochure détaillée est à la disposition des personnes intéressées.

2. Les programmes sont écrits en BASIC étendu (Basic Applesoft) et fonctionnent sous le système DOS de gestion des fichiers.

Toutes ces informations sont normalisées et il suffit de répondre par des chiffres aux question posées par l'ordinateur. Le résultat est visualisé en clair pour contrôle et correction éventuelle avant d'être mise en mémoire.

3. — Si on le désire, on peut visualiser sur l'écran, l'ensemble des données introduites (réponse 3 au menu). On peut aussi les imprimer.

Il apparaît alors sur la feuille de réponse (fig. 1) :

— les renseignements administratifs,

— le résultat de l'analyse, y compris les informations cytologiques complémentaires,

— les résultats de l'antibiogramme, la liste des antibiotiques dépend bien entendu de la couronne utilisée.

En face de chaque antibiotique, figurent la réponse pour le germe étudié ainsi que les concentrations critiques minima et maxima retenues pour définir le caractère résistant, intermédiaire, ou sensible. En option, le programme peut indiquer le nom des spécialités correspondantes.

4. — Après la phase 1 (et éventuellement les phases 2 et 3), les informations doivent être stockées sur la disquette (réponse 4 au menu). Deux fichiers sont utilisés : INDEX renferme le numéro du dernier enregistrement et FICHIER les résultats de chaque enregistrement : longueur fixe de 70 caractères (fig. 2).

5. — Une fonction importante est la recherche sélective de dossiers et leur modification éventuelle (réponse 5 au menu). Deux modalités peuvent être utilisées pour rechercher l'enregistrement désiré, soit indiquer son numéro, soit indiquer le nom du patient. Dans les deux cas, une fois le dossier obtenu, il est possible d'annuler l'enregistrement ou de modifier certaines informations choisies et de le réenregistrer.

6. — Une autre fonction (réponse 6 au menu) est l'édition pour le courrier d'un certain nombre d'enregistrements successifs dont on indique les premier et dernier numéros.

**Programme « listes récapitulatives » (Recapit)**

Il permet de visualiser ou d'imprimer des listes récapitulatives obtenues ou non après un tri, combiné ou non avec des sélections. Chaque enregistrement comprend sur une ligne toutes les informations : nom, prénom, date, prélèvement, service, germe et antibiogramme, sauf les renseignements complémentaires (cytologie...) mais leur présence est toutefois signalée sur certaines listes par une étoile. Pour certains germes particulièrement importants en milieu hospitalier (*Staphylococcus aureus, E. coli, Klebsiella, Serratia* et Bacille pyocyanique) apparaît un niveau de résistances (coefficient 0 à 5) calculé automatiquement par l'ordinateur à partir de définitions communément admises.

```
**********************************************************
            LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE
**********************************************************

        RENSEIGNEMENTS GENERAUX
        ***********************

  DATE DU PRELEVEMENT....= 11  JUIN  1983
  NOM ET PRENOM.........= DURAND       JEAN
  SERVICE...............= UROLOGIE
  PRELEVEMENT...........= URINE

    CYTOLOGIE - CHIMIE - BACTERIOLOGIE
    **********************************

  CULOT DE CENTRIFUGATION .......ASSEZ ABONDANT
  CELLULES EPITHELIALES .........QUELQUES
  HEMATIES ......................RARES
  POLYNUCLEAIRES ................TRES NOMBREUX
  CYLINDRES......................ABSENCE
  LEVURES........................ABSENCE
  CRISTAUX.......................ABSENCE
  ALBUMINE.......................0.8 G/L
  SUCRE REDUCTEUR................ABSENCE
  NOMBRE DE GERMES PAR ML........EGAL A 10 PUISSANCE 7


        ANTIBIOGRAMME (EFFECTUE EN MILIEU LIQUIDE)
        ******************

  KLEBSIELLA  ***  NIVEAU DE RESISTANCE = 2

   ANTIBIOTIQUES                    C.MIN-C.MAX
   -------------                    -----------
  AMPICILLINE        = R              8-16
  CEFALOTINE         = R              8-32
  CARBENICILLINE     = R             64-128
  GENTAMICINE        = S              4-16
  TOBRAMYCINE        = S              4-16
  AMIKACINE          = S              8-16
  TETRACYCLINE       = R              2-16
  CHLORAMPHENICOL    = R              8-32
  COLISTINE          = S              2-16
  ACIDE OXOLINIQUE   = S              8-32
  ACIDE PIPEMIDIQUE  = S              8-32
  ACIDE NALIDIXIQUE  = S              8-32
  FLUMEQUINE         = S              8-32
  NITROFURANTOINE    = S             50-200
  NITROXOLINE        = S              8-16
  TRIMETH-SULFA.     = S              2-16

**********************************************************

        LE 13 JUIN 1983          SIGNATURE DU BIOLOGISTE
```

**Fig. 1. — Exemple d'édition d'un dossier (uroculture).**

| **Données enregistrées sur disque** (Enregistrements de 70 caractères) | **Nombre de caractères** |
|---|---|
| Nom | 12 |
| Prénom | 10 |
| Service clinique (code numérique) | 2 |
| Jour | 2 |
| Mois | 2 |
| Année | 2 |
| Prélèvement (code numérique) | 2 |
| Germe (code numérique) | 2 |
| Couronne (code numérique) | 2 |
| Résultat de l'antibiogramme | 16 |
| Cytologie - Examen direct | 16 |
| Niveau de résistance | 1 |

**Fig. 2. — Composition des enregistrements (longueur égale à 70 caractères).**

LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE

LISTE RECAPITULATIVE RANGEE PAR GERME — MOIS = JANVIER 1983

SERVICE : MEDECINE H

| | | | | NUMEROS DES ANTIBIOTIQUES | 00000000011111111112222222223333333333444 1234567890123456789012345678901234567890123456789012 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 138 | BER | LUC | 19/01/83 | S S SSI SS S ISSSSS S I | | PLAIE | STAPHYLO AUREUS | |
| 140 | SPI | MAR | 19/01/83 | I S SSS SI S SSSSSS S S | | HEMOCULTURE | STAPHYLO EPIDERMIDIS | |
| 139 | BER | LUC | 19/01/83 | SS S IR SSS SS R S | | PLAIE | STREPTO A | |
| 130 | GRA | AND | 06/01/83 | S S S SSS S SS SSSSSS S | | URINE | E COLI | |
| 127 | BRU | EMI | 29/01/83 | S S SSSSSS SSSS S SS S | | PLAIE | KLEBSIELLA | |
| 133 | PUG | AND | 08/01/83 | R I S SSS R SR SSISSS R | | URINE | KLEBSIELLA | |
| 125 | ARN | LUC | 29/01/83 | R R R RRS R RR SSSSIS S | | URINE | SERRATIA | |
| 126 | AGO | AHM | 27/01/83 | S S SSSSSS RISR S SS S | | PUS | PROTEUS MIRABILIS | |
| 132 | MEL | ADE | 08/01/83 | S S SSSSSI ISSR S SS S | | PREL.VAGINAL | PROTEUS MIRABILIS | |
| 137 | BER | LUC | 19/01/83 | R I RRSSSS ISSR S SS I | | PLAIE | PROTEUS VULGARIS | |
| 129 | BRU | EMI | 04/01/83 | IS S SS SSS SI S R | | CRACHATS | HEMOPHILUS | |
| 131 | DUF | EMI | 11/01/83 | IS R SS SSS IR R R | | CRACHATS | HEMOPHILUS | |
| 135 | PEC | PIE | 14/01/83 | IS I SS SSS SR S I | | CRACHATS | HEMOPHILUS | |
| 136 | BER | CEC | 18/01/83 | IS I SS SSS SI S R | | CRACHATS | HEMOPHILUS | |
| 134 | REI | PIE | 13/01/83 | R S RRRRRI RIRS R IR I | | CRACHATS | PYOCYANIQUE | |
| 128 | AGO | AHM | 27/01/83 | SS S S SR SSSSR S SSS S | | PLAIE | CL PERFRINGENS | |

ANTIBIOTIQUES : 1=PENICILL.2=AMPICILL.3=AMOXICIL.4=CARBENIC.5=OXACILLI.6=CEFALOTI.7=CEFAMAND.8=CEFOXITI.9=GENTAMIC.10=TOBRAMYC.
11=AMIKACIN.12=KANAMYCI.13=RIBOSTAM.14=NEOMYCIN.15=TETRACYC.16=DOXYCYCL.17=MINOCYCL.18=CHLORAMP.19=COLISTIN.20=OLEANDOM.
21=ERYTHROM.22=SPIRAMYC.23=CLINDAMY.24=PRISTINA.25=RIFAMPIC.26=ACIDE OX.27=ACIDE PI.28=ACIDE NA.29=FLUMEQUI.30=NITROFUR.
31=NITROXOL.32=ACIDE FU.33=TRIMETH-.34=METRONID.35=LINCOMYC.36=TICARCIL.37=CEFSULOD.38=MEZLOCIL.39=NETILMIC.40=JOSAMYCI.
41=CEFOTAXI.42=STREPTOM.

NOMBRE DE DOSSIERS = 16

**Fig. 3. — Exemple de liste récapitulative (rendue anonyme) rangée suivant les germes.**

On choisit à partir du menu soit la liste brute dans l'ordre d'archivage des dossiers, soit une liste triée selon le germe, le prélèvement, le service clinique ou l'ordre alphabétique des noms (fig. 3).

L'étude peut porter sur tout le fichier ou seulement sur une partie limitée par des numéros. On peut enfin associer une sélection par germe, par service ou par prélèvement.

Une dernière possibilité notée « Liste d'hygiène hospitalière » est une liste limitée à un certain nombre de services hospitaliers classés dans un ordre donné, correspondant à leur proximité géographique au sein de l'hôpital. Cette liste des antibiogrammes de la journée est adressée chaque jour aux responsables de l'hygiène pour leur signaler les germes pathogènes isolés dans les différents services.

**Programmes « statistiques »**

Plusieurs programmes sont à la disposition de l'utilisateur.

*a) Stat. 1*

On sélectionne un germe donné et l'ordinateur fournit pour chaque service le nombre de souches (effectif et pourcentage) sensibles, intermédiaires, et résistant à chaque antibiotique. En outre, les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes (fig. 4).

*b) Stat. 2*

On sélectionne (ou non si la disquette est homogène comme cela sera expliqué dans le programme « recopie »), une des 3 caractéristiques de base (service, prélèvement ou germe) et sur les 2 éléments

SERVICE = CHIR B

STAPHYLOCOQUES DORES

| ANTIBIOTIQUES | | NB. SOUCHES | SENS | % SENS. | HISTOGRAMME (*=5%) | % SENS. MOY. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 80% | |
| PENICILLINE G | | 213 | 28 | 13.1 | ** ! | 13 |
| OXACILLINE | - | 213 | 168 | 78.8 | **********! | 80.7 |
| GENTAMICINE | - | 213 | 175 | 82.1 | ********** | 83.4 |
| TOBRAMYCINE | - | 213 | 169 | 79.3 | **********! | 80.7 |
| AMIKACINE | - | 213 | 156 | 73.2 | ********* ! | 74.6 |
| NEOMYCINE | - | 213 | 160 | 75.1 | **********! | 75.9 |
| TETRACYCLINE | - | 213 | 133 | 62.4 | ********* ! | 63.4 |
| MINOCYCLINE | -- | 213 | 190 | 89.2 | ********** | 92.2 |
| OLEANDOMYCINE | - | 213 | 106 | 49.7 | ********* ! | 52.3 |
| ERYTHROMYCINE | - | 213 | 156 | 73.2 | ********* ! | 74.9 |
| SPIRAMYCINE | - | 213 | 109 | 51.1 | ********* ! | 52.6 |
| CLINDAMYCINE | - | 213 | 174 | 81.6 | ********** | 83.2 |
| PRISTINAMYCINE | - | 213 | 211 | 99 | ********** | 99.2 |
| RIFAMPICINE | - | 213 | 206 | 96.7 | ********** | 97.9 |
| TRIMETH-SULFA. | - | 213 | 186 | 87.3 | ********** | 89.2 |
| JOSAMYCINE | - | 213 | 123 | 57.7 | ********* ! | 58.8 |

SIGNE - = SENSIBILITE INFERIEURE A LA MOYENNE
SIGNE -- = SENSIBILITE INFERIEURE A LA MOYENNE (P<5%)
SIGNE --- = SENSIBILITE INFERIEURE A LA MOYENNE (P<1%)
LE TEST N'EST PAS EFFECTUE SI LE NOMBRE DE SOUCHES EST INFERIEUR A 20

**Fig. 4. — Exemple de statistique de sensibilité de *Staphylococcus aureus* dans un service, présentée sous forme d'histogramme.**

restants, on effectue l'ensemble des dénombrements possibles. On obtient le nombre de souches (effectifs et pourcentages) pour chaque paramètre étudié, pris indépendemment ou pour les 2 paramètres pris simultanément (le premier par rapport au second, puis l'inverse).

*c) Niveau*

Après sélection d'un germe, comportant des niveaux de résistance, le programme calcule pour chaque service le nombre de souches (effectif et pourcentage) correspondant à chaque niveau.

Dans tous les cas, comme précédemment, l'étude peut porter sur tout le fichier, ou seulement sur une partie définie par le numéro inférieur et le numéro supérieur. Les programmes peuvent lire aussi plusieurs disquettes successivement.

**Programme « recopie »**

Il permet de recopier le fichier en le compactant (élimination des dossiers supprimés), mais aussi en option, de sélectionner des enregistrements suivant, au choix, le germe, le prélèvement, ou le service.

Il est ainsi possible de constituer, à partir des disquettes mensuelles, des disquettes spécialisées portant sur une année entière : par exemple, les hémocultures, les bacilles pyocyaniques ou rassemblant les dossiers de tout un service.

Ces disquettes spécialisées donc homogènes pourront être exploitées par exemple par le programme Stat. 2.

**Problèmes particuliers**

*a) Germes en cours d'identification*

Certaines identifications bactériennes nécessitent plusieurs jours, alors que l'antibiogramme est obtenu en 24 heures. C'est pourquoi des codes spéciaux ont été prévus pour les germes en cours d'identification. Quand le germe est définitivement identifié, il suffit de procéder à la correction du code provisoire en rappelant la rubrique 5 du menu (maintenance du fichier).

*b) Détection des doublons*

L'introduction dans le fichier de 2 antibiogrammes effectués sur le même germe isolé chez un malade peut fausser les statistiques.

Deux procédures permettent de détecter ces doublons :

*1) — à l'introduction.* Lorsque le technicien entre à la suite deux antibiogrammes pour le même patient, l'ordinateur l'indique par un signal sonore. S'il s'agit d'une erreur par inattention, il est possible d'interrompre avant que l'enregistrement ne soit stocké sur le fichier ; s'il s'agit au contraire de 2 prélèvements de nature différente, l'enregistrement peut être maintenu.

*2) — A la fin du mois,* les listes triées suivant le nom ou le germe permettent de repérer facilement les doublons. Grâce à la rubrique « maintenance du fichier », on peut alors les éliminer définitivement.

*c) Programmes utilitaires*

Le système proposé ne doit pas être figé. A cet effet, différents programmes utilitaires permettent de modifier très aisément les fichiers utilisés par les programmes d'exploitation. Ils concernent l'intitulé des services cliniques, la composition et l'ordre des services figurant dans la liste dite « d'hygiène hospitalière », la dénomination des prélèvements, des germes, les noms commerciaux des antibiotiques.

En outre, chaque fois qu'une couronne est modifiée par le laboratoire (choix de nouveaux antibiotiques), il est nécessaire d'introduire les nouveaux produits et la nouvelle séquence en lui attribuant un numéro différent des anciennes. Ces dernières doivent demeurer cependant (édition des résultats anciens), mais être interdites à l'introduction des données.

Enfin, les concentrations critiques peuvent être également modifiées.

**Fonctionnement**

Depuis avril 1982, le laboratoire de bactériologie est équipé de 2 appareils de lecture automatique des antibiogrammes informatisés (Système ABAC).

Le premier est raccordé à un micro-ordinateur avec 2 lecteurs et une imprimante. Il exploite le fichier général du mois.

Le second comprend un micro-ordinateur à un seul lecteur et stocke sur la même disquette programmes et fichier du jour.

En pratique, chaque jour, les différents antibiogrammes (automatiques et manuels) sont entrés dans chaque appareil. Grâce à un programme particulier « copie du jour », le fichier journalier temporaire du 2e poste est transféré sur le fichier mensuel du 1er poste, et détruit après le transfert rendant ainsi la disquette vierge pour le lendemain.

A partir du fichier général qui regroupe tous les antibiogrammes, le courrier est édité (édition enchaînée) et la liste journalière d'« hygiène hospitalière » est imprimée. Par mesure de sécurité, une sauvegarde de ce fichier est effectuée quotidiennement. La capacité de la disquette est de l'ordre de 1 600 antibiogrammes, ce qui est suffisant, compte tenu de l'activité du laboratoire.

A la fin de chaque mois, on change la disquette du fichier général mensuel. Après contrôle du fichier (correction des germes en cours d'identification et éventuellement élimination des antibiogrammes identiques), on procède à l'exploitation des données.

Une liste mensuelle rangée par services est éditée. Les données de chacun d'entre eux débutent en haut de page. Cette présentation permet de séparer l'exemplaire de chaque service, qui est adressé au responsable concerné.

Grâce au programme « recopie », des disquettes spécialisées et homogènes sont confectionnées (hémocultures, LCR, etc.), qui permettent de procéder chaque semestre à des exploitations statistiques.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Depuis quelques années, de nombreux systèmes informatiques destinés à la microbiologie clinique ont été décrits dans la littérature. Si ces systèmes présentent des approches variées, souvent orientées vers la gestion, leur point commun est l'emploi d'ordinateurs importants. A notre connaissance, de rares publications concernent l'utilisation de micro-ordinateurs [3, 9].

Le système décrit dans cet article présente l'avantage d'un coût modéré pour des possibilités étendues.

Il permet l'exploitation de tous les antibiogrammes, qu'ils soient réalisés en milieu liquide ou en milieu solide.

La fonction « courrier » permet au technicien d'entrer lui-même dans l'ordinateur les résultats des analyses, de les contrôler et de les éditer, ce qui réduit le travail de secrétariat.

L'ordinateur assure l'archivage et l'exploitation de données essentielles sur le plan bactériologique (sensibilité aux antibiotiques) et épidémiologiques (surveillance des infections et de la résistance).

Le logiciel mis au point est facilement adaptable à d'autres laboratoires de bactériologie. On peut modifier aisément les différents codes : ils font partie de fichiers et des programmes annexes permettent leur mise à jour.

Quant aux limites du système, ce sont celles des micro-ordinateurs, à savoir :

— capacité réduite des disquettes utilisées (environ 1 600 dossiers à raison de 70 caractères mémorisés par dossier) ;

— impossibilité d'exploiter des données portant sur une année entière. Néanmoins, on peut, dans une certaine mesure, pallier cet inconvénient par la constitution de disquettes spécialisées (prélèvements, germes, ou services hospitaliers) et les traiter grâce aux programmes de statistiques.

En conclusion, nous pensons que l'on s'orientera de plus en plus en microbiologie, vers de petits systèmes indépendants, bâtis autour de micro-ordinateurs peu coûteux.

Nous espérons avoir apporté la preuve de leurs possibilités.

## RÉFÉRENCES

1. BERGOGNE-BEREZIN E. — La décision de s'informatiser en microbiologie. *Nouv. Presse Méd.*, 1980, *9*, 38, 2851-2853.
2. BRUN Y., FLEURETTE J., CHARLIEUX M., FALCOZ H., MOREAUX G. — Computerized management of a medical bacteriological laboratory. *Med. Informatics*, 1979, *4*, 4.
3. COURCOL R., DAMIEN J.M., ROUSSEL-DELVALLEZ M., MARTIN G. — Fonctionnement d'un système micro-informatique dans un laboratoire hospitalier de bactériologie. *Med. et Mal. Infect.*, 1982, *12*, 643-651.
4. GROSSET J., NEVOT P. — Programme ETI (Assistance Publique SETTI). Information bactériologique et antibiotique. Communication.
5. ERICSSON H. — Practical use of computers in clinical bacteriology. Firth international Congress on medical records, Stockholm 24-31, 5, 1968.
6. KUNZ L.J. — Computerization in microbiology. *Hum. Path.*, 1976, *7*, 169-175.
7. LEGRAS B., WEBER M., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. — Présentation d'un système informatisé de surveillance de la sensibilité des germes. *Ann. Méd. (Nancy)*, 1982, *21*, 583-586.
8. LEGRAS B., WEBER M., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. — Intérêt dans les hôpitaux d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes. Application au CHU de Nancy. *Méd et Mal. Infect.*, 1982, *12*, 12 bis, 102-109.
9. NORBUT A.M., PHILIP R., FOULIS ET ARTHUR F. KRIEG. — Microcomputer reporting and information system for microbiology. *Amer. J. Clin. Path.*, 1981, *76*, 50-56.
10. THABAUT A., DUROSOIR J.L., SALIOU P., GUILLOREAU A., CHABANNES P. — Un système informatique en bactériologie clinique. *Méd. et Mal. Infect.*, 1979, *i*, 11, 647-653.
11. VANDENBULCKE S. — Epidémiologie des infections bactériennes hospitalières étudiées par les moyens de l'informatique. *Thèse, Méd.*, Tours, 1978.
12. VERMEULAEN G.D., GERSTER J.W., YOUNG V.M., HSIEH R.K.C. — A computerized data storage and retrieval system for clinical microbiology. *Amer. J. Clin. Path.*, 1974, *61*, 209-215.
13. WEBER M., LEGRAS B., LION C., MORY F., MENUT M.C., LEIDINGER F., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. — Evaluation par ordinateur de la sensibilité des germes hospitaliers aux antibiotiques. Bilan sur 19 300 souches testées de septembre 1979 à septembre 1980. *Ann. Méd. (Nancy)*, 1982, *21*, 589-591.
14. WEBER M., LEGRAS B., LION C., MORY F., MENUT M.C., LEIDENGER F., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. — Evaluation par ordinateur de la résistance aux antibiotiques du staphylocoque doré en milieu hospitalier. *Ann. Méd. (Nancy)*, 1982, *21*, 593-597.
15. WILLIAMS K.N., DAVIDSON J.M., LYNN R., RICE E., PHILLIPS I. — A computer system for clinical microbiology. *J. Clin. Path.*, 1978, *31*, 1193-1201.

Utilisation d'un progiciel dans un service de microbiologie pour la gestion d'examens de laboratoire. Applications aux tests immunologiques des hépatites virales A, B, nA-nB

LEGRAS B, CATELLE A

Revue Française des Laboratoires, 1985, 142, 108-111

No 118

# UTILISATION D'UN PROGICIEL DANS UN SERVICE DE MICROBIOLOGIE POUR LA GESTION D'EXAMENS DE LABORATOIRE

## applications aux tests immunologiques des hépatites virales A, B, nA-nB

B. LEGRAS* et A. CATELLE**

**RESUME**

*Un système informatique sur micro-ordinateur pour la gestion des tests immunologiques des hépatites à virus HA, HB, nA-nB est présenté. Il assure des fonctions de bureautique : édition de comptes rendus et de listes triées et il permet des statistiques et la recherche des dossiers.*

**MOTS-CLES**

*microbiologie - micro-informatique - hépatite - gestion.*

**SUMMARY**

*A program on microcomputer for management of immunological tests of HA, HB, nA-nB viral hepatitis is described. It allows to edit reports and sort files and permits to make statistics and searching for anterior exams.*

**KEY-WORDS**

*microbiology - microcomputer - hepatitis - management.*

## INTRODUCTION

La mise sur le marché de micro-ordinateurs performants de coût réduit favorise la pénétration de l'informatique décentralisée dans tous les domaines professionnels. Parmi ceux-ci, le laboratoire constitue un lieu favorable parce que les tâches de gestion des informations y sont nombreuses : saisies, modifications, édition, statistiques, etc.

Ceci nous avait conduit à réaliser un logiciel complet pour la bactériologie avec saisie automatique des antibiogrammes (2). Cet ensemble de programmes écrits en BASIC a nécessité une longue période pour sa réalisation.

Toutefois, une évolution actuelle en micro-informatique consiste à employer des programmes standards (ou progiciels) et notamment les gestionnaires de fichiers. L'un des plus fameux d'entre eux est « DBASE 2 » qui permet de gérer des bases de données et qui possède en outre un langage d'interrogation. Ce dernier permet d'écrire des fichiers de commandes qui sont, en fait, de véritables programmes. Sa facilité d'emploi et sa transportabilité sur différents micro-ordinateurs nous ont amenés à l'utiliser pour réaliser un ensemble de programmes adaptés à un laboratoire réalisant les tests immunologiques des hépatites dues aux virus HA, HB, nA-nB (1, 3, 4, 5).

En effet, la multiplicité de ces tests effectués depuis quelques années, avait eu pour conséquence au laboratoire de microbiologie, une augmentation très importante de l'activité de ce secteur virologique, en même temps qu'un sérieux problème de gestion des dossiers correspondants.

Le système utilisé est présenté ci-dessous :

## I. MATERIEL

Les programmes fonctionnent, au laboratoire de microbiologie du C.H.U. de Nancy, sur un micro-ordinateur APPLE 2e, équipé de 2 lecteurs, d'un moniteur noir et blanc, d'une imprimante série IMAGE-WRITTER et muni, en complément, d'une carte Z 80 et d'une carte 80 colonnes (voir discussion).

Le prix total est d'environ 25 000 FF.

Deux disquettes (5 pouces) sont nécessaires : la première stocke les programmes et le fichier des services ; la seconde, le fichier des tests et le fichier d'index sur les noms.

## II. LES PROGRAMMES ET LES FONCTIONS

Le programme a été réalisé selon le langage DBASE 2.

Pour appeler ce programme, il suffit donc de taper sur le clavier DBASE, d'entrer la date du jour, puis taper DO MENU pour aboutir à un menu général, qui appelle à son tour des menus secondaires d'utilisation très simple et conversationnelle.

### 1. Entrée des données, modifications

Les informations choisies sont indiquées en *figure 1*.

Celles-ci sont saisies à l'entrée et on indique pour chacun des 10 examens possibles, ceux qui sont demandés (valeur 1 au lieu de la valeur 0 fixée par défaut). Des validations automatiques interdisent les codes incorrects (par exemple valeurs inférieures à 0 ou supérieures à 5 pour les examens immunologiques).

Une fois le test achevé, on introduit la réponse définitive en remplaçant la valeur 1 par 2 (réponse positive), ou 3 (réponse négative) et éventuellement 4 (réponse douteuse), ou 5 (test non fait, car quantité insuffisante).

Lorsque les réponses de tous les tests du sujet sont obtenues, l'examen rentre dans la catégorie des enregistrements achevés.

* *Service d'informatique médicale C.H.U. Nancy-Brabois.*
** *Laboratoire de microbiologie C.H.U. Nancy-Brabois.*

**article reçu le 27 mars, accepté le 16 avril 1985.**

**FIGURE 2**
**Compte rendu d'examens**

C.H.U. NANCY-BRABOIS

LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE (Pr. DE LAVERGNE)
Postes 3476,3471

MARQUEURS SERIQUES DES HEPATITES VIRALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| Date de l'examen | 13/03/85 | No de dossier | 329 |
| Nom et prenom | | | |
| Date de naissance | 09/29/64 | Sexe F | |
| Service | MEDECINE A | | |
| Secteur | 3 | | |

| | RESULTATS |
|---|---|
| Antigene HBs | - |
| Anticorps HBs | + |
| Antigene HBe | * |
| Anticorps HBe | - |
| Anticorps HBc | - |
| Anticorps HBc/IgM | * |
| Anticorps HAV | + |
| Anticorps HAV/IgM | ? |

---

INTERPRETATION DES RESULTATS

| | |
|---|---|
| + = positif | * = non demande |
| - = negatif | ? = douteux |
| C = en cours | I = quantite insuffisante |

Signature du biologiste responsable Le : 22/03/85

**FIGURE 1**
**Structure d'un enregistrement**

| INFORMATION | NOMBRE de CARACTERES | COMMENTAIRES |
|---|---|---|
| Numéro du dossier | 4 | déterminé automatiquement |
| Date de l'examen (début) | 6 | saisie 1 fois par jour |
| Nom et prénom | 30 | |
| Date de naissance | 6 | |
| Sexe | 1 | m ou f |
| Service | 2 | code numérique |
| Secteur (ou salle) | 10 | texte libre |
| Dossier achevé ou non | 1 | déterminé automatiquement |
| Tests immunologiques<br>Ag HBs - Ac HBs<br>Ag HBe - Ac HBe<br>Ac HBc - Ac HBc/IgM<br>Ac HAV - Ac HAV/IgM<br>Ag nA/nB - Ag DELTA | 10 × 1 | 0 = non demandé<br>1 = demandé<br>2 = réponse positive<br>3 = réponse négative<br>4 = douteux (limite)<br>5 = test non pratiqué (quantité insuffisante) |
| TOTAL | 70 | |

## 2. Edition du courrier

On peut éditer le compte rendu d'un ou de plusieurs dossiers. En effet, cette fonction appelle le menu standard suivant :

1) retour au menu général,

2) édition d'un dossier,

3) édition de plusieurs dossiers consécutifs,

4) édition des dossiers achevés,

5) édition par examen des dossiers achevés.

Ce système très souple permet notamment d'éditer à la demande les résultats de tel ou tel examen, sans être obligé d'attendre ceux des autres marqueurs.

La fiche de résultat représentée sur la *figure 2* indique, sous l'en-tête du laboratoire, les différents renseignements concernant le patient et les résultats des tests.

L'intitulé du service correspondant au code numérique est lu dans un fichier spécial. Les résultats des tests sont indiqués par des symboles simples (+, -, ?, *, I), dont on précise cependant l'interprétation.

L'édition en chaîne de plusieurs comptes rendus se fait sur une fourchette de numéros choisis par l'utilisateur.

A noter qu'actuellement, 8 tests sur 10 sont réalisés au laboratoire et les deux derniers (Ag nA/nB et Ag DELTA) ne figurent pas à l'impression.

## 3. Listes récapitulatives

De nombreuses possibilités sont proposées par le menu :

1) liste sans sélection,

2) liste des dossiers inachevés,

3) liste par examens des dossiers achevés,

4) liste par examens des dossiers inachevés,

5) liste des antigènes HBs +,

6) liste alphabétique de tout le fichier,

7) liste alphabétique par service.

Cette fonction est très utile, car elle évite toute transcription manuelle de nom ou de demande d'examen.

La liste sans sélection correspond à la liste chronologique des examens. Elle remplace le cahier du jour utilisé habituellement dans toute section du laboratoire.

Toutes les autres listes facilitent le contrôle de l'exécution des différents examens. La liste par examen des dossiers inachevés est particulièrement intéressante, car elle permet d'éditer, avant d'entreprendre une technique, la liste complète des sérums à tester pour ce marqueur. Celle-ci évite la transcription des données du cahier du jour sur le cahier des techniques. Elle fait gagner un temps considérable tout en évitant de nombreuses erreurs (oublis, erreurs de service, fautes d'orthographe, etc.)

Les trois derniers types de listes permettent de retrouver très rapidement tout résultat concernant un examen antérieur, quelle que soit la date d'arrivée au laboratoire.

A titre d'exemple, la *figure 3* présente la liste par ordre alphabétique des examens réalisés pour un service sélectionné. On lit sans difficulté l'ensemble des informations relatives à chaque patient. Les symboles employés pour les résultats sont les mêmes que ceux des comptes rendus.

## 4. Statistiques

Celles-ci dénombrent pour chacun des dix examens immunologiques, les réponses positives et négatives et leur total.

## 5. Recherche des dossiers

Pour les dossiers anciens, il suffit de consulter les listes alphabétiques. Pour les dossiers récents, stockés dans la disquette utilisée au moment de la demande, la recherche par le nom est très rapide grâce à l'emploi d'un fichier d'index mis à jour au moment de la saisie.

## 6. Réindexation du fichier selon le nom et le prénom

Cette fonction a été ajoutée au programme initial, car l'expérience a montré que, dans le cas de modifications d'orthographe des noms, l'ordinateur restait indexé sur la première saisie et ne retrouvait pas la seconde.

A la fin de chaque mois, il est donc nécessaire de réindexer le fichier, avant de commencer à éditer les listes alphabétiques du fichier complet ou par service.

# III. DISCUSSION

DBASE 2, mis au point par TATE, est un outil puissant de gestion de bases de données qui fonctionne sur micro-ordinateur. Il permet d'écrire rapidement des programmes complexes et, pour l'exemple présenté, la mise au point a duré moins de 15 jours.

Par ailleurs, les programmes sont aisément transportables sur tout ordinateur supportant DBASE 2, c'est-à-dire tous ceux qui acceptent les systèmes d'exploitation standard CP/M ou MS DOS. L'APPLE 2e, qui fonctionne habituellement sous un autre système (DOS 3/3), doit, de ce fait, être muni de 2 cartes complémentaires (environ 3 000 FF).

L'emploi par d'autres laboratoires des programmes décrits nécessite quelques transformations minimales : modification de l'intitulé du laboratoire (2 instructions dans un programme) et entrée des noms des services de l'hôpital (ou des médecins demandeurs) dans le fichier correspondant (maximum = 99).

Les capacités de stockage sur disquettes dépendent du type de l'ordinateur. Sur l'APPLE 2e, celles-ci sont réduites : environ 100 000 caractères

**FIGURE 3**
**Liste alphabétique par service**

MARQUEURS - HEPATITE VIRALE -
LISTE ALPHABETIQUE MEDECINE INFANT. 2

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 050385 | BAY | BENOIT | | M | 25 | 2 | | -******* |
| 312 | 120385 | BAY | BENOIT | 090282 | M | 25 | 2 | STERILE | -******* |
| 466 | 190385 | BAY | BENOIT | | M | 25 | 2 | STER. | -******* |
| 202 | 070385 | BIG | SYLVIANE | | F | 25 | 1 | | -******* |
| 95 | 050385 | BON | DAVID | | M | 25 | 2 | | -******* |
| 311 | 120385 | BON | DAVID | 091584 | M | 25 | 2 | STERILE | -******* |
| 342 | 130385 | BON | DAVID | | M | 25 | 2 | STERILE | -******* |
| 464 | 190385 | BON | DAVID | | M | 25 | 2 | | -******* |
| 97 | 050385 | BUR | LUDOVIC | | M | 25 | 2 | | -******* |
| 313 | 120385 | BUR | LUDOVIC | 071584 | M | 25 | 2 | STERILE | -******* |
| 520 | 210385 | BUR | LUDOVIC | | M | 25 | 2 | STERILE | -******* |
| 343 | 130385 | COL | NADIA | 110477 | F | 25 | 2 | STERILE | -*****-* |
| 310 | 120385 | DEP | CHRISTINE | 112063 | F | 25 | 2 | STERILE | -******* |
| 465 | 190385 | DEP | CHRISTINE | | F | 25 | 2 | | -******* |
| 93 | 050385 | DUR | J.PIERRE | | M | 25 | 2 | | -******* |
| 314 | 120385 | DUR | JEAN-PIERRE | 111651 | M | 25 | 2 | STERILE | -******+- |
| 468 | 190385 | DUR | JEAN-PIERRE | | M | 25 | 2 | | -******* |
| 108 | 050385 | PAR | FABRICE | | M | 25 | 1 | | --*****+- |
| 364 | 140385 | ZIE | DEBORAH | 071979 | F | 25 | H.JOUR | | --*-+*-* |

Tests : AgHBs, AcHBs, AgHBe, AcHBe, AcHBc, AcHBc/Igm, AcHAV, AcHAV/IgM
Legende:-=negatif, +=positif, *=non fait, ?=douteux, C=en cours, I=qt insuf

correspondant approximativement à 1 500 enregistrements.

En pratique, au laboratoire de microbiologie du C.H.U. de Nancy, on utilise une disquette par mois. Pour éviter des destructions malencontreuses, chaque soir, le fichier est sauvegardé sur une disquette et par souci de sécurité il existe six disquettes de sauvegarde (une pour chaque jour de la semaine). En cas de détérioration simultanée de la disquette courante et de la dernière disquette de sauvegarde, on repart de celle du jour précédent en réintroduisant les enregistrements d'une seule journée.

Sur le plan technique, l'emploi de l'ordinateur réduit considérablement les tâches des techniciens. Il suffit en effet de saisir l'information au début : renseignements administratifs et tests demandés, puis, par la suite, les seuls résultats des examens en rappelant les dossiers correspondants.

L'ordinateur fournit automatiquement toutes les listes précédemment recopiées manuellement : listes globales, par type de marqueurs, alphabétiques, etc., ainsi que les statistiques. Il soulage aussi le secrétariat en éditant les comptes rendus.

Il est encore difficile d'évaluer exactement le temps gagné, qui dépend de la fréquence des examens, mais surtout il assure une plus grande sécurité dans les résultats en diminuant principalement les risques d'erreur dans la transcription des saisies (entre le cahier des entrées des dossiers et celui des examens, entre les résultats inscrits sur le cahier de laboratoire et la feuille de réponse), ainsi que dans l'orthographe des noms, etc.

## CONCLUSION

**De petits systèmes informatiques peu coûteux (moins de 25 000 FF) peuvent rendre des services considérables dans les laboratoires de microbiologie.**

**Nous envisageons de développer d'autres réalisations dans différents domaines du laboratoire de microbiologie.**

## *BIBLIOGRAPHIE*


*1. FELLEY J., FREI Ph. C. — Immunologie de l'hépatite virale. Méd. Hyg., 1980, **38**, 2997-3001.*

*2. LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J.-C., WEBER M. — Un logiciel sur micro-ordinateur pour la microbiologie. Rev. Fr. Lab., 1984, **128**, 49-58.*

*3. MAUPAS Ph., COURSAGET P., GOUDEAU A., DRUCKER J., GRENIER B. — Nouveaux marqueurs du virus de l'hépatite B. Intérêt diagnostique et pronostique. Nouv. Presse Méd., 1977, **6**, 1, 32-40.*

*4. RIZZETTO M., SHIH J.W.K. — Incidence and significance of antibodies to Delta Antigen in Hepatitis B Virus Infection. Lancet, 1979, **10**, 986-990.*

*5. TREPO C. — Les hépatites non A non B. Path. Biol., 1984, **32**, 3, 148-152.*

Le micro-ordinateur dans les laboratoires hospitaliers. Quelques réflexions à propos de sept réalisations au CHU de Nancy

LEGRAS B, KOHLER F

Revue Française des Laboratoires, 1987, 157, 17-21

No 129

# Le micro-ordinateur dans les laboratoires hospitaliers

## quelques réflexions à propos de sept réalisations au C.H.U. de Nancy

B. LEGRAS et F. KOHLER *

**RESUME**

*Dans le domaine du laboratoire, les succès de l'ordinateur sont indéniables et les fonctions orientées vers la bureautique y trouvent une place de choix.*

*L'évolution de l'informatique va vers l'emploi d'ordinateurs individuels et de progiciels généraux (gestionnaires de bases de données tel Dbase) pour développer des applications particulières.*

*Nous présentons plusieurs réalisations qui correspondent à ces caractéristiques, en insistant sur les éléments communs et les problèmes rencontrés.*

**MOTS-CLES**

*micro-ordinateur – informatique – laboratoire – bureautique – gestion.*

**SUMMARY**

*As far as laboratories are concerned computer successes are obvious, and management oriented functions find there a place of choice.*

*The evolution of computering leads to the use of personal computers and general programs (data base managers such as Dbase) to develop customised applications.*

*We present several realisations which show these characteristics and we point out the common elements and the problems we met.*

**KEY-WORDS**

*microcomputer – computering – laboratory – management.*

## INTRODUCTION

L'informatique médicale est encore peu développée dans nos hôpitaux. Une des raisons est que l'on a sans doute privilégié ses utilisations exceptionnelles dans le cadre de la recherche, alors qu'il aurait fallu s'intéresser davantage aux applications simples, répétitives, manipulant de grandes quantités de données et évitant les recopies manuelles, sources d'erreurs.

L'évolution actuelle de l'informatique se traduisant par la mise sur le marché de micro-ordinateurs performants et peu coûteux, ainsi que de progiciels généraux, permet de multiplier des réalisations de ce type dans différents domaines et notamment ceux des laboratoires.

C'est ainsi que nous avons été amenés à dé-

* *Service d'informatique médicale du C.H.U. de Nancy-Brabois*

article reçu le 20 mars,
accepté le 4 septembre 1986.

**velopper, au C.H.U. de Nancy, de nombreux programmes voisins par leurs fonctions bureautiques et de gestion, qui fonctionnent en routine dans des laboratoires de bactériologie, microbiologie, médecine nucléaire, hygiène hospitalière et anatomie pathologique.**

**Nombre de logiciels ont fait l'objet de publications détaillées (1, 2, 3, 4, 5) et nous nous limiterons au bilan de ces travaux, en insistant sur les caractéristiques communes et les problèmes rencontrés.**

## 1. Réalisations

Le *tableau I* résume les éléments essentiels des réalisations. On note que, mis à part les logiciels d'antibiogrammes et de phénylcétonurie, écrits en Basic, tous les autres emploient le système de gestion de base de données Dbase 2. Ce dernier, fonctionnant sur de nombreux micro-ordinateurs permet, outre des commandes directes, grâce à un langage de programmation intégré, de réaliser aisément de véritables programmes. Le coût des configurations varie actuellement entre 15 000 et 40 000 F.

## 2. Fonctions

Bien que les laboratoires concernés présentent des activités très spécifiques, on retrouve dans tous ces logiciels axés vers la gestion les mêmes fonctions de base :

- saisie des données
- maintenance du fichier
- édition des résultats *(exemple en figure 1)*
- listes récapitulatives ordonnées ou non, avec ou sélection *(exemple en figure 2)*
- recherche d'enregistrements
- statistiques *(exemple en figure 3)*

Selon les cas, nous avons adjoint d'autres possibilités :

- recherche d'antériorité selon le nom ou la date de naissance (logiciels n° 3, 4, 6)
- bilans comptables (logiciels n° 3, 4)
- connexions à des appareils de mesure (logiciel n° 1, à l'étude pour le n° 6)

## 3. Gain de temps

L'ordinateur permet souvent un allègement des tâches de secrétariat par la suppression de certaines recopies, par l'édition du courrier, par la recherche aisée de résultats anciens.

Pour certaines réalisations (logiciels n° 4, 5, 6), le gain de temps obtenu est net (une à plusieurs heures par jour). Dans d'autres cas, l'introduction de l'ordinateur a peut-être accru la charge de travail, mais a entraîné une amélioration du rendement du laboratoire et de la qualité des résultats fournis.

C'est ainsi qu'en bactériologie (logiciel n° 1), de nombreuses tâches quasiment irréalisables auparavant sont effectuées systématiquement : études statistiques de sensibilité des germes aux antibiotiques par service, par pré-

**TABLEAU I**

**Principales caractéristiques des réalisations présentées**

| LOGICIEL | SYSTEME INFORMATIQUE | LANGAGE | DATE DE MISE EN SERVICE |
|---|---|---|---|
| 1. Saisie et gestion des antibiogrammes | Apple 2e* + 2 lecteurs | Basic | Juin 82 |
| 2. Gestion d'examens de recherche de phénylcétonurie et d'hypothyroïdie | Apple 2e + 2 lecteurs | Basic | Janvier 83 |
| 3. Gestion d'examens anatomo-pathologiques | Victor S1 + disque dur | Dbase 2 | Mars 83 |
| 4. Gestion d'examens de médecine nucléaire | Victor S1 + disque dur | Dbase 2 | Janvier 85 |
| 5. Gestion de tests de détection de l'hépatite | Apple 2e + 2 lecteurs | Dbase 2 | Février 85 |
| 6. Gestion d'examens thyroïdiens in vitro | Victor S1 + 2 lecteurs | Dbase 2 | Mars 85 |
| 7. Gestion d'examens bactériologiques d'eaux et d'aliments | Apple 2e + 2 lecteurs | Dbase 2 | Avril 85 |

* Dans le laboratoire de bactériologie du C.H.U. fonctionnent 4 Apple 2e. Chacun est relié à un système de lecture des antibiogrammes différent : soit appareil ABAC ou API, soit compas ou agrandisseur informatisé pour les antibiogrammes manuels.

lèvement..., fourniture de listes mensuelles triées par ordre alphabétique pour les services hospitaliers... etc.

## 4. Acceptabilité

Outre les services rendus, la facilité d'emploi des programmes est un élément essentiel. Nous avons marqué une attention toute spéciale à la simplicité d'utilisation (emploi de menus hiérarchisés), aux contrôles et validations, à la présentation (qualité des masques de saisie).

Le point fondamental est l'opinion de l'utilisateur et les programmes ont été modifiés jusqu'à pleine satisfaction.

Dans les laboratoires, les techniciens changent souvent de poste et un logiciel peut être utilisé par plus de 20 personnes à tour de rôle pendant de courtes périodes. La facilité de formation est aussi un élément important d'acceptabilité.

## 5. Commentaires

L'évolution technologique actuelle favorise la multiplication des petits systèmes informatiques personnels, de prix réduits (et continuellement à la baisse !).

Ceux-ci trouvent une place de choix dans de nombreuses disciplines biologiques (bactériologie, microbiologie, hygiène, radioimmunologie) où l'on exploite souvent encore manuellement les résultats des examens.

Cette gestion décentralisée par micro-ordinateur est bien adaptée lorsque le nombre de dossiers n'est pas considérable mais il est difficile de fixer un seuil car tout dépend de la quantité d'informations par enregistrement. Pour les réalisations décrites, le nombre moyen de dossiers varie entre 20 et 80 par jour.

Le choix du langage de programmation est important. Pour les programmes les plus anciens (logiciels 1 et 2), le Basic a été employé mais par la suite nous avons préféré le langage Dbase pour développer des programmes spécifiques de gestion. Les raisons en sont un apprentissage rapide et l'existence de macrocommandes (une instruction suffit par exemple pour effectuer un tri) qui facilitent grandement l'écriture des programmes.

Les concepteurs des programmes sont des médecins informaticiens et leur connaissance des habitudes des laboratoires et du domaine à exploiter a été un atout important. L'écriture des programmes en Dbase a été relativement rapide (1 à 2 mois à temps partiel pour chaque programme), mais il faut souligner qu'après le début de fonctionnement en routine, s'instaure, en général, une phase interactive relativement longue et indispensable d'ajustement et de perfectionnement. La disponibilité du créateur est alors essentielle pour aboutir à un produit pleinement satisfaisant pour les utilisateurs (médecins, pharmaciens et techniciens). Une fois ce stade obtenu, le fonctionnement en routine se déroule en général sans qu'aucune intervention de l'équipe informatique soit nécessaire.

Le matériel informatique utilisé (Apple 2e, Victor S1) commence à être archaïque[1]. Pour préparer l'avenir, tous les programmes écrits en Dbase 2 ont été récemment traduits en Dbase 3 et sont prêts à fonctionner sur des micro-ordinateurs IBM (Pc et AT) et compatibles.

**FIGURE 1**
**Exemple de compte rendu d'examen (bilan immunologique des marqueurs des hépatites virales - logiciel n° 5)**

C.H.U. NANCY-BRABOIS

LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE (Pr. DE LAVERGNE)
Postes 3476,3471

MARQUEURS SERIQUES DES HEPATITES VIRALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| Date de l'examen | 13/03/85 | No de dossier | 329 |
| Nom et prenom | | | |
| Date de naissance | 09/29/64 | Sexe F | |
| Service | MEDECINE A | | |
| Secteur | 3 | | |

RESULTATS

| | |
|---|---|
| Antigene HBs | - |
| Anticorps HBs | + |
| Antigene HBe | * |
| Anticorps HBe | - |
| Anticorps HBc | - |
| Anticorps HBc/IgM | * |
| Anticorps HAV | + |
| Anticorps HAV/IgM | ? |

INTERPRETATION DES RESULTATS

+ = positif — * = non demande
- = negatif — ? = douteux
C = en cours — I = quantite insuffisante

Signature du biologiste responsable — Le : 22/03/85

**FIGURE 2**
**Exemple de liste récapitulative par ordre alphabétique**
**(enregistrements de tests thyroïdiens - logiciel n° 6)**

**1re ligne : n° dossier, date examen, nom, prénom, date naissance, sexe, origine, examen achevé ? (oui : 1, sinon 0), résultats des différents tests (° = non demandé, N = normal, > = augmenté, < = diminué, D = demandé mais non terminé, F = fait) dans l'ordre (thyroglobuline, anticorps, T3, T4, TSH, TRH), puis valeurs numériques (X10) de T3, T4, TSH, TRH.**

**2e ligne (optionnelle) : résultats du test au TRH (modalité et valeurs X10). Les modalités diffèrent par le nombre de prélèvements et les intervalles de temps.**

```
                LISTE RECAPITULATIVE : DOSSIERS 2195  A  2210

                LISTE ALPHABETIQUE
                DATE D'EDITION : 13/05/85
-------------------------------------------------------------------------------
2198 090585 BELLA    PIERRE          211219 M 7  0**NDN*  52        24
2204 090585 CLAUD    JEANNE          131142 F 5  0*****D
2206 100585 COLET    MARGUERITE      010111 F 05 0DD****
2196 090585 DEVAU    ELIANE          050534 F 14 1**NNN*  49  176   22
2205 100585 DUPON    JULIETTE               F 81 0****D*
2195 090585 DUVIV    GERMAINE        161205 F 11 1**NNN*  40  209   24
2210 100585 GEOFF.   M.CHRISTINE            F 96 0**DDD*
2203 090585 HACQU    GEORGETTE              F 7  1*****F
                TRH (mod: 2)        : 52   148  110
2208 100585 JAYET    JACQUELINE             F 96 0**DDD*
2202 090585 JOCQU    JEANINE                F 5  0**NC*F 66
                TRH (mod: 1)        : 17   67   78
2199 090585 LAURE    PIERRETTE       260430 F 7  0**NDN*  48        22
2201 090585 MARKA    PHILIPPE        081069 M 66 0**NC*F  92
                TRH (mod: 2)        : 72   900  738
2209 100585 MUFFA    M.SOLANGE              F 96 0**DDD*
2200 090585 ROSSM    ELISABETH              F 5  0**NDN*  81        24
2197 090585 SCHUM DANIEL             080449 M 7  1**NNN*  58  125   25
2207 100585 THOMA    DANIELLE               F 66 0DD****
```

**FIGURE 3**
**Exemple de statistiques**
**(enregistrements d'examens en médecine nucléaire - logiciel n° 4**
**on distingue 3 origines : C.H.U, autres hôpitaux et demandes en externes)**

```
mois de fevrier 1985

Dossiers compris entre les numéros        1665        3374

SCINTI THYROIDE                    CHU:  19  Hop:   2  Ext:  25  Total:  46
SCINTI THYROIDE + ECHO             CHU:  33  Hop:   1  Ext:  12  Total:  46
SCINTI THYROIDE + T3,4             CHU:   0  Hop:   0  Ext:   4  Total:   4
SCINTI THYROIDE + T3,4,TSH         CHU:   0  Hop:   0  Ext:  26  Total:  26
SCINTI THYROIDE+T3,4,TSH +ECHO     CHU:   1  Hop:   1  Ext:  29  Total:  31
FIXATION + SCINTI THYROIDE         CHU:  12  Hop:   0  Ext:   1  Total:  13
FIX + SCINTI + T3,4,TSH            CHU:   0  Hop:   0  Ext:   3  Total:   3
T3 + T4                            CHU:  59  Hop:  32  Ext:  61  Total: 152
T3 + T4 + TSH                      CHU: 382  Hop:  40  Ext: 116  Total: 538
TRH                                CHU: 110  Hop:   4  Ext:  44  Total: 158
TSH                                CHU:   1  Hop:   1  Ext:  14  Total:  16
SCINTI CERVEAU                     CHU:  17  Hop:   5  Ext:   2  Total:  24
SCINTI + ANGIO CERVEAU             CHU:   1  Hop:   1  Ext:   0  Total:   2
SCINTI POUMONS PERFUSION           CHU:  47  Hop:  16  Ext:   4  Total:  67
EXAMEN AU XENON                    CHU:  22  Hop:   3  Ext:   6  Total:  31
SCINTI FOIE                        CHU:   0  Hop:   2  Ext:   1  Total:   3
SCINTI RATE                        CHU:   2  Hop:   0  Ext:   1  Total:   3
CISTERNOGRAPHIE                    CHU:   1  Hop:   0  Ext:   0  Total:   1
FIXATION RENALE AU DMSA            CHU:   1  Hop:   1  Ext:   0  Total:   2
EXAMEN GLANDES SALIVAIRES          CHU:   2  Hop:   0  Ext:   0  Total:   2
SCINTI OS                          CHU:  81  Hop:  38  Ext:  60  Total: 179
  :
  :
Cotations

Z       CHU:  92050  Hop:  15990  Ext:  31690  Total:  139730
K       CHU:    720  Hop:     40  Ext:    840  Total:    1600
Z VITRO CHU:  27740  Hop:   3880  Ext:  13720  Total:   45340
```

## CONCLUSION

**De petits systèmes informatiques peu coûteux apportent aux laboratoires un moyen d'améliorer les résultats.**

**Ils permettent aussi d'absorber la croissance de la demande, sans recourir systématiquement à une augmentation de personnel.**

*(1) L'Apple 2e est un micro-ordinateur 8 bits dont les disquettes présentent des capacités de stockage réduites (environ 100 000 caractères).*

*Le Victor S1 a été un des premiers micro-ordinateurs 16 bits. Il est actuellement abandonné car non compatible avec le standard IBM.*

## BIBLIOGRAPHIE


1. KOHLER F., PATRIS A., CHAU N., VALANTIN G., LEGRAS B., MARTIN J. – Utilisation d'un micro-ordinateur en anatomie cytologie pathologiques. Rev. Fr. Lab., 1984, 133 : 81-84.

2. LEGRAS B., BURDIN J.C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.P., WEBER M., MARTIN J. – Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier. Pathol. Biol., 1984, 32 : 923-929.

3. LEGRAS B., KOHLER F. – Gestion médicale et administrative sur micro-ordinateur d'un service de médecine nucléaire. J. Biophys. Méd. Nucl., 1984, 8 : 265-267.

4. LEGRAS B., CATELLE A. – Utilisation d'un progiciel dans un service de microbiologie pour la gestion d'examens de laboratoire. Applications aux tests immunologiques des hépatites virales A, B, nA, nB. Rev. Fr. Lab., 1985, 142 : 108-111.

5. LEGRAS B., DAVID C., KOHLER F. – Gestion sur micro-ordinateur de tests thyroïdiens radio-immunologiques. Trait d'Union, 1986, 4 : 28-32.

Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons

(lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques, et exploitation commune sur micro-ordinateur des antibiogrammes (et de données cytobactériologiques)

LEGRAS B, KOHLER F, BURDIN J-C, WEBER M

Pathologie et Biologie, 1987, 35, 693-698

No 130

# SAISIE INFORMATISÉE D'ANTIBIOGRAMMES OBTENUS DE DIVERSES FAÇONS (lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques) ET EXPLOITATION COMMUNE SUR MICRO-ORDINATEUR DES ANTIBIOGRAMMES (et de données cytobactériologiques)

B. LEGRAS[1], F. KOHLER[1], J.C. BURDIN[2], M. WEBER[2]

LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J.C., WEBER M. — Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons (lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques) et exploitation commune sur micro-ordinateur des antibiogrammes (et des données cytobactériologiques).
**Path Biol,** 1987, **35,** n° 5 bis, 693-698.

RÉSUMÉ : Le logiciel mis au point est un ensemble de programmes fonctionnant sur micro-ordinateur Apple IIe. Il permet la saisie de toutes les informations qui concernent les examens de bactériologie, leur stockage, leur édition sous forme de comptes rendus ou de listes récapitulatives ordonnées selon différents critères et leur étude sous l'angle statistique et épidémiologique. Les résultats de l'antibiogramme sont déterminés automatiquement à l'aide d'un lecteur (ABAC ou API) quand ils sont réalisés en milieu liquide ou d'un dispositif informatisé original (compas ou agrandisseur) quand ils sont réalisés manuellement par la méthode des disques. Les informations sont transmises directement à l'ordinateur. Il est possible de constituer un fichier commun qui est exploité globalement.

MOTS-CLÉS : Bactériologie. — Micro-ordinateur. — Logiciel. — Antibiogramme. — Epidémiologie.

LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J.C., WEBER M. — Computerized data capture of antibiotic sensitivity tests obtained by various means (automatic reading by two different systems or manual carrying out by the disc method) and common exploitation of tests and cytobacteriological data as well on computer. *(In French).*
**Path Biol,** 1987, **35,** n° 5 bis, 693-698.

SUMMARY : This software is composed of different programmes. It works on Apple IIe computers. It enables to capture all the data information concerning bacteriological tests to store them and to edit either personnal reports or global lists made out according to different criteria and to study them under both the statistical or the epidemiological aspects. The results of the antibiotic sensitivy test are notified either by an automatic reader (ABAC or API system) when carried out in a liquid environment or by an original computerized device (compasses or enlarger) when manually carried out by the disc method. The informations are directly transmitted to the computer. It's possible to make up a common data file that can be exploited as a whole.

KEY-WORDS : Bacteriology. — Computers. — Software. — Antibiotic sensitivy test. — Epidemiology.

1. *Laboratoire d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine, BP 184, 54505 VANDŒUVRE-LES-NANCY cedex.*
2. *Laboratoire de Bactériologie, CHR, 54037 NANCY cedex.*

**Manuscrit reçu à la Rédaction le 23 décembre 1986. Accepté le 21 janvier 1987.**

L'informatisation des laboratoires de bactériologie est encore peu répandue. Les réalisations décrites sont souvent orientées vers la gestion et emploient en général de gros ordinateurs centralisés [2, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15]. Cette situation est en train de se modifier compte tenu du coût modéré des micro-ordinateurs et du développement de systèmes de lecture automatique des antibiogrammes.

Nous présentons un logiciel intégré de gestion de l'ensemble de l'examen cytobactériologique fonctionnant sur un petit système informatique. Une de ses caractéristiques originales est la possibilité de saisir automatiquement les antibiogrammes, qu'ils soient réalisés manuellement en boîte de Petri ou déterminés de façon automatique (emploi de deux types de lecteurs différents).

## MATÉRIEL

### Matériel informatique

Le système informatique comprend un micro-ordinateur Apple IIe (64 Ko), deux drives, un moniteur noir et blanc et une imprimante. Il est destiné à fonctionner avec les lecteurs d'antibiogrammes ABAC et API avec lesquels il se connecte ainsi qu'avec un système original de détermination semi-automatique des diamètres d'inhibition obtenus par la méthode des disques en boîte de Petri (décrit en détail ci-après).

### Pied à coulisse, compas et agrandisseur informatisés (système manuel)

Ils utilisent une digitalisation du diamètre d'inhibition sur huit bits permettant ainsi 256 points pour un diamètre maximum de 50 mm, soit une précision de 0,2 mm. En pratique, les résultats obtenus sont arrondis à 0,5 mm.

Le pied à coulisse et sa variante le compas, sont utilisés pour les antibiogrammes ne pouvant pas être lus sur l'agrandisseur. A l'aide d'une main, l'opérateur ouvre les branches au diamètre qui doit être mesuré puis appuie sur un premier bouton pour valider sa mesure. Un autre bouton permet de passer à la mesure suivante. Ainsi aucune manipulation du clavier du micro-ordinateur n'est nécessaire pour réaliser les mesures d'un antibiogramme, Addendum[1].

L'agrandisseur est utilisé pour toutes les géloses « transparentes ». L'image du disque est placée tangentiellement à une ligne de référence ; une réglette faisant office de vernier est amenée manuellement, tangentiellement au diamètre d'inhibition. Comme pour le pied à coulisse, la mesure est validée par un premier bouton situé sur l'agrandisseur tandis qu'un deuxième bouton permet de passer à la mesure suivante.

## LOGICIEL

### Vue d'ensemble du logiciel

L'ensemble des programmes permet la saisie de toutes les informations qui concernent les examens de bactériologie, leur stockage sur disquettes, leur édition sous forme de réponses complètes, leur étude sous l'angle statistique et épidémiologique.

1. Un système voisin a été proposé ultérieurement par "Diagnostic Pasteur" sous le nom de "Toucan".

TABLEAU I. — **Composition des enregistrements (longueur égale à 70 caractères).**

| Informations | Nbre de caractères | Codes |
|---|---|---|
| Nom | 12 | |
| Prénom | 10 | X si inconnu |
| Demandeur (service, ...) | 2 | 0 à 60 |
| Secteur (ou salle...) | 1 | |
| Date | 4 | |
| Prélèvement | 2 | 0 à 80 |
| Germe | 2 | 0 à 99 |
| Type sérologique | 1 | |
| Couronne (ABAC) ou galerie (API) | 2 | 0 à 20 |
| Antibiogramme | 16 × 1 | S, I, R |
| Examen direct-autres germes | 16 | Numériques |

Tous les programmes, écrits en Basic Applesoft sous Dos 3-3 sont conversationnels et sont appelés à l'aide de menus. Ils sont stockés sur 3 disquettes appelées D1, D2, D3.

D1 est la disquette de travail quotidien. Elle contient :

— tous les fichiers : demandeurs, prélèvements, germes, antibiotiques, spécialités, couronnes ou galeries d'antibiotiques ;

— les programmes : entrée des données (avec maintenance et mise en fichier), édition des réponses, édition des codes en clair.

D2 est la disquette d'études mensuelles. Elle contient :

— tous les fichiers de D1 ;

— les programmes : édition des listes récapitulatives, études statistiques, recopie avec sélection.

D3 est la disquette utilitaire. Elle contient de nombreux programmes de création ou de modification des fichiers contenus dans D1 et D2.

Les résultats sont stockés sur la disquette D4 qui peut contenir jusqu'à environ 1 500 enregistrements avec les lecteurs (tableau I) et 400 avec le système manuel.

### Acquisition des données

Dans un premier temps, le technicien entre au clavier les données administratives et médicales : nom, prénom, date, codes du service demandeur avec le secteur, du germe avec le biotype ou le sérotype, de la nature du prélèvement et de l'antibiogramme réalisé. L'ordinateur effectue immédiatement une validation des entrées, traduit les codes saisis en libellés et indique la place des erreurs de saisie s'il y a lieu.

Le deuxième temps concerne la saisie des résultats de l'antibiogramme. Le programme diffère selon qu'on utilise le lecteur ou le système manuel.

TABLEAU II. — **Exemple d'édition d'un dossier (antibiogramme en milieu liquide).**

```
**********************************************************************************

                LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE *** C.H.U. DE NANCY

**********************************************************************************

DATE DE L'EXAMEN.............29 NOVEMBRE 1986                        NUMERO 1194
NOM ET PRENOM................B              J
SERVICE......................NEPHROLOGIE
                             REANIMATION
PRELEVEMENT..................UROCULTURE

                    CYTOLOGIE - CHIMIE - BACTERIOLOGIE
                    **********************************

CULOT DES URINES..... ASSEZ ABONDANT
CELLULES EPITHELIALES.... RARES
HEMATIES..... QUELQUES
POLYNUCLEAIRES..... NOMBREUX
PROTEINURIE..... 0.90 G/L
SUCRE..... ABSENT

                  ANTIBIOGRAMME (EFFECTUE EN MILIEU LIQUIDE)
                  ******************************************

GERME = SERRATIA
.................
( = 10 PUISSANCE 7)

ANTIBIOTIQUES                    SPECIALITES                          C.MIN-C.MAX
-------------                    -----------                          -----------
AMPICILLINE          R           TOTAPEN#CLAMOXYL#MAGNIPEN                4-16
CEPHALO.1 GENERA.    R           KEFLIN.KEFORAL                           8-32
MECILLINAM           R           SELEXID                                  2-16
GENTAMICINE          S           GENTALLINE#SISOLLINE                     4-16
TOBRAMYCINE          S           NEBCINE.DEBEKACYL                        4-16
AMIKACINE            S           AMIKLIN                                  8-32
NETILMICINE          S           NETROMYCINE                              4-16
TETRACYCLINE         R           TETRACYCLINE.HEXACYCLINE..               4-16
CHLORAMPHENICOL      R           TIFOMYCINE.THIOPHENICOL.SOLNICOL         8-32
COLISTINE            R           COLIMYCINE                               2-16
ACIDE PIPEMIDIQUE    S           PIPRAM                                   8-32
ACIDE NALIDIXIQUE    S           NEGRAM                                   8-32
FLUMEQUINE           S           APURONE                                  8-32
NITROFURANTOINE      S           FURADOINE                               25-100
TRIMETHOPRIME        R           WELLCOPRIM-URIKLINE                      2-8
TRIMETH-SULFA.       R           BACTRIM.EUSAPRIM                        32-128

LES SPECIALITES INDIQUEES SONT CELLES QUE FOURNIT ACTUELLEMENT L'HOPITAL

**********************************************************************************

   NANCY LE 2 DECEMBRE 1986              SIGNATURE DU BACTERIOLOGISTE
```

Dans le premier cas, les résultats de l'antibiogramme exprimés en sensible (S), intermédiaire (I) ou résistant (R) pour chaque antibiotique, sont transmis directement à l'ordinateur (ils peuvent aussi être saisis au clavier).

Pour la deuxième modalité, à l'aide des dispositifs décrits, on mesure les diamètres d'inhibition dans un ordre pré-établi correspondant à la distribution des disques dans chaque boîte. Toutefois, l'acquisition peut se faire dans un ordre quelconque, il est alors nécessaire d'utiliser les touches du clavier.

Enfin, il est possible de ne pas effectuer une mesure (disque décollé par exemple) ou d'entrer manuellement le diamètre en millimètres. Le programme affiche à chaque mesure le diamètre mesuré, calcule la CMI correspondante en utilisant une modelisation selon le principe de Fick pour la diffusion en gélose et par comparaison avec des valeurs « théoriques ». Il interprète et affiche les résultats en S, I ou R. Ceci permet une vérification humaine immédiate lors de la saisie.

Dans un troisième temps, il est possible d'entrer des informations complémentaires : examen bactériologique direct, cytologie, dénombrement des bactéries. En fonction du type de prélèvement (respiratoire, urinaire, génital, suppuration, etc.), une cytologie adaptée est proposée.

TABLEAU III. — **Exemple d'édition d'un dossier (antibiogramme en gélose).**

```
**********************************************************************************

                LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE *** C.H.U. DE NANCY

**********************************************************************************

DATE DE L'EXAMEN..... 29 DECEMBRE 1986                          NUMERO 103
NOM ET PRENOM..... D          C
SERVICE..... MALADIES INFECTIEUSES
             REANIMATION
PRELEVEMENT..... HEMOCULTURE

              ANTIBIOGRAMME (EFFECTUE EN MILIEU SOLIDE)
              *****************************************

GERME = STREPTOCOQUE B
......................

                  SENSIBLE INTERMED   RESISTANT
                 !........!--------!==========!

PENICILLINE      I  26 !......!-*--------!====! CMI 0.5   C.MIN 0.25 C.MAX 16
AMPICILLINE      S  28 !.......*....!--!======! CMI 0.3   C.MIN 4    C.MAX 16
MEZLOCILLINE     S  30 !......*...!--!========! CMI 0.7   C.MIN 8    C.MAX 32
PIPERACILLINE    S  28 !.......*...!--!=======! CMI 1.5   C.MIN 16   C.MAX 128
CEFALOTINE       S  22 !.........*.!--!======! CMI 3.2   C.MIN 8    C.MAX 32
GENTAMICINE      R   6 !............!!===*===! CMI 128   C.MIN 4    C.MAX 8
TOBRAMYCINE      R   6 !............!-!===*===! CMI 32    C.MIN 4    C.MAX 8
CHLORAMPHENICOL  S  25 !........*!-!==========! CMI 5.7   C.MIN 8    C.MAX 16
DOXYCYCLINE      S  20 !...........*!=========! CMI 2.8   C.MIN 4    C.MAX 8
MINOCYCLINE      S  20 !...........*!=========! CMI 2.8   C.MIN 4    C.MAX 8
ERYTHROMYCINE    S  26 !........*.!-!=========! CMI 0.3   C.MIN 1    C.MAX 4
SPIRAMYCINE      S  26 !........*.!--!========! CMI 0.8   C.MIN 2    C.MAX 8
LINCOMYCINE      S  26 !........*.!-!=========! CMI 0.4   C.MIN 2    C.MAX 8
TRIMETH.SULFA    S  28 !.......*.....!--!=====! CMI 2.5   C.MIN 40   C.MAX 160

**********************************************************************************

   NANCY LE 2 DECEMBRE 1986              SIGNATURE DU BACTERIOLOGISTE
```

Après l'acquisition des données, les informations peuvent être stockées sur disquette. A tout moment, il est possible d'effectuer une recherche sélective, soit nominative, soit par le numéro de l'enregistrement. Les informations déjà acquises sont visualisées et il est alors possible d'annuler l'enregistrement, de modifier ou compléter certaines informations, ce qui est particulièrement utile pour les germes en cours d'identification (code spécial) et de réenregistrer les données.

#### Edition des résultats

Elle est réalisée immédiatement ou en temps différé permettant alors l'édition globale de tous les enregistrements compris dans une fourchette choisie. Sur la feuille des résultats des antibiogrammes réalisés automatiquement, il apparaît (tableau II) :

— les renseignements administratifs ;

— les informations complémentaires pour certains prélèvements ;

— les résultats de l'antibiogramme, la liste des antibiotiques dépend de la couronne (ou galerie) utilisée ; en face de l'antibiotique se trouve le résultat en S (sensible), I (intermédiaire) ou R (résistant) puis le nom des principales spécialités correspondantes (liste optionnelle définie par le biologiste) et les limites de la CMI ;

— enfin la date d'édition et la signature du responsable.

Les résultats des antibiogrammes réalisés manuellement sont présentés différemment (tableau III). La liste des antibiotiques dépend de l'antibiogramme réalisé. En face de l'antibiotique se trouve l'interprétation en R, S ou I suivi du diamètre d'inhibition en millimètres, d'un diagramme situant la souche testée représentée par une étoile (*) par rapport aux limites de sensibilité (S) et de résistance (R), puis de la CMI calculée et enfin Cmin et Cmax désignant les concentrations inhibitrices minimale et maximale limitant la sensibilité et la résistance utilisées dans les conditions de réalisation.

#### Harmonisation des 2 fichiers

Cette fonction permet d'extraire du fichier des antibiogrammes réalisés par la méthode des disques les informations correspondant au fichier des antibiogrammes réalisés automatiquement et de les fusionner avec celui-ci. Ainsi, les données médico-administratives, la notion de résistant, sensible ou intermédiaire pour un antibiotique, les informations particulières à certains prélèvements sont regroupées dans un fichier commun qui peut être exploité globalement.

#### Listes récapitulatives

On peut éditer des listes récapitulatives par ordre d'archivage, par demandeur, par germe ou par patient combinées à des sélections éventuelles suivant les paramètres précédents.

#### Statistiques

Les programmes permettent d'obtenir le profil de sensibilité d'une espèce bactérienne par demandeur ou la répartition des souches par demandeur, par prélèvement ou par espèces, ou encore la répartition des prélèvements ou des espèces par demandeur. A partir des fichiers des antibiogrammes réalisés par la méthode des disques, on peut aussi effectuer des histogrammes sur les diamètres d'inhibition et la CMI ainsi que d'éventuelles décompositions en sous-populations de germes quand cela est justifié.

#### Recopie

A l'aide de la disquette D2, on peut faire des recopiages sélectifs des résultats stockés sur D4 sur d'autres disquettes spécialisées : par exemple une pour les hémocultures, une pour les staphylocoques dorés, une pour les services de chirurgie, etc.

#### Programmes utilitaires

A tout instant, on peut modifier à l'aide de D3, les fichiers utilisés dans D1 et D2. Les programmes utilitaires permettent ainsi d'ajouter un nouvel antibiotique, avec son nom de spécialité, de modifier la liste des prélèvements, des germes, des demandeurs, etc.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Depuis quelques années, de nombreux systèmes informatiques destinés à la microbiologie ont été décrits dans la littérature ; certains ont été commercialisés. Si ces systèmes présentent des approches variées, souvent orientées vers la gestion, leur point commun est l'emploi d'ordinateurs importants. A notre connaissance, de rares publications concernent l'utilisation de micro-ordinateurs autonomes [3, 8, 10].

L'emploi de micro-ordinateurs a débuté en 82 au laboratoire de bactériologie du CHU de Nancy mais le logiciel a subi des évolutions importantes. En 82 et 83 les programmes concernaient seulement les examens réalisés avec le lecteur ABAC [8]. En 84, ont été mises au point la saisie informatisée et l'exploitation des antibiogrammes manuels [6]. En 85 une nouvelle version prenait en compte le secteur du service et le type sérologique du germe. Début 86, le logiciel a été adapté pour le lecteur API et a été étendu pour pouvoir prendre en compte 16 antibiotiques parmi 65 au lieu de 50 dans la version précédente (par contre les services ont été réduits de 100 à 60) ; une liaison par modem a été également installée entre 2 hôpitaux distants de plusieurs kilomètres.

Le système présente l'avantage d'un coût modéré pour des possibilités étendues. Il permet dans un laboratoire de bactériologie :

— la saisie automatisée des antibiogrammes réalisés de différentes façons (disques, milieu liquide...) ;

— la saisie sur plusieurs appareils indépendants, un programme de recopie permettant de condenser tous les résultats sur une seule et même disquette ;

— l'édition des réponses du laboratoire de façon automatique, gagnant ainsi du temps au secrétariat ;

— la possibilité d'étudier très facilement les aspects statistiques et épidémiologiques du travail effectué.

Le système est facilement adaptable à d'autres laboratoires grâce aux programmes utilitaires qui permettent de modifier les fichiers : entête du laboratoire, demandeurs, etc. Les limites du système sont celles du micro-ordinateur Apple IIe :

— capacité réduite des disquettes (120 Ko) ;

— exploitation relativement lente (malgré la compilation de ces programmes) pour les fonctions de tri (listes récapitulatives) et statistique : à titre d'exemple, 3 à 4 heures sont nécessaires pour un tri de 1 500 enregistrements et édition des listes, Addendum[1].

Enfin nous voulons insister sur l'outil épidémiologique. La généralisation du système pourrait permettre un vaste recueil de données essentielles sur la résistance des souches bactériennes aux antibiotiques et d'étudier les variations suivant les lieux ainsi que l'évolution au cours du temps [7, 12].

1. A la date de juin 87, le logiciel est en cours de réécriture en langage Pascal pour pouvoir fonctionner sur micro-ordinateur IBM Pc et Compatibles.

## RÉFÉRENCES

1. AMBROISE-THOMAS P., AYMARD M., DUVAL J., FLANDROIS J.P., FLEURETTE J., GHNASSIA J.C., JARLIER V., THABAUT A. — Réflexions sur l'informatique en microbiologie médicale. *Rev Fr Labo*, 1985, 9-47.
2. BRUN Y., FLEURETTE J., CHARLIEUX M., FALCOZ H., MOREAUX G. — Computerized management of a medical bacteriological laboratory. *Med Informatics*, 1979, *4*, 4.
3. COURCOL R., DAMIEN J.M., ROUSSEL-DELVALLEZ M., MARTIN G. — Fonctionnement d'un système micro-informatique dans un laboratoire. *Méd Mal Inf*, 1982, *12*, 643-651.
4. ERICSSON H. — Pratical use of computers in clinical bacteriology. *First International Congress on Medical Records*, Stockholm 24-31, 5, 1968.

5. KUNZ L.J. — Computerization in microbiology. *Hum Pathol*, 1976, *7*, 169-175.
6. KOHLER F., WEBER M., LEGRAS B., BURDIN J.C. — Saisie informatisée des antibiogrammes effectués par la méthode des disques. *Congrès Européen Informatique Médicale*, Bruxelles, 1984.
7. LEGRAS B., WEBER M., LAMBERT J.P., MARTIN J., BURDIN J.C. — Intérêt dans les hôpitaux d'un système informatique de surveillance de la sensibilité des germes. Application au CHU de Nancy. *Méd Mal Infect*, 1982, *12*, 102-109.
8. LEGRAS B., BURDIN J.C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.P., WEBER M., MARTIN J. — Le micro-ordinateur en bactériologie : intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier. *Path Biol*, 1984, *32*, 923-929.
9. LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J.C., WEBER M. — Un logiciel sur micro-ordinateur pour la microbiologie. *Rev Fr Labo*, 1984, 49-53.
10. NORBUT A.M., PHILIP R., KRIEG F., KRIEG A. — Microcomputer reporting and information system for microbiology. *Am J Clin Pathol*, 1981, *76*, 50-56.
11. RAULTIN DE LA ROY Y., CASTEL O., GRIGNON B., FERNANDEZ A. — Informatisation d'un laboratoire hospitalier de bactériologie. *Méd Mal Infect*, 1985, *7*, 379-388.
12. SALICETI. — Approche informatique de la surveillance épidémiologique des hôpitaux. *Méd Mal Infect*, 1985, *11*, 623-631.
13. THABAUT A., DUROSOIR J.L., SALIOU P., GUILLOREAU A., CHABANNES P. — Un système informatique en bactériologie clinique. *Méd Mal Infect*, 1979, *9*, 647-653.
14. VERMEULAEN G.D., GERSTER J.W., YOUNG V.M., HSIEH R.K.C. — A computerized data storage and retrieval system for clinical microbiology. *Am J Clin Pathol*, 1974, *61*, 209-215.
15. WILLIAMS K.N., DAVIDSON J.M., LYNN R., RICE E., PHILLIPS I. — A computer system for clinical microbiology. *J Clin Pathol*, 1978, *31*, 1193-1201.

Bactec G : un logiciel de gestion sur micro-ordinateur des hémocultures réalisées avec l'automate Bactec

LEGRAS B, LEGRAS J, BURDIN J-C, PATRIS A

Revue française des laboratoires, 1988, 180, 97-101

No 149

# Bactec-G : un logiciel de gestion sur micro-ordinateur des hémocultures réalisées avec l'automate Bactec

B. LEGRAS *, J. LEGRAS *, J.-C. BURDIN ** et A. PATRIS *

**RÉSUMÉ**

*L'article décrit un logiciel, écrit en turbo pascal pour micro-ordinateurs compatibles IBM Pc, qui permet d'archiver et d'exploiter les données des hémocultures déterminées par l'automate Bactec.*

**MOTS-CLÉS**

*hémocultures – système Bactec – logiciel – micro-ordinateur – bactériologie.*

**SUMMARY**

*The article describes a program written in turbo pascal for microcomputers IBM Pc which allows to store and manage the data of hemocults obtained with the Bactec system.*

**KEY-WORDS**

*hemocults – Bactec system – program – microcomputer – bacteriology.*

## INTRODUCTION

L'analyseur Bactec est un automate capable de détecter la présence de bactéries dans une hémoculture, en analysant le dégagement du gaz carbonique produit. Récemment apparu en France (1), il est utilisé dans un certain nombre de centres hospitaliers et notamment au laboratoire central de bactériologie du CHRU de Nancy.

Le Bactec est équipé d'un petit système informatique permettant l'établissement de listes (journalières, par patient, etc.). Mais, comme l'appareil ne conserve pas en mémoire les données au-delà des 7 jours maximum du suivi des analyses, aucune statistique et aucune exploitation mensuelle ou, a fortiori, annuelle ne peuvent être obtenues.

* *Service d'informatique médicale Hôpital Marin – Nancy.*
** *Laboratoire central de bactériologie Hôpital Central – Nancy.*

**article reçu le 15 juillet, accepté le 14 septembre 1988.**

**Ceci nous avait amenés, dès 1986, à mettre au point un logiciel permettant de récupérer les informations de base et de les exploiter (listes par service et statistiques). Le programme, écrit en langage basic, fonctionnait sur des micro-ordinateurs Apple II mais, par insuffisance de capacités de stockage des disquettes, les données furent limitées et ne comprenaient pas les résultats des dosages de $Co_2$.**

**Dans le cadre de la réécriture de nos logiciels pour la bactériologie (2, 3), nous avons développé en langage turbo pascal, pour micro-ordinateurs compatibles IBM Pc, un nouveau logiciel, Bactec-G (G pour gestion) que nous présentons rapidement dans cet article. Il a remplacé définitivement le précédent en juin 1988.**

## 1. Fonctions du logiciel Bactec-G

Des menus d'emploi simple appellent différents programmes qui, globalement, comportent les principales fonctions suivantes (nous n'avons pas développé celles que possède déjà le système du Bactec, par exemple la liste journalière des hémocultures, devenues positives).

**TABLEAU I**
**Structure de l'enregistrement des hémocultures**

| | |
|---|---|
| **1. Données médico-administratives** | |
| Numéro administratif sigma (1) | 9 caractères |
| Nom | 15 caractères |
| Prénom | 10 caractères |
| Date de naissance | 6 caractères |
| Sexe (M/F) | 1 caractère |
| Date de prélèvement | 6 caractères |
| UF (numéro à 4 chiffres) | 1 entier |
| Cotation (nombre de B) (2) | 1 entier |
| Demandeur (code numérique 1 à 255) (3) | 1 caractère |
| Secteur (code numérique 1 à 255) | 1 caractère |
| Commentaire libre | 20 caractères |
| État du dossier (supprimé, etc.) | 1 caractère |
| **2. Résultats du Bactec** | |
| Résultats (4) | 23 caractères |
| **3. Résultats de la mise en culture** | |
| Germe 1 (code numérique 1 à 255) | 1 caractère |
| + type (code numérique 1 à 255) | 1 caractère |
| + milieu (5) | 1 caractère |
| Autres germes (max = 3) | 9 caractères |

REMARQUES :
(1) le numéro administratif sigma est contrôlé (9e chiffre = clé)
(2) la cotation (nombre de B) est calculée par programme
(3) le service et le secteur sont déterminés à partir de l'UF quand celle-ci est indiquée (table de correspondance)
(4) les résultats comprennent 10 mesures de $CO_2$ en aérobie et 5 en anaérobie, les numéros et les emplacements des deux flacons, un indicateur de virage en positivité en aérobie et un autre en anaérobie avec les jours correspondants
(5) milieu : 1 = aérobie, 2 = anaérobie, 3 = mise en évidence dans les deux flacons

### 1. Transfert des informations du Bactec

Au lieu d'être dirigées vers l'imprimante, les données sont acheminées vers le micro-ordinateur et stockées en mémoire dans un fichier « texte », tout à fait identique à ce qu'édite l'imprimante du système du Bactec.

Ainsi peuvent être transférés, en utilisant la procédure « historique » du Bactec, les résultats des hémocultures, jour par jour, et en particulier au dernier jour du protocole d'analyse adopté (5e ou 7e jour) ; les résultats sont automatiquement transférés à 0 heure.

### 2. Lecture des informations du Bactec

Quand le logiciel lit le fichier « texte » provenant du Bactec, il reconnaît s'il s'agit de nouveaux dossiers et les ajoute alors au fichier général en les affectant d'un numéro d'archivage ; dans le cas contraire, il récrit les valeurs de $CO_2$ (les anciennes et éventuellement de nouvelles) et peut compléter au fur et à mesure le tableau de ces paramètres.

Un enregistrement transmis comprend quelques données administratives saisies dans les zones libres du système du fournisseur : le nom et le prénom sont notés dans la zone de 20 caractères ; le code du demandeur (UF sur 4 chiffres ou service sur 1 à 3 chiffres) dans celle de 6 caractères. La date du prélèvement correspond à celle du jour par défaut, s'il s'agit de la veille, il suffit de noter V avant le code du demandeur. Cela est utile pour les hémocultures effectuées le soir ou pendant la nuit. Les codes anormaux sont signalés à l'édition pour correction ultérieure. Le format des enregistrements est détaillé dans le *tableau I.*

### 3. Saisie manuelle d'hémocultures non réalisées par le Bactec

Si le laboratoire reçoit des hémocultures prélevées sur des flacons traditionnels ou des flacons type Castaneda et qui ne seront donc pas lues par le Bactec, il est possible de saisir au clavier les données d'identification du patient et le dossier figurera aussi dans le fichier.

### 4. Corrections et adjonction

On peut compléter les dossiers par des renseignements essentiels (nature de la bactérie mise en évidence) ou facultatifs (numéro sigma, sexe, date de naissance, date d'entrée à l'hôpital) en les appelant par leur numéro d'enregistrement. On peut également corriger des fautes dans l'orthographe du nom ou du prénom, des erreurs de codage.

## 5. Édition de listes simples

– Listes des hémocultures dans l'ordre de saisie ou par ordre alphabétique *(figure 1)*. Une liste alphabétique mensuelle est particulièrement utile pour détecter les erreurs portant sur les noms et prénoms. Les listes peuvent comporter les taux de $CO_2$ *(figure 2)*.

– Listes journalières dites « de paillasse » qui sont remises aux techniciens.

## 6. Édition de listes mensuelles récapitulatives par service

Pour chaque malade sont mentionnés le nombre journalier d'hémocultures pratiquées avec la répartition entre hémocultures positives et hémocultures négatives, ainsi que le total en fin de mois *(figure 3)*.

## 7. Édition du courrier

Le courrier récapitule, par patient, les résultats des différentes hémocultures de la journée *(figure 4)*.

## 8. Sélections

On peut sélectionner des services, des unités fonctionnelles de l'hôpital, des bactéries (donc les hémocultures véritablement positives), mais également des taux de $CO_2$ (par intervalle). Ces sélections peuvent porter sur les listes, les exploitations statistiques et la recopie du fichier.

**FIGURE 1**
**Exemple de liste rangée par ordre alphabétique**

LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE - CHRU DE NANCY

Hemocultures du no 1 au no 19

SERVICE DE MEDECINE H

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 26A | ALB | LAURENT | 04 08 88 MED.H | 12 | | |
| 9 | 14F | BEL | HELENE | 09 08 88 MED.H | 10 | E.COLI | a+n |
| 15 | 23C | BEL | HELENE | 09 08 88 MED.H | 10 | | |
| 16 | 23D | BEL | HELENE | 09 08 88 MED.H | 10 | | |
| 10 | 22C | BUC | ELISABETH | 09 08 88 MED.H | 12 | | |
| 17 | 33F | CLE | ROGER | 10 08 88 MED.H | 12 | | |
| 3 | 55C | DAN | SANDRINE | 02 08 88 MED.H | 16 | | |
| 1 | 44C | DOM | EMILE | 01 08 88 MED.H | 12 | PASTEURELLA | a |
| 2 | 44D | DOM | EMILE | 01 08 88 MED.H | 12 | PASTEURELLA | a |
| 11 | 22E | FAV | JUSTIN | 09 08 88 MED.H | 10 | STREPTO.D | B a+n |
| 13 | 23A | FAV | JUSTIN | 09 08 88 MED.H | 10 | STREPTO.D | B a+n |
| 14 | 23B | FAV | JUSTIN | 10 08 88 MED.H | 10 | STREPTO.D | B a |
| 19 | 46B | GRI | CHARLES | 24 08 88 MED.H | 12 | | |
| 18 | 45E | PIE | MARIA | 18 08 88 MED.H | 12 | PYOCYANIQUE | a |
| 5 | 46D | PIN | SYLVIE | 07 08 88 MED.H | 10 | | |
| 6 | 46E | PIN | SYLVIE | 07 08 88 MED.H | 10 | | |
| 7 | 46F | PIN | SYLVIE | 07 08 88 MED.H | 10 | | |
| 8 | 46G | PIN | SYLVIE | 07 08 88 MED.H | 10 | | |
| 12 | 22J | THI | MAURICE | 09 08 88 MED.H | 10 | | |

La liste, partielle, correspond à un seul service. Elle servira aux exploitations présentées dans les figures suivantes. Le premier chiffre est le numéro de l'enregistrement ; on lit ensuite le numéro du flacon (celui du premier flacon quand deux sont utilisés), le nom (réduit aux 3 premières lettres pour le rendre anonyme) et le prénom du sujet, la date du jour du prélèvement, le service (avec son secteur), la bactérie isolée lorsque l'hémoculture est positive et le(s) milieu(x) où elle a poussé (a = aérobie, n = anaérobie, a + n = les deux flacons)

**FIGURE 2**
**Liste alphabétique comportant en outre les taux de $CO_2$ (8 valeurs en aérobie, 5 en anaérobie) avec la même présentation que celle fournie par le système du Bactec**

LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE - CHRU DE NANCY

Hemocultures du no 1 au no 19

SERVICE DE MEDECINE H

| | | | | | | < JOUR1 > T1 | T2 | < JOUR2 > T3 | T4 | < JOUR3 > T5 | T6 | >JOUR4 T7 | JOUR5 T8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * | 4 | ALB | LAURENT | | | 17 | 24 | 31 | 24 | 26 | 24 | 22 | 22 |
| 04 | 08 | 88 MED.H | | | | 1 | | 12 | | 24 | | 26 | 23 |
| * | 9 | BEL | HELENE | | | | 1 | + 16 | +125 | +116 | | | |
| 09 | 08 | 88 MED.H | E.COLI | | a+n | 1 | | 1 | | + 26 | | + 62 | |
| * | 15 | BEL | HELENE | | | 16 | 17 | 24 | 23 | 19 | 16 | 16 | 21 |
| 09 | 08 | 88 MED.H | | | | 1 | | 1 | | 6 | | 14 | |
| * | 16 | BEL | HELENE | | | 21 | 23 | 32 | 30 | 23 | 18 | 18 | 22 |
| 09 | 08 | 88 MED.H | | | | 1 | | 1 | | 7 | | 13 | |
| * | 10 | BUC | ELISABET | | | | 3 | 5 | 6 | 7 | 6 | 6 | 9 |
| 09 | 08 | 88 MED.H | | | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| * | 17 | CLE | ROGER | | | 11 | 11 | 16 | 15 | 13 | 11 | 11 | 13 |
| 10 | 08 | 88 MED.H | | | | 1 | | 2 | | 7 | | 13 | |
| * | 3 | DAN | SANDRINE | | | 4 | 4 | 8 | 7 | 7 | 7 | 10 | 24 |
| 02 | 08 | 88 MED.H | | | | 1 | | 9 | | 17 | | 22 | |
| * | 1 | DOM | EMILE | | | | 10 | +105 | | | | | |
| 01 | 08 | 88 MED.H | PASTEURELLA | | a | 1 | | + 20 | | 24 | | 21 | 17 |
| * | 2 | DOM | EMILE | | | | 9 | +100 | | | | | |
| 01 | 08 | 88 MED.H | PASTEURELLA | | a | 1 | | 9 | | 10 | | 8 | 6 |
| * | 11 | FAV | JUSTIN | | | | 4 | + 94 | | | | | |
| 09 | 08 | 88 MED.H | STREPTO.D | B | a+n | 1 | | 1 | | + 77 | | | |
| * | 13 | FAV | JUSTIN | | | 53 | | | | | | | |
| 09 | 08 | 88 MED.H | STREPTO.D | B | a+n | 7 | | + 88 | | | | | |
| * | 14 | FAV | JUSTIN | | | 11 | | | | | | | |
| 10 | 08 | 88 MED.H | STREPTO.D | B | a | | | | | | | | |

## 9. Recopie de fichier

On peut par exemple constituer un fichier des seules hémocultures positives.

## 10. Statistiques des hémocultures selon les services

Les statistiques distinguent les hémocultures positives et les négatives. Elles fournissent aussi un récapitulatif des bactéries mises en évidence *(figure 5)*.

**FIGURE 3**
**Liste récapitulative des hémocultures du service étudié**
Les hémocultures positives sont indiquées. Les patients sont rangés par ordre alphabétique. Ce type de document est adressé chaque mois au responsable du service

```
                LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE  -  CHRU DE NANCY

                              **************
                              * Medecine H *
                              **************

                          date      H   H+        Ht  Ht+

ALB          LAURENT   04 08 88     1   0         1   0
BEL          HELENE    09 08 88     3   1         3   1    E.COLI
BUC          ELISABET  09 08 88     1   0         1   0
CLE          ROGER     10 08 88     1   0         1   0
DAN          SANDRINE  02 08 88     1   0         1   0
DOM          EMILE     01 08 88     2   2         2   2    PASTEURELLA
FAV          JUSTIN    09 08 88     2   2                  STREPTO.D
                       10 08 88     1   1         3   3    STREPTO.D
GRI          CHARLES   24 08 88     1   0         1   0
PIE          MARIA     18 08 88     1   1         1   1    PYOCYANIQUE
PIN          SYLVIE    07 08 88     4   0         4   0
THI          MAURICE   09 08 88     1   0         1   0

-------------------------------------------------------------------------------
    Nombre total de sujets = 11
Hemocultures : total general = 19   total positives = 7   total negatives = 12
Pourcentage de positivite = 36.8
-------------------------------------------------------------------------------
    Legende :
    ---------
H    : hemocultures de la journee
H+   : hemocultures positives de la journee
Ht   : total des hemocultures du sujet
Ht+  : total des hemocultures positives
-------------------------------------------------------------------------------
```

**FIGURE 4**
**Exemple d'édition du courrier**
Le texte diffère selon que les hémocultures sont positives ou négatives

```
-------------------------------------------------------------------------------
                CENTRE HOSPITALIER REGIONAL DE NANCY

                        HOPITAL CENTRAL

        LABORATOIRE CENTRAL DE BACTERIOLOGIE  -  Pr. J-C. BURDIN

-------------------------------------------------------------------------------


Service            : Medecine H                    salle 10

Nom et prenom      : FAV  JUSTIN


                          HEMOCULTURE
                          ***********

Parmi les 3 hemocultures du 09 08 88
     3 sont positives

Presence de : streptocoque du groupe D  bovis

-------------------------------------------------------------------------------


    NANCY le 10 09 88              Signature du biologiste:
```

## 11. Statistiques des délais de positivité

Elles sont établies selon les différentes espèces bactériennes et en fonction du type de milieu de culture *(figure 6)*.

## 12. Édition des cotations pour l'administration

Les listes sont triées à partir du numéro administratif sigma (hospitalisés, externes...) ; les cotations sont déterminées automatiquement. Cette fonction n'est utile que si les numéros sigma ont été saisis.

## 13. Recherche d'un dossier à partir du nom

On indique le nom et le prénom du patient et l'on obtient la liste des dossiers concordants dans tout le fichier. Après choix, on peut visualiser ou imprimer le dossier sélectionné (l'appareil Bactec offre cette possibilité mais la recherche est limitée à 7 jours au maximum).

## 14. Constitution et affichage (ou édition) du journal des saisies

Il indique aussi le nombre d'enregistrements par jour.

## 15. Maintenance des fichiers de données

On peut créer, ajouter, corriger, imprimer, etc., les fichiers de base : demandeurs (services hospitaliers, laboratoires, etc.), unités fonctionnelles des différents services, bactéries (y compris leurs sérovars).

---

# *CONCLUSION*

**Le logiciel Bactec-G est utilisé en routine, depuis début juin 1988, dans le laboratoire central de bactériologie du CHRU de Nancy, à la satisfaction générale des utilisateurs qui ont largement participé à la mise au point.**

**Il est écrit en turbo pascal, langage informatique très diffusé, propice aux modifications et adapté au standard actuel (MS/DOS). Il complète le système informatique livré avec l'automate et ouvre un large domaine d'exploitation. En effet, outre son intérêt bureautique (édition du courrier) et de connaissance de l'activité hospitalière (listes par service et statistiques), il peut faciliter les travaux portant sur les mesures de $CO_2$ selon les espèces bactériennes.**

**FIGURE 5**
**Statistiques réduites au seul service étudié**

LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE - CHRU DE NANCY

du dossier no 1 au dossier no 19

STATISTIQUE DES HEMOCULTURES

| rvices | H- | H+ | total | % ensemble |
|---|---|---|---|---|
| D.H | 12 | 7 | 19 | 100.0 |
| TAUX | 12 | 7 | 19 | |
| | 63.2 | 36.8 | | |

STATISTIQUE DES GERMES MIS EN EVIDENCE

| | | | |
|---|---|---|---|
| REPTO.D | 3 | 42.9 | % |
| COLI | 1 | 14.3 | % |
| STEURELLA | 2 | 28.6 | % |
| OCYANIQUE | 1 | 14.3 | % |

**FIGURE 6**
**Statistiques de positivité des taux de $CO_2$ selon les règles du fabricant du Bactec (présence de taux avec un +) en cas de bactérie isolée**

du dossier no 1 au dossier no 19

STATISTIQUE DES POSITIVITES PAR GERME EN AEROBIE

| T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PASTEURELLA | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| PYOCYANIQUE | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

GERMES EN ANAEROBIE

| T | 1 | 3 | 5 | 7 | 8 | total |
|---|---|---|---|---|---|---|

GERMES EN AEROBIE ET ANAEROBIE

| T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 3 | 5 | 7 | 8 | total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STREPTO.D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| E.COLI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

On distingue les bactéries mises en évidence en aérobie seulement, en anaérobie seulement ou dans les deux milieux à la fois

## BIBLIOGRAPHIE


*1. COURCOL R., FRUCHART A., ROUSSEL-DELVALLEZ M., MARTIN G. – Routine evaluation of the nonradiometric Bactec NR 660 system. J. Clin. Microbiol., 1986, **24** : 26-29.*

*2. LEGRAS B., BURDIN J.-C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.-P., WEBER M., MARTIN J. – Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier. Pathol. Biol., 1984, **32** : 923-929.*

*3. LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J.-C., WEBER M. – Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons (lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques, et exploitation commune sur micro-ordinateur des antibiogrammes (et de données cytobactériologiques). Pathol. Biol., 1987, **35** : 693-698.*

Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie

LEGRAS B, LEGRAS J, PATRIS A, FELDMAN L, BURDIN J-C

Spectra Biologie, 1989, 89, 48-52

No 155

Technologie

# Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie

B. LEGRAS*, J. LEGRAS*, A. PATRIS*, L. FELDMAN*, J.-C. BURDIN**

RÉSUMÉ

L'article décrit un logiciel dénommé BACTERIO écrit en Turbo Pascal pour micro-ordinateurs compatibles Pc, qui permet d'exploiter les examens de bactériologie avec ou sans antibiogramme. Il est utilisé en routine depuis janvier 1989 au laboratoire central de bactériologie du CHRU de Nancy. Outre les fonctionnalités traditionnelles de gestion, il est particulièrement tourné vers les exploitations épidémiologiques et le retour d'informations aux cliniciens. Il permet soit des antibiogrammes réalisés par la méthode des disques et interprétés manuellement ou par un dispositif Toucan, soit des antibiogrammes automatisés (lecteurs ATB et ABAC).

**Mots clés : bactériologie, logiciel, micro-ordinateur, laboratoire**

*SUMMARY*

*The article describes a set of programs named BACTERIO written in Turbo Pascal for microcomputers Pc which allows to manage the exams of bacteriology with or without antibiotic sensitivity tests. It runs since january 1989 at the central laboratory of the universitary hospital of Nancy. Beyond usual management fonctions, the solfware allows epidemiologic management and information feedback toward the staff medical. It allows to get automated antimicrobial susceptibility testing by either manual method or automatic reading system (ATB & ABAC).*

***Key words : bacteriology, program, microcomputer, laboratory.***

## Introduction

Le laboratoire central de bactériologie du CHRU de Nancy effectue environ 100 000 examens directs et 15 000 antibiogrammes par an. A partir de juin 1982, les antibiogrammes obtenus ont été exploités à l'aide de logiciels spécifiques, conçus sur micro-ordinateurs et de dispositifs de lecture commerciaux ou originaux (ces derniers sont similaires dans leur principe au pied à coulisse Toucan mais antérieurs à sa commercialisation) (4, 5, 6, 7). La constitution d'une base informatisée d'antibiogrammes, importante (environ 110 000 enregistrements fin 1988) et fiable, facilite les études épidémiologiques (12).

Toutefois, le vieillissement du matériel informatique (micro-ordinateurs Apple 2e) et la généralisation de nouveaux standards nous a amenés, courant 1987, à développer de nouveaux programmes sur des machines compatibles Pc. Nous présenterons, ici, le logiciel de gestion des examens avec ou sans antibiogrammes en bactériologie qui est opérationnel depuis janvier 89.

* Service d'informatique médicale - Hôpital Central - CHRU de Nancy, 29, av. du Maréchal de Lattre-de-Tassigny, 54037 Nancy Cedex. Tél. 83.57.61.61.
** Laboratoire central de bactériologie, Hôpital Central, CHRU de Nancy.

## Matériel informatique du laboratoire

Le laboratoire possède huit micro-ordinateurs compatibles Pc (Olivetti M290) avec imprimantes. Quatre sont connectés à des lecteurs d'antibiogrammes (ABAC, ATB), l'un sert à l'exploitation des hémocultures (BACTEC), deux situés au secrétariat gèrent tous les examens sans antibiogrammes, en dehors des hémocultures, le dernier est utilisé pour les examens sérologiques. Le prix de l'ensemble ne dépasse pas 350 000 F.

## Fonctions du logiciel

Des menus d'emploi simple appellent différents programmes qui, globalement, comportent les principales fonctions suivantes :

## TECHNOLOGIE

### 1. Saisie, consultation et correction des dossiers

Les enregistrements (la structure est précisée dans le tableau I) comportent :

— des renseignements médico-administratifs (numéro sigma, nom, prénom, sexe, date de naissance, de prélévement et d'entrée, numéro d'unité fonctionnelle, code du demandeur, du secteur, du prélèvement). Une recherche automatique selon le numéro d'hospitalisation sigma a lieu à la saisie, pour éviter, si possible, une nouvelle entrée des renseignements constants ;

Tableau I
Structure de l'enregistrement

| | |
|---|---|
| **1 - Données médico-administratives** | |
| Numéro administratif sigma (1) | 9 chiffres |
| Nom | 15 caractères |
| Prénom | 10 caractères |
| Date de naissance | |
| Sexe (M/F) | |
| Date de prélèvement | |
| Date d'entrée dans l'établissement | |
| Unité fonctionnelle (UF) | 4 chiffres |
| Demandeur (code numérique) (2) | |
| Secteur (code numérique) | |
| Prélèvment (code numérique) (3) | |
| Commentaire (relatif au prélèvement) | 20 caractères |
| Commentaire général | 20 caractères |
| Etat du dossier (4) + délai (5) | |
| Cotation (nombre de B) (6) | |
| **2 - Examen direct** | |
| Type | |
| Résultats (codes) | 22 au max |
| **3 - Résultats de la mise en culture** | |
| Germe 1 (code numérique 1 à 255) | |
| + type (code numérique 1 à 255) | |
| + numération (code) | |
| Autres germes + type + numération | 3 au max |
| Immunofluorescence + antigènes solubles | |
| **4 - Antibiogramme** | |
| Numéro de la « couronne » | |
| Résultatsen "S", "I" ou "R" | 30 au max |
| Résultats en diamètres | 30 au max |
| Autres antibiotiques : codes | 5 au max |
| résultats en "S", "I" ou "R" | 5 au max |
| résultats en diamètres | 5 au max |

**Remarques :**

(1) Le numéro est contrôlé (9e chiffre = clé).

(2) Le service et le secteur sont déterminés automatiquement à partir de l'UF quand celle-ci est indiqué (table de correspondance).

(3) Est obligatoire le code du prélèvement ainsi que celui du demandeur, le nom et la date de prélèvement.

(4) L'état indique les enregistrements « supprimés » et les « doublons ».

(5) Délai entre date d'entrée dans l'hôpital et date de prélèvement (calculé par programme).

(6) Cotation déterminée automatiquement.

— des données cyto-bactériologiques (fig. 1). L'examen direct comprend un maximum de 22 informations définies par des codes numériques (apparaissant à l'écran au moment de la question) qui dépendent du type d'examen. On distingue 8 catégories différentes de type d'examen : urine, expectoration, pus, prélèvements génitaux, liquides de ponction, coprocultures, liquide céphalo-rachidien, hémoculture. Si la culture est positive, on saisit le(s) germe(s) concerné(s) avec éventuellement le type et la numération. Quatre germes peuvent figurer (le premier indiqué correspond à l'antibiogramme).

```
                    EXAMEN DES URINES                    VOTRE CHOIX
culot des urines                :                    1  tres peu abond.
cellules epitheliales           :                    2  peu abondant
hematies                        :                    3  assez abond.
polynucleaires                  :                    4  abondant
cylindres                       :                    5  tres abond.
cristaux                        :                    6  sanglant
albumine                        :
albumine totale en g/l          :
sucre reducteur                 :
flore                           :
    cocci G+                    :
    cocci G+ en amas            :
    cocci G+ en chainettes      :
    diplocoques G-              :
    bacilles G+                 :
    bacilles G-                 :
    bac. G- Gardnerella         :
    bac. G+ Doderlein           :
    levures                     :
culture                         :

CURSEUR:pour descendre faire <RETURN>;pour monter <Ctrl E>
SORTIE d'ECRAN:faire <ESC>;pour correction faire <ESPACEMENT>
```

*Figure 1 : saisie (en cours) de l'examen direct d'une uroculture (recopie de l'écran).*

— l'antibiogramme (optionnel). Un enregistrement peut comporter jusqu'à 35 antibiotiques : 30 ont une séquence précise, 5 supplémentaires sont définis par leur code ;

— des données facultatives (commentaire relatif au prélèvement et commentaire général) et calculées (cotation, délai entre date d'entrée et de prélèvement).

### 2. Mode de saisie des antibiogrammes

Le programme permet de saisir les résultats des antibiogrammes au choix selon 5 modes différents :

— entrée directe au clavier des résultats en sensible (S), intermédiaire (I), résistant (R) ;

— entrée directe au clavier des diamètres (le programme fournit alors la correspondance en S, I ou R) ;

— transfert automatique des diamètres lus à l'aide du dispositif « Toucan » (Diagnostics Pasteur)

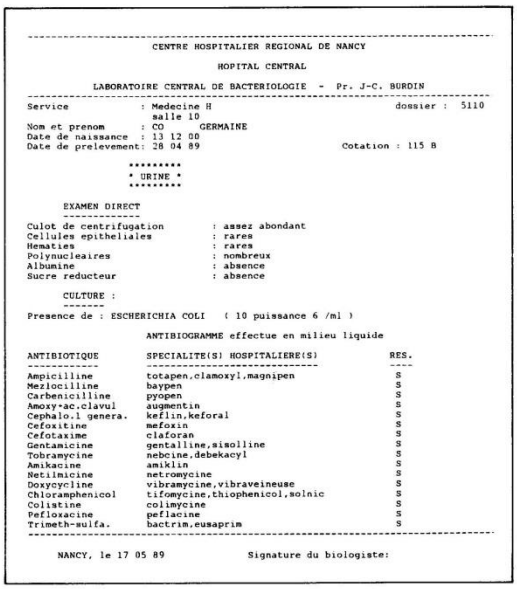
— transfert automatique des résultats obtenus en S, I ou R par le lecteur ATB ;

— transfert automatique des résultats obtenus en S, I ou R par le lecteur ABAC.

### 3. Recherche d'un dossier à partir du nom

On indique le nom et le prénom du patient et l'on obtient la liste des dossiers concordants dans tout le fichier. Après choix, on peut visualiser ou imprimer le dossier sélectionné. Cette recherche nécessite la mise à jour régulière d'un fichier indexé (opération rapide par interclassement des nouveaux dossiers saisis).

## 4. Edition des réponses (fig. 2)



```
                    CENTRE HOSPITALIER REGIONAL DE NANCY

                              HOPITAL CENTRAL

          LABORATOIRE CENTRAL DE BACTERIOLOGIE  -  Pr. J-C. BURDIN
-------------------------------------------------------------------------------
Service              : Medecine H                              dossier :  5110
                       salle 10
Nom et prenom        : CO      GERMAINE
Date de naissance    : 13 12 00
Date de prelevement: 28 04 89                      Cotation : 115 B

                     *********
                     * URINE *
                     *********

      EXAMEN DIRECT
      -------------
Culot de centrifugation        : assez abondant
Cellules epitheliales          : rares
Hematies                       : rares
Polynucleaires                 : nombreux
Albumine                       : absence
Sucre reducteur                : absence

      CULTURE :
      -------
Presence de : ESCHERICHIA COLI    ( 10 puissance 6 /ml )

                    ANTIBIOGRAMME effectue en milieu liquide

ANTIBIOTIQUE       SPECIALITE(S) HOSPITALIERE(S)          RES.
-----------        -----------------------------          ----
Ampicilline        totapen,clamoxyl,magnipen               S
Mezlocilline       baypen                                  S
Carbenicilline     pyopen                                  S
Amoxy+ac.clavul    augmentin                               S
Cephalo.1 genera.  keflin,keforal                          S
Cefoxitine         mefoxin                                 S
Cefotaxime         claforan                                S
Gentamicine        gentalline,sisolline                    S
Tobramycine        nebcine,debekacyl                       S
Amikacine          amiklin                                 S
Netilmicine        netromycine                             S
Doxycycline        vibramycine,vibraveineuse               S
Chloramphenicol    tifomycine,thiophenicol,solnic          S
Colistine          colimycine                              S
Pefloxacine        peflacine                               S
Trimeth-sulfa.     bactrim,eusaprim                        S
-------------------------------------------------------------------------------

     NANCY, le 17 05 89            Signature du biologiste:
```

*Figure 2 : édition courrier d'une uroculture avec antibiogramme.*

## 5. Edition de listes récapitulatives

De nombreux modèles de listes sont à la disposition de l'utilisateur :

— listes simples ou triées par ordre alphabétique ;

— listes des cotations pour l'administration ;

— listes par service (fig. 3) ;

— listes spéciales pour le service d'hygiène (services et germes limités et services regroupés géographiquement) avec des tableaux synthétiques.

## 6. Statistiques

On peut réaliser des statistiques multiples :

— par prélèvements ;

— par type de prélèvement (urine, crachats,...) croisées selon les demandeurs ;

— par germe, seules ou croisées par demandeur ;

— par sensibilité aux divers antibiotiques (fig. 4) ;

— des résistances par service et sur l'ensemble, les différences significatives étant signalées (il est évident que cette étude et la précédente n'ont de sens que si l'on sélectionne un germe) ;

— des cotations par unités fonctionnelles.

## 7. Création du fichier indexé sur les numéros d'hospitalisation (sigma)

Le fichier, chargé en mémoire centrale, est recréé régulièrement, une fois par jour ou davantage (l'opération dure

```
                LABORATOIRE DE BACTERIOLOGIE  -  CHRU DE NANCY
                      Liste triee par germe puis par nom
                              SERVICE : MED
                               AVRIL 1989

-------------------------------------------------------------------------------

  No  nom          prenom   date prelevement      UF    no antibiotiques 1...5...10....5...20....5...30

 4444 ALT          M.CATHE  17 04 89 PREL.CUTANE  1114  STAPH.AUREUS     R...R....:..RRI.I.RRS...R.S.SS
 4492 HUR          PAUL     20 04 89 HEMOCULTURE  1113  STAPH.AUREUS     R...S....:..SSS.S.SSS...S.S.SS
 4005 HEN          CHARLES  05 04 89 HEMOCULTURE  1112  E.COLI           :S.S:S..SS..SSIS.S.:....S....S
 4368 SIM          CHRISTI  16 04 89 HEMOCULTURE  1113  E.COLI           :S.S:S..SS..SIIS.S.:....S....R
 4018 MOL          PAUL     04 04 89 CRACHAT      1115  HEMOPH.PARA.  B  IS.S:SS..:..S.:.S.IIS...:....S

-------------------------------------------------------------------------------
                              Codes des antibiotiques

 1 Penicilline G      2 Ampicilline        3 Amoxicilline       4 Amoxy+ac.clavul
 5 Oxacilline         6 Cephalo.1 genera   7 Piperacilline      8 Ticarcilline PS
 9 Cefoxitine        10 Cefotaxime        11 Ceftazidime       12 Imipeneme
13 Gentamicine       14 Tobramycine       15 Amikacine         16 Netilmicine
17 Tetracycline      18 Doxycycline       19 Erythromycine     20 Spiramycine
21 Pristinamycine    22 Clindamycine ana  23 Acide nalidixiqu  24 Quinolone 1 G
25 Pefloxacine       26 Norfloxacine      27 Rifampicine       28 Metronidazole
29 Fosfomycine       30 Trimeth-sulfa.
-------------------------------------------------------------------------------
```

*Figure 3 : liste partielle des dossiers d'un service. A noter qu'on se limite aux résultats des principaux antibiotiques regroupés par famille.*

quelques minutes). Il comprend les renseignements constants (nom, prénom, sexe, date de naissance) des derniers enregistrements (en général 3 000) possédant un numéro d'hospitalisation sigma (cette information ne figure pas toujours sur les demandes d'examen).

### 8. Sélections

On peut sélectionner au choix un ou plusieurs des paramètres suivants : demandeur(s), unité(s) fonctionnelle(s), prélèvement(s), germe(s), résultat(s) de l'examen direct, résultat(s) de l'antibiogramme, délai entre date d'entrée et de prélèvement, sexe, date de prélèvement. Les sélections peuvent s'appliquer aux listes, statistiques ou copie de fichier.

### 9. Constitution et affichage (ou édition) du journal des saisies

Il indique également le nombre d'enregistrements par jour.

### 10. Maintenance des fichiers de données (germes, prélèvements, demandeurs... etc.) et édition (avec groupement des libellés longs et courts correspondants).

### 11. Utilitaires

Copie d'un fichier d'une machine « donneuse » sur une « receveuse », sauvegarde, etc... On peut constituer ainsi un fichier unique pour le laboratoire comprenant l'ensemble des examens avec et sans antibiogrammes.

Les limites de la version en service actuellement figurent dans le tableau II.

## Commentaires et conclusion

La microbiologie est un domaine complexe et spécifique où l'on voit s'implanter les techniques informatiques (1, 2, 10, 11). Des systèmes informatiques sont commercialisés mais, à l'heure actuelle, il s'agit surtout de systèmes poly-

**Figure 4 Statistiques de sensibilité des staphylocoques dorés (premier trimestre 89) aux principaux antibiotiques testés.**

| | S | I | R | Total souches | % (I+R) | Interv. 95 % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pénicilline G | 118 | 42 | 815 | 975 | 87,9 | 85,8 - 90,0 |
| Ampiciline | 79 | 8 | 41 | 128 | 38,3 | 29,7 - 46,9 |
| Amoxycilline + ac. clavulanique | 93 | 10 | 25 | 128 | 27,3 | 19,5 - 35,2 |
| Oxacilline | 681 | 5 | 229 | 915 | 25,6 | 22,7 - 28,5 |
| Céphalosporine (1re génération) | 85 | 11 | 34 | 130 | 34,6 | 26,3 - 43,0 |
| Gentamicine | 810 | 10 | 260 | 1 080 | 25 | 22,4 - 27,6 |
| Tobramycine | 742 | 16 | 257 | 1015 | 26,9 | 24,1 - 29,7 |
| Amikacine | 728 | 171 | 122 | 1 021 | 28,7 | 25,9 - 31,5 |
| Tetracycline | 724 | 127 | 128 | 979 | 26 | 23,2 - 28,9 |
| Chloramphenicol | 830 | 176 | 32 | 1 038 | 20 | 17,6 - 22,5 |
| Erythromycine | 595 | 52 | 328 | 975 | 39 | 35,9 - 42,1 |
| Spiramycine | 581 | 148 | 246 | 975 | 40,4 | 37,3 - 43,6 |
| Clindamicyne | 719 | 8 | 187 | 914 | 21,3 | 18,6 - 24,0 |
| Pristinamycine | 945 | 5 | 25 | 975 | 3,1 | 2,0 - 4,2 |
| Rifampicine | 863 | 13 | 78 | 954 | 9,5 | 7,6 - 11,4 |
| Acide fusidique | 897 | 17 | 1 | 915 | 2 | 1,0 - 2,9 |
| Trimeth-sulfa | 1 003 | 10 | 67 | 1 080 | 7,1 | 5,6 - 8,7 |
| Fosfomycine | 820 | 4 | 132 | 956 | 14,2 | 12,0 - 16,5 |
| Pefloxacine | 665 | 38 | 191 | 894 | 25,6 | 22,7 - 28,5 |
| Vancomycine | 949 | 5 | 27 | 981 | 3,3 | 2,1 - 4,4 |
| Ofloxacine | 657 | 33 | 168 | 858 | 23,4 | 20,5 - 26,3 |

Tableau II
Limites de la version utilisée

| Variables | Nombre maximal |
|---|---|
| 1 - demandeurs | 127 |
| 2 - secteurs | 100 |
| 3 - prélèvements | 120 |
| 4 - germes | 110 |
| 5 - types de germes | 200 |
| 6 - antibiotiques | 100 |
| 7 - UF (unités fonctionnelles) | 500 |

valents de gestion de laboratoires qui ne semblent pas prendre en compte suffisamment la spécificité du domaine abordé. De plus, l'épidémiologie reste limitée. Par ailleurs, ces systèmes intégrés fonctionnant sur des mini-ordinateurs multi-postes sont fort coûteux. Signalons toutefois l'existence récente de systèmes informatiques spécifiques de certains lecteurs d'antibiogrammes (tel que ATB+ de la société API) et la possibilité de les connecter à des systèmes centralisés (3).

C'est pourquoi, compte tenu de notre expérience ancienne, nous avons choisi de réécrire le logiciel précédemment conçu sur Apple 2 et de le développer sur les micro-ordinateurs actuels dans un langage de référence, très diffusé, propice aux modifications et adapté aux nouveaux standards. L'adaptation à d'autres laboratoires désirant travailler de façon comparable (principalement pour l'examen direct) est aisée.

L'objectif recherché et atteint au début de l'année 89, est l'informatisation globale de tout le laboratoire à l'aide d'un ensemble de micro-ordinateurs. Le logiciel décrit est complété par des programmes voisins permettant l'exploitation des hémocultures provenant de l'automate BACTEC (8) et également des examens sérologiques. Tel quel, l'ensemble apporte un allègement très appréciable au secrétariat et offre des possibilités nouvelles en permettant notamment de disposer de statistiques d'activité par service et par unité fonctionnelle.

En effet, le logiciel est prévu pour fournir aisément et systématiquement des informations aux cliniciens : listes mensuelles par service (communiquées aux responsables), listes et statistiques hebdomadaires adressées à l'hygiène hospitalière, bilan par service de certains examens tels que les urocultures (positives, négatives et à cytologie normale). Mais on peut aller plus loin dans cette voie et notre recherche actuelle s'oriente vers une aide automatique à la mise en évidence des infections nosocomiales (un programme intégré à ce système est en cours d'évaluation depuis avril 89) (9).

## Bibliographie

1. BONNEFOY A, PETIT J-C.
Informatisation d'un laboratoire hospitalier de bactériologie à l'aide d'un micro-ordinateur. Revue française des laboratoires, 1988, 167, 111-116.

2. COURCOL R., DAMIEN J-M, ROUSSEL-DELVALLEZ M, MARTIN G.
Fonctionnement d'un système micro-informatique dans un laboratoire hospitalier de bactériologie. Médecine et Maladies Infectieuses, 1982, 12, 643-651.

3. DUPEYRON C.
Informatisation d'un laboratoire hospitalier de bactériologie. Connexion d'un automate pour la lecture des antibiogrammes. Revue française des laboratoires, 1989, 189, 57-61.

4. LEGRAS B., BENAMGHAR L., BURDIN J.C.
Un logiciel sur micro-ordinateur d'exploitation des antibiogrammes en bactériologie. Proceedings of the ISMM International Symposium mini and microcomputers and their applications, 1982, Paris.

5. LEGRAS B., BURDIN J-C, KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J-P, WEBER M., MARTIN J.
Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogrammes en milieu hospitalier. Pathologie et Biologie, 1987, 35, 693-698.

6. LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J-C, WEBER M.
Un logiciel sur micro-ordinateur pour la microbiogie. Revue française des Laboratoires, 1984, 128, 49-53.

7. LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J-C, WEBER M.
Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons : lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques, et exploitation commune par micro-ordinateur des antibiogrammes (et de données cytobactériologiques). Pathologie et Biologie, 1987, 35, 693-698.

8. LEGRAS B., LEGRAS J., PATRIS A., BURDIN J-C
Bactec-G : un logiciel de gestion sur micro-ordinateur des hémocultures réalisées avec l'automate Bactec.
Revue française des laboratoires, 1988, 180, 97-101.

9. LEGRAS B., PATRIS A., LEGRAS J., BURDIN J.-C., TROMBERT B., WEBER M., BLECH M.-F., HARTEMANN Ph.
Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie.
Proposé à la Revue de Médecine et Maladies Infectieuses.

10. de RAUTLIN de la ROY Y., CASTEL D., GRIGNON B., FERNANDEZ A.
Informatisation d'un laboratoire de bactériologie.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1985, 15, 379-388.

11. THABAUT A., DUROSOIR J-L, SALIOU P., GUILLOREAU A., CHABANNES Ph.
Un système informatique en bactériologie clinique.
Médecine et Maladies Infectieuses, 1979, 9, 647-653.

12. TROMBERT B., LEGRAS B., BURDIN J-C, BLECH M.F., WEBER M.
Intérêt d'une base informatisée d'antibiogrammes fonctionnant depuis 1982 pour une meilleure connaissance des infections hospitalières (exemple de l'évolution des acinétobacter). Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1989, 28, 53-55.

# Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie

LEGRAS B, PATRIS A, LEGRAS J, BURDIN J-C, FELDMANN L, WEBER M, BLECH M-F, HARTEMANN P

Médecine et Maladies Infectieuses, 1989, 19, 728-733

No 162

*Médecine et Maladies Infectieuses* — 1989 — *19* — 12 - 728 à 733

# UNE AIDE AUTOMATISEE A LA DETECTION DES INFECTIONS NOSOCOMIALES A PARTIR D'UN FICHIER CENTRAL DE BACTERIOLOGIE*

par B. LEGRAS**, A. PATRIS**, J. LEGRAS**, J.C. BURDIN***, L. FELDMANN**, M. WEBER***, M.F. BLECH**** et Ph. HARTEMANN****

**RESUME** Au laboratoire central de bactériologie du CHRU de Nancy, le nouveau système informatique (micro-ordinateurs compatibles Pc et logiciel écrit en Turbo pascal mis au point localement) incorpore une fonctionnalité originale d'aide à la mise en évidence des infections nosocomiales. Elle consiste essentiellement :
1) à épurer le fichier (élimination des enregistrements "en double", caractérisés par le même malade et le même germe ainsi que ceux pour lesquels l'intervalle entre la date d'entrée dans l'établissement et la date de prélèvement est inférieure à 2 jours),
2) à rechercher, pour chaque service et pour différents types de germes s'il existe une différence significative entre les nouveaux cas de la période étudiée et la moyenne obtenue lors des périodes précédentes,
3) à imprimer la liste des dossiers sélectionnés par cette alerte.
L'exemple présenté illustre rétrospectivement l'intérêt du système. Les informations fournies chaque semaine aux médecins responsables de l'hygiène hospitalière doivent leur permettre d'intervenir plus efficacement.

**Mots-clés** : Infections nosocomiales - Bactériologie - Micro-ordinateur - Informatique - Aide à la décision.

Le laboratoire central de bactériologie du CHRU de Nancy reçoit tous les prélévements effectués dans le CHRU (environ 100 000 par an). Lorsqu'un germe est isolé, dans la très grande majorité des cas, un antibiogramme est réalisé, soit par méthode manuelle, soit à l'aide d'un automate (lecteur ATB ou ABAC). A partir de juin 1982, un système informatique constitué de micro-ordinateurs (Apple 2e) et d'outils de saisie originaux pour les antibiogrammes manuels (5) a permis la prise en compte automatique des antibiogrammes, l'archivage des dossiers, l'édition des résultats, la fourniture de listes récapitulatives pour les services hospitaliers et le service d'hygiène ainsi que des statistiques à visée épidémiologique (résistance des germes...) (6, 7).

L'obsolescence du matériel informatique nous a amenés, courant 1987, à réécrire tout le logiciel dans un langage moderne de référence (Turbo pascal) afin de pouvoir fonctionner sur des micro-ordinateurs compatibles Pc (8). Une fois les principaux programmes mis au point, le laboratoire a été équipé de micro-ordinateurs pour une informatisation globale qui fonctionne en routine depuis début 1989.

Le but de cet article n'est pas de détailler l'ensemble du système informatique mais de présenter une de ses fonctionnalités originales : une aide à la surveillance des infections nosocomiales par ordinateur.

## MATERIEL

Le tableau I indique la composition d'un enregistrement. Parmi les informations figure la date d'hospitalisation qui permet de déterminer le délai avec le prélèvement et de préjuger du caractère acquis de certaines infections. Le fichier général des antibiogrammes est constitué par regroupement des fichiers partiels constitués au niveau des différents postes, équipés de micro-ordinateurs Olivetti (M290). Il s'agit de 2 systèmes connectés à un lecteur ABAC (Mérieux), d'un autre connecté à un lecteur ATB

* Reçu le 3.6.1989. Acceptation définitive le 8.9.1989.
** Laboratoire d'informatique médicale, Faculté de Médecine de Nancy, BP 184, F-54505 Vandoeuvre-les-Nancy cedex.
*** Laboratoire de Bactériologie, Hôpital Central, CHRU de Nancy.
**** Service d'hygiène hospitalière, Hôpital de Brabois, CHRU de Nancy.

**TABLEAU I**

**Structure de l'enregistrement**

**1 - Données médico-administratives**

Numéro administratif (sigma)
Nom
Prénom
Date de naissance
Sexe (M/F)
Date de prélèvement
Date d'entrée dans l'établissement
UF
Demandeur (code)
Secteur du service (code)
Prélèvement (code)
Commentaire (relatif au prélèvement)
Commentaire général
Délai (entre date de prélèvement et d'entrée)
Cotation (nombre de B)

**2 - Examen direct**

Résultats (codes) (22 au max.)

**3 - Résultats de la mise en culture**

Germe 1 (code)
+ type (code)
+ numération (code)
Autres germes + type + numération (3 au max.)

**4 - Antibiogramme**

N° de la "couronne" (séquence fixée d'antibiotiques)
Résultats en 'S', 'I' ou 'R' de la couronne (30 au max.)
Résultats en diamètres de la couronne
Autres antibiotiques : codes (5 au max)
résultats en 'S', 'I' ou 'R'
résultats en diamètres

(Api), le quatrième servant aux examens manuels (emploi du "Toucan" commercialisé par Diagnostics Pasteur, sorte de verrier informatisé).

## METHODES

Il nous a paru raisonnable de restreindre les germes sur lesquels s'exerce la surveillance. Nous avons choisi de nous limiter à 9 germes "cibles" : staphylocoques *aureus*, les autres staphylocoques, les *Klebsiella*, les *Enterobacter cloacae*, les *Enterobacter*, *Serratia*, bacille pyocyanique, les autres *Pseudomonas* et les *Acinetobacter*.

La détermination des signes d'alerte passe par trois étapes utilisant chacune un programme différent.
— *Le premier programme* détecte les "doublons", enregistrements caractérisés par le même germe isolé chez le même malade, quelle que soit la nature du prélèvement. Ces doublons sont marqués logiquement et ne sont plus pris en compte dans la suite, pour éviter de biaiser les résultats. Il en est de même des dossiers dont le délai entre la date d'entrée et la date de prélèvement est inférieur au seuil choisi (2 jours) pour éliminer les infections non nosocomiales. Lorsque la date d'entrée n'est pas indiquée (cas peu fréquent), nous avons choisi d'éliminer le dossier.

— *Le deuxième programme* sélectionne les enregistrements sur une durée de 3 mois et dénombre les germes "cibles" par service et par période de 7 jours. Pour chaque service et chaque germe, on examine ensuite s'il existe une augmentation "excessive" de germes lors de la dernière période. Pour cela, on suppose que le nombre de germes par période est un processus qui suit la loi de probabilité de Poisson d'intensité a1 pendant les p-1 premières périodes et d'intensité a2 pendant la dernière. On teste la stabilité du processus en faisant l'hypothèse "a1=a2". La méthode est décrite dans (3). Les degrés de signification inférieurs à 5 % sont signalés (des signes différents distinguent les seuils de 5 %, 1 % et 0.1 %) et attirent l'attention sur les augmentations sans doute "anormales" (signal 1).

Toutefois, la méthode ne permet pas de mettre en évidence des croissances régulières mais faibles. Il faut donc associer un deuxième signal d'alerte sur la séquence des signes des écarts entre chaque valeur et la suivante (en cas de stabilité, les écarts positifs doivent en moyenne être voisins des négatifs). De façon arbitraire, nous avons choisi d'indiquer toute séquence comprenant au moins 3 accroissements successifs avant la période étudiée (le nombre d'accroissements figure également sur le tableau récapitulatif des signes d'alerte). Dans tous les cas où l'on rencontre le signal 1 et/ou le signal 2, le programme fournit un histogramme de l'évolution des effectifs du germe dans le service sur l'ensemble des périodes étudiées.
— *Le troisième programme* permet, après relecture du fichier, d'imprimer les dossiers détectés appartenant à la dernière période. On peut ainsi connaître le nom du patient, le secteur du service, le prélèvement, le délai et l'antibiogramme.

## RESULTATS

Le système fonctionne en routine depuis début mars 1989. L'exploitation a lieu une fois par semaine.

A titre d'exemple, nous présentons des documents obtenus dans une exploitation rétrospective concernant la dernière semaine du mois de février 89 en comparaison avec la période écoulée depuis le 1er janvier 89. Huit périodes de 7 jours sont exploitées. La figure 1 présente les statistiques obtenues sur la dernière semaine, la figure 2 récapitule les moyennes sur les 7 semaines précédentes, la figure 3 visualise les accroissements suspects, la figure 4 quelques histogrammes correspondants et enfin la figure 5 présente une partie de la liste des dossiers. Ces documents mettent en évidence des éléments très suspects en faveur d'une infection à staphylocoque *aureus* dans un des servi-

**FIGURE 1**

**Nouveaux cas reçus par le laboratoire lors de la période concernée**

| Germes | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Méd. 1 | 2 | 2 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 8 |
| Méd. 2 | 1 | | 1 | | | | 1 | | | 3 |
| Réa. 1 | 2 | | 2 | | 1 | | 3 | | | 8 |
| Réa. 2 | 1 | | | | | | | 1 | | 2 |
| Réa. 3 | | | | | | | | | | 0 |
| Chir. 1 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Chir. 2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 3 |
| Chir. 3 | 2 | | | | | | 1 | | | 3 |
| Chir. 4 | 1 | | | | | | | | 1 | 2 |
| Chir. 5 | | | | | | | 2 | | | 2 |
| Chir. 6 | | | | | | | | | | 0 |
| Chir. 7 | 1 | | | | | | 1 | | | 2 |
| Chir. 8 | | | | | | | | | | 0 |
| Chir. 9 | 6 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | 10 |
| Chir. 10 | | | | | | | | | | 0 |
| Chir. 11 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Total | 17 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 11 | 3 | 3 | 45 |

Méd. 'x' : service de médecine - Chir. 'x' : service de chirurgie - Réa. 'x' : service de réanimation.
AUR : staphylocoque doré - STA : autres staphylocoques - KLE : *Klebsiella* - CLO : *Enterobacter cloacae* - ENT : autres *Enterobacters* - SER : *Serratia* - PYO : pyocyanique - PSE : autres *Pseudomonas* - ACI : *Acinetobacter*.

**FIGURE 2**

**Moyennes des nouveaux cas lors des 7 périodes précédant la période concernée**

| Germes | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Méd. 1 | 1.1 | 2.4 | 0.3 | | | | 0.3 | 0.3 | | 4.4 |
| Méd. 2 | 0.4 | | | | | | 0.6 | | | 1.0 |
| Réa. 1 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | | | 0.1 | 1.0 | 0.1 | | 2.0 |
| Réa. 2 | 0.4 | | 0.1 | | | | | 0.1 | | 0.7 |
| Réa. 3 | 0.9 | 0.1 | | 0.1 | | | 0.1 | | | 1.3 |
| Chir. 1 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | | 2.3 |
| Chir. 2 | 0.1 | 0.4 | 0.1 | | | | 0.3 | | 0.1 | 1.1 |
| Chir. 3 | 1.1 | 0.1 | | 0.3 | | | 0.1 | | | 1.7 |
| Chir. 4 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | | | 0.3 | | 0.1 | 1.9 |
| Chir. 5 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | | | 3.4 |
| Chir. 6 | 0.3 | | | | | | | | | 0.3 |
| Chir. 7 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | | | 1.4 | | | 2.7 |
| Chir. 8 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | | | | 0.3 | | | 0.9 |
| Chir. 9 | 2.0 | 0.7 | | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | | 0.4 | 4.6 |
| Chir. 10 | 0.1 | | 0.1 | | | 0.1 | 0.3 | | | 0.7 |
| Chir. 11 | 1.3 | 0.3 | 0.1 | | | 0.1 | 0.3 | | | 2.1 |
| Total | 11.9 | 5.7 | 2.0 | 1.4 | 0.4 | 1.3 | 7.0 | 0.7 | 0.7 | 31.1 |

(pour légende des germes et des services se rapporter à la Figure 1)

FIGURE 3

**Recherche d'une augmentation de résultats positifs.**
**Test d'égalité de la moyenne dans la dernière période :**
**+ = P < 5 % * = P < 1 % χ = P < 0.1 %**

| Germes | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Méd. 1 | | | | | | | | | | |
| Méd. 2 | | | | | | | | | | |
| Réa. 1 | | | * | | | | | | | χ |
| Réa. 2 | | | | | | | | | | |
| Réa. 3 | | | | | | | | | | |
| Chir. 1 | | | | | | | | | | |
| Chir. 2 | | | | | | | | | | |
| Chir. 3 | | | | | | | | | | |
| Chir. 4 | | | | | | | | | | |
| Chir. 5 | | | | | | | | | | |
| Chir. 6 | | | | | | | | | | |
| Chir. 7 | | | | | | | | | | |
| Chir. 8 | | | | | | | | | | |
| Chir. 9 | * | | | | | | | | | * |
| Chir. 10 | | | | | | | | | | |
| Chir. 11 | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | + | + | |

(pour légende des germes et des services se rapporter à la Figure 1)

FIGURE 4

**Histogrammes de l'évolution des germes "suspects" au cours des 8 périodes prises en compte**

**Chir. 9** ***Staphylococcus aureus***

Moyenne sur les 7 avant-dernières périodes = 2.0

| Périodes | | Effectifs |
|---|---|---|
| 1 | * | 1 |
| 2 | * | 1 |
| 3 | *** | 2 |
| 4 | *** | 2 |
| 5 | ********** | 5 |
| 6 | **** | 2 |
| 7 | * | 1 |
| 8 | ********** | 6 |

**Réa 1** ***Klebsiella***

Moyenne sur les 7 avant-dernières périodes = 0.1

| Périodes | | Effectifs |
|---|---|---|
| 1 | | 0 |
| 2 | | 0 |
| 3 | | 0 |
| 4 | | 0 |
| 5 | | 0 |
| 6 | | 0 |
| 7 | ***** | 1 |
| 8 | ********** | 2 |

ces de chirurgie pour la dernière période testée (et aussi antérieurement pour la 5ème période). La variété des prélèvements en cause apporte un argument supplémentaire.

Signalons que, dans ce cas précis, le service d'hygiène hospitalière (non alerté par le système qui n'était pas encore opérationnel) n'a été prévenu par les cliniciens qu'au début du mois d'avril, c'est-à-dire plus de 2 mois après les premières augmentations "anormales".

## COMMENTAIRES

La prévention des infections hospitalières est une préoccupation majeure des responsables de l'hygiène hospitalière. Ceux-ci devraient disposer d'informations fiables mais chacun sait que la déclaration "obligatoire" est rarement effectuée et que les enquêtes de prévalence ou d'incidence ne sont pas fréquentes (1).

## FIGURE 5

**Liste de dossiers "suspects" (noms rendus anonymes)**

| N° | Nom | Prénom | date prel | del | prelev | UF | antib 1...5...10.....5....20.....5...30.....5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***** | Chir. *Staph. aureus* | | | | | | |
| 2329 | BON | Claude | 20 02 89 | 21 | LCR | 2134 | R....S.....:....SSS...S:...SSS:...S:..S.SS |
| 2378 | REN | Jacques | 20 02 89 | 20 | Drain | 2133 | R....S.....:....SSI....S:...SSS:...S:..S.SS |
| 2405 | BIL | Remy | 20 02 89 | 2 | Crachat | 2132 | R....S.....:....SSS...S:...SSS:...S:..S.SS |
| 2407 | NEU | Gilles | 20 02 89 | 2 | Asp. bronch. | 2132 | R....S.....:....SSS...S:...SSS:.....:..S.SS |
| 2410 | PAO | Rosa | 20 02 89 | 4 | Asp. bronch. | 2132 | R....S.....:....SSS...S:...SSS:...S:..S.SS |
| 2569 | BIE | Victor | 20 02 89 | 7 | Cathéter | 2132 | R....S.....:....SSS....I:...SSS:...S:..S.SS |
| ***** | Réa. *Klebsiella* | | | | | | |
| 2375 | PRO | Georges | 20 02 89 | 12 | Crachat | 1103 | :R.I .R.RRR....SSS...I.I..RRR..R. S.RR.χ |
| 2536 | WUL | Yvonne | 20 02 89 | 21 | Cathéter | 1102 | :R.I :S....SS...SSSS....S.....:...S:.....S |

χχ si tous les antibiotiques testés sont résistants ou intermédiaires

χ si plus de 66 % des antibiotiques testés sont résistants ou intermédiaires.

Codes des antibiotiques

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | Penicilline G | 02 | Ampicilline | 03 | Amoxicilline | 04 | Amoxy+ ac. clavul. |
| 05 | Oxacilline | 06 | Cephalo. 1 génération | 07 | Piperacilline | 08 | Ticarcilline |
| 09 | Cefoxitine | 10 | Cefotaxime | 11 | Ceftazidine | 12 | Imipénème |
| 13 | | 14 | Gentamicine | 15 | Tobramycine | 16 | Amikacine |
| 17 | Netilmicine | 18 | | 19 | Tetracycline | 20 | Doxycycline |
| 21 | | 22 | Erythromycine | 23 | Spiramycine | 24 | Pristinamycine |
| 25 | Clindamycine | 26 | | 27 | Acide nalidixique | 28 | Quinolone 1 G |
| 29 | Pefloxacine | 30 | Nofloxacine | 31 | | 32 | Rifampicine |
| 33 | Metronidazole | 34 | Fosfomycine | 35 | Trimeth.-sulfa. | | |

R : résistant, S : sensible, I : intermédiaire.
date prel : date du prélèvement.
del : délai en jour entre l'admission du malade et date de prélèvement.
UF : unité fonctionnelle.
antib : code de l'antibiotique de 1 à 35.

Lorsqu'un établissement hospitalier dispose d'un laboratoire central de bactériologie, celui-ci possède des renseignements précieux constitués par les germes isolés. L'exploitation manuelle des informations n'est guère possible dès que le nombre de micro-organismes isolés annuellement dépasse quelques milliers et il faut posséder un outil informatique apte à gérer ces résultats dans une optique médicale. Dans de nombreux laboratoires, la répartition des analyses au niveau des différents postes de travail est faite par type de prélèvements (pièce des hémocultures, pièce des urocultures, etc...). Il est évident que ce mode d'organisation rend plus difficile une vue d'ensemble des germes isolés pour le même patient et pour un service d'hospitalisation donné.

La fourniture régulière et fréquente de listes récapitulatives des prélèvements positifs mis en évidence constitue un premier pas pour une meilleure connaissance des infections dans l'hôpital et, depuis 1983 au CHRU de Nancy, cette information est fournie régulièrement et fréquemment (au moins une fois par semaine) aux responsables de l'hygiène. Malheureusement, il est peu commode d'interpréter cette information, même lorsqu'on y adjoint des tableaux synthétiques facilitant l'analyse.

Le système présenté a, parmi ses nombreuses fonctionnalités, l'ambition de fournir des "signaux d'alerte" en analysant "intelligemment" au cours du temps les statistiques de fréquence des germes "dangereux" parmi les services. Il se rapproche du système mis en place à l'hôpital de Poitiers (2) qui analyse le nombre d'isolements par unité fonctionnelle pour repérer les augmentations. Soulignons que notre système ne se conçoit que comme une aide au dépistage des infections acquises à l'hôpital. En effet, comme le rappelle Jarlier (3), toutes les infections nosocomiales ne font pas l'objet d'un prélèvement à visée microbiologique ; en cas de culture positive d'un prélèvement, le laboratoire ne dispose pas des informations cliniques indispensables pour différencier infection et colonisation. Par contre, ici, dans la très grande majorité des cas, la date d'entrée à l'hôpital est fournie et constitue un élément fondamental en faveur du caractère nosocomial d'une infection.

## CONCLUSION

Malgré les réserves qui viennent d'être énoncées, l'outil mis au point, qui sera sans doute perfectionné à l'usage, apparaît dès maintenant comme très utile aux responsables du service d'hygiène hospitalière pour la surveillance longitudinale des infections nosocomiales. Son exploitation rétrospective a mis en évidence une infection hospitalière franche dans un des services de chirurgie à un moment où l'alerte n'avait pas eu lieu.

**SUMMARY :** AN AUTOMATED HELP TO DETECT HOSPITAL ACQUIRED INFECTIONS FROM A CENTRALIZED BACTERIOLOGICAL DATA BASE

*At the central bacteriological laboratory of the Nancy universitary hospital, the new computerized organisation (Pc microcomputers and a locally made program written in Turbo pascal) includes a fonctionnality which helps users to show off hospital acquired infections. It consists essentially :*
*1) to "purify" the file (elimination of duplicate records characterized by the same patient and the same germ as well as those for wich the delay between the date of entry in the establishment and the date of swab is less than two days),*
*2) to search for each department and for differents types of germs if there is a significant difference between the new cases of the study period and the previous periods means,*
*3) to print the list files selected by this method. We are showing an example to illustrate the interest of system. The informations provided each week to physicians in charge of hospital hygiene should allow them to intervene much more efficiently.*

**Key-words :** *Hospital acquired infections - Bacteriology - Microcomputers - Computering - Decision aid.*

## BIBLIOGRAPHIE

1. AVRIL J.L., DONNIO P.Y. - La surveillance des infections nosocomiales. *Rev. Prat.*, 1989, *39*, 1381-1396.
2. CASTEL O. - Rôle des laboratoires de microbiologie dans la surveillance des hôpitaux (antibiotiques exceptés). *Agressologie*, 1987, *28*, 1199-1203.
3. COX D., LEWIS P. - The Statistical Analysis of Series of Events. Methuen's Monographs on Applied Probability and Statistics, 1966.
4. JARLIER V. - Surveillance et contrôle des infections acquises à l'hôpital. Pourquoi et comment surveiller les microorganismes isolés à l'hôpital et leur sensibilité aux antibiotiques. Brochure éditée par PJL, août 1988.
5. KOHLER F., LEGRAS B., WEBER M., BURDIN J.C. - Computerization of antibiotic sensitivity tests carried out by the disk method. In Medical Informatics Europe 84. Bruxelles, 1984, Springer Verlag, 96-103.
6. LEGRAS B., BURDIN J.C., KOHLER F., BENAMGHAR L., LAMBERT J.P., WEBER M., MARTIN J. - Le micro-ordinateur en bactériologie. Intérêt dans l'exploitation automatique des antibiogramme en milieu hospitalier. *Path. Biol.*, 1984, *32*, 923-929.
7. LEGRAS B., KOHLER F., BURDIN J.C., WEBER M. - Saisie informatisée d'antibiogrammes obtenus de diverses façons (lecture automatique par deux systèmes différents ou réalisation manuelle par la méthode des disques), et exploitation commune sur micro-ordinateur des antibiogrammes (et de données cytobactériologiques). *Path. Biol.*, 1987, *35*, 693-698.
8. LEGRAS B., LEGRAS J., PATRIS A., FELDMANN L., BURDIN J.C. - Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie. *Spectra Biol.*, 1989, *89*, 48-52.

◆ ◆ ◆

Evaluation des infections nosocomiales à partir des examens de bactériologie. Etude rétrospective du système informatique ALERTE

LEGRAS B, BURDIN J-C, FELDMANN L, LEGRAS J, PATRIS A, BLECH M-F

Revue de Santé Publique, 1990, 6, 13-17

No 164

# Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie avec une validation des antibiogrammes et une aide à la détection des infections nosocomiales

B. LEGRAS *, J. LEGRAS * et J.-C. BURDIN **


## RÉSUMÉ

*Dans sa nouvelle version, Bactério, logiciel d'exploitation des examens de bactériologie possède les caractéristiques originales suivantes :*

*– saisie des antibiogrammes selon diverses modalités manuelles ou automatiques (ATB) ;*

*– validation de l'antibiogramme par un système expert ;*

*– exploitation orientée vers l'épidémiologie avec notamment une aide à la détection des infections nosocomiales (système Alerte).*

*Bactério fonctionne sur micro-ordinateur depuis janvier 1989 au laboratoire de bactériologie du CHRU de Nancy. Alerte est utilisé en routine depuis janvier 1990.*



## MOTS-CLÉS

*logiciel – micro-ordinateur – bactériologie – antibiogramme – validation – système-expert – infection nosocomiale.*



## SUMMARY

*Bacterio is a set of programs (written in Turbo Pascal for microcomputers IBM Pc) which allows to manage the exams of bacteriology with or without antibiotic sensitivity tests. It runs since january 1989 at the central laboratory of the university hospital of Nancy.*

*It allows to get automated antimicrobial susceptibility testing by either manual method or by automatic reading system (ATB). Beyond usual management fonctions, the software allows epidemiologic management and information feedback toward the staff medical. An help system, using rules, is used to correct some results of the antibiotic sensitivity tests.*

*Alert is a fonctionnality which helps users to show off hospital acquired infections (used from january 1990).*



## KEY-WORDS

*software – micro-computer – bacteriology – antibiotic sensitivity test – validation – expert-system – nosocomial infection.*



* *Laboratoire d'informatique médicale*
*Faculté de médecine de Nancy.*

** *Laboratoire central de bactériologie*
*C.H.R.U. de Nancy.*

*TIRÉS A PART :*
*M. le Pr B. LEGRAS*
*Faculté de médecine – B.P. 184*
*54505 VANDŒUVRE-LES-NANCY CEDEX*


**article reçu le 28 août,**
**accepté le 19 octobre 1990.**

## *Introduction*

**Bactério est un ensemble de programmes écrits en Turbo Pascal (version 5) pour micro-ordinateurs compatibles Pc. Il fonctionne au laboratoire de bactériologie du CHRU de Nancy depuis le début de l'année 1989 (1).**

**La version actuelle (octobre 1990) est très améliorée : aide au codage de certaines données (demandeur, prélèvement, germes, antibiotiques), paramétrage de l'examen direct, système-expert de validation des résultats de l'antibiogramme (4). Une fonctionnalité d'aide à la détection des infections nosocomiales (système « Alerte ») complète l'ensemble (2,3).**

**L'article insiste sur les caractéristiques originales du logiciel.**

---

# 1. Principales fonctionnalités de base

### 1. Saisie, consultation et correction des dossiers

Les enregistrements comportent les éléments suivants :

– ***Des renseignements médico-administratifs :*** numéro d'hospitalisation, numéro d'analyse, nom, prénom, sexe, date de naissance, de prélèvement et d'entrée dans l'hôpital, numéro d'unité fonctionnelle, code du demandeur, du secteur, du prélèvement. Une recherche automatique selon le numéro d'hospitalisation a lieu à la saisie, pour éviter, si possible, une nouvelle entrée de renseignements constants. Une aide au codage peut être utilisée pour le demandeur, le prélèvement, les germes et les antibiotiques. Il suffit de taper les 2 premières lettres pour obtenir les codes correspondants.

– ***Des données cytobactériologiques.*** L'examen direct comprend des informations définies par l'utilisateur qui dépendent du prélèvement. Si la culture est positive, on saisit le(s) germe(s) concerné(s) avec éventuellement le type et la numération. Quatre germes peuvent figurer (le premier indiqué correspond à l'antibiogramme).

– ***L'antibiogramme*** (optionnel). Un enregistrement peut comporter jusqu'à 35 antibiotiques : 30 ont une séquence précise (dite « couronne »), 5 supplémentaires sont au choix.

– ***Des données facultatives*** (commentaire relatif au prélèvement et commentaire général) et ***calculées*** (cotation).

– Enfin, il y a une notion de dossiers terminés (ou non) et la validation possible de certaines actions proposées par le système-expert.

### 2. Mode de saisie des antibiogrammes selon différents modes

– Entrée directe au clavier des résultats en S, I ou R.

– Entrée directe au clavier des diamètres (le programme fournit la correspondance en S, I ou R).

– Diamètres lus à l'aide du dispositif « Toucan » (Diagnostics Pasteur).

– Transfert automatique des résultats obtenus en S, I ou R par le lecteur ATP (Api).

### 3. Validation de l'antibiogramme

Des règles (adaptées aisément par l'utilisateur) sont appliquées à la fin de la saisie en fonction du germe et des antibiotiques testés. Elles conduisent à la visualisation d'un message et en option à la correction automatique du résultat d'un ou plusieurs antibiotiques. Cette expertise peut aussi s'effectuer rétrospectivement. Soulignons que l'objectif est le contrôle de l'antibiogramme et non pas l'aide à l'identification de phénotypes contrairement à d'autres systèmes (5).

### 4. Édition des dossiers

On peut éditer les résultats des antibiotiques dans l'ordre choisi par le biologiste (regroupement par famille). Comme pour la saisie, des règles peuvent être appliquées à l'édition et conduire à l'impression d'un message complémentaire.

### 5. Recherche d'un dossier à partir du nom

On indique le nom (tout ou partie) et le prénom du patient (tout ou partie) et l'on obtient la liste des dossiers concordants dans tout le fichier. Après choix, on peut visualiser ou imprimer le(s) dossier(s) sélectionné(s), soit en totalité comme pour le courrier, soit sous forme de tableau condensé. On peut ainsi regrouper tous les dossiers d'un même patient.

### 6. Édition de listes récapitulatives

De nombreux modèles de listes sont à la disposition de l'utilisateur :

– listes simples (une simple visualisation à l'écran est possible) ;

– listes triées par ordre alphabétique, par service,...

### 7. Statistiques

On peut réaliser des statistiques multiples :

– par prélèvement,

– croisées par types de prélèvement et demandeur,

– par germe, seules ou croisées par demandeur,

**FIGURE 1**

**Statistiques fournies par Alerte : nouveaux cas reçus par le laboratoire lors de la période concernée**

| | | MICROORGANISMES | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | total |
| S | MED 1 | 2 | 2 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 8 |
| E | MED 2 | 1 | | 1 | | | | 1 | | | 3 |
| R | REA 1 | 2 | | 2 | | 1 | | 3 | | | 8 |
| V | REA 2 | 1 | | | | | | | 1 | | 2 |
| I | REA 3 | | | | | | | | | | 0 |
| C | CHIR 1 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| E | CHIR 2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 3 |
| S | CHIR 3 | 2 | | | | | | 1 | | | 3 |
| | CHIR 4 | 1 | | | | | | | | 1 | 2 |
| | CHIR 5 | | | | | | | 2 | | | 2 |
| | CHIR 6 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR 7 | 1 | | | | | | 1 | | | 2 |
| | CHIR 8 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR 9 | 6 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | 10 |
| | CHIR 10 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR 11 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | total | 17 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 11 | 3 | 3 | 45 |

**FIGURE 2**

**Mise en évidence des « alertes » : augmentations « significatives »**

Résultats du test : + = $p < 5\%$ * = $p < 1\%$ X = $p < 0{,}1\%$

| | | MICROORGANISMES | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | TOTAL |
| S | MED 1 | X | X | | | | | | | | X |
| E | MED 2 | | | | | | | | | | |
| R | REA 1 | | | | | | | | | | |
| V | REA 2 | | | | | | | | | | |
| I | REA 3 | | | | | | | | | | |
| C | CHIR 1 | | | | | | | | | | |
| E | CHIR 2 | | | | | | | | | | |
| S | CHIR 3 | | | | | | | | | | |
| | CHIR 4 | | | | | | | | | | |
| | CHIR 5 | | | | | | | | | | |
| | CHIR 6 | | | | | | | | | | |
| | CHIR 7 | | | | | | | * | | | * |
| | CHIR 8 | | | | | | | | | | |
| | CHIR 9 | * | | | | | + | | | | + |
| | CHIR 10 | | | | | | | | | | |
| | CHIR 11 | | | | | | | | | | |
| | TOTAL | | | | | | | | + | + | |

Abréviations utilisées :

AUR = *Staphylococcus aureus*
STA = autres staphylocoques
KLE = *Klebsiellae*
CLO = *Enterobacter cloacae*
ENT = autres *Enterobacter*
SER = *Serratia*
PYO = pyocyanique
PSE = autres *Pseudomonas*
ACI = *Acinetobacter*

– par résultats (S, R et I) aux divers antibiotiques,

– des résistances par service et sur l'ensemble, les différences significatives étant signalées (il est évident que cette étude et la précédente n'ont de sens que si on sélectionne un germe).

## 8. Sélections

On peut sélectionner au choix un ou plusieurs de tous les paramètres. Les sélections peuvent s'appliquer aux listes, statistiques ou recopie de fichier.

FIGURE 3
**Documents fournis aux hygiénistes pour chaque alerte : histogramme d'évolution et liste des cas suspects**

CHIR 9 **Staphylocoques aureus**
Moyenne sur les 7 avant-dernières périodes = 2,0

| **Périodes** | **Effectifs** |
|---|---|
| 1 * | 1 |
| 2 * | 1 |
| 3 ** | 2 |
| 4 ** | 2 |
| 5 ***** | 5 |
| 6 ** | 2 |
| 7 * | 1 |
| 8 ****** | 6 |

Semaine du 20 02 89 au 26 02 89

| N° | Nom | Prénom | Date prel | Del | Prelevement | UF | Antibio | 11111111112222222223 1234567890 1234567890 1234567890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***** **Service de : CHIR.9 Germe : STAPHYLOCOQUE AUREUS** | | | | | | | | |
| 2329 | BON... | Andrée | 20 02 89 | 21 | LCR | 2134 | | R...S....:..SSS...S:.SSS:...S: |
| 2378 | REN... | Henri | 20 02 89 | 20 | DRAIN | 2133 | | R...S....:..SSI...S:.SSS:...S: |
| 2405 | BIL... | Olivier | 20 02 89 | 3 | CRACHAT | 2132 | | R...S....:..SSS...S:.SSS:...S: |
| 2407 | NEU... | Claude | 21 02 89 | 3 | ASP.BRONCH. | 2132 | | R...S....:..SSS...S:.SSS:...S: |
| 2410 | PAO... | Remy | 21 02 89 | 4 | ASP.BRONCH. | 2132 | | R...S....:..SSS...S:.SSS:...S: |
| 2569 | BIE... | Rosa | 22 02 89 | 10 | CATHETER | 2132 | | R...S....:..SSS...I:.SSS:...S: |

### 9. Marquage des « doublons »

Différents paramètres modifiables par l'utilisateur définissent les « doublons » : même nom, prénom et germe avec un nombre limité (ou non) de différences de type S<-->R des antibiogrammes et un délai minimal entre les prélèvements. Les « doublons » ne sont pas pris en compte dans les statistiques de résistance et dans « Alerte ».

### 10. Maintenance des fichiers

Tous les fichiers de code (demandeurs, germes, prélèvements, antibiotiques, règles d'expertise, ...) sont aisément modifiables par l'utilisateur.

## 2. Aide à la détection des infections nosocomiales

Alerte est un module optionnel qui analyse les examens avec antibiogrammes obtenus par le logiciel Bactério. L'étude porte sur les germes, les services et les prélèvements choisis par l'utilisateur. Deux programmes principaux sont utilisés.

### 1. Détection des alertes

Après marquage automatique des « doublons », le programme analyse les enregistrements sur un certain nombre de périodes et dénombre les germes « cibles » par service et par période. La durée de la période est choisie par l'utilisateur ainsi que le nombre de périodes. Le programme ne tient pas compte des « doublons » et des dossiers dont le délai entre la date d'entrée et la date de prélèvement est inférieur au seuil choisi (3 jours par exemple) pour éliminer les infections probablement non nosocomiales (lorsque la date d'entrée n'est pas indiquée, le dossier n'est pas sélectionné).

Pour chaque service et chaque germe, le programme examine s'il existe une augmentation « excessive » de germes lors de la dernière période. Les degrés de signification inférieurs à 5 % sont signalés (des signes différents distinguent les seuils de 5, 1 et 0,1 %) et attirent l'attention sur les augmentations sans doute « anormales » (« alertes »).

Le programme édite les statistiques obtenues sur la dernière semaine (et en option les autres), les moyennes sur les périodes précédentes et les « alertes » ainsi qu'un histogramme de l'évolution des effectifs du germe dans le service sur l'ensemble des périodes étudiées *(figures 1, 2 et 3)*.

## 2. Édition des dossiers « suspects »

Le programme permet d'imprimer les dossiers suspects détectés appartenant à la dernière période *(figure 3)*.

On peut ainsi connaître le nom et prénom du patient, les dates d'entrée et de prélèvement avec le délai, le secteur du service (U.F.), le prélèvement, le type de germe et l'antibiogramme (on se limite à 30 antibiotiques).

On obtient une liste globale et, en option, une liste par service (avec l'histogramme d'évolution des cas du germe au cours des périodes).

## *Conclusion*

**Bactério est un logiciel qui, outre l'aspect bureautique traditionnel, est spécialement tourné vers la statistique, l'épidémiologie et le retour d'informations. Il fonctionne sur du matériel informatique peu coûteux.**

**Alerte apporte une aide considérable aux hygiénistes en aidant à la mise en évidence des infections acquises.**

**Les logiciels sont commercialisés (des disquettes de démonstration sont proposées).**

## *BIBLIOGRAPHIE*


*1. LEGRAS B., LEGRAS J., PATRIS A., FELDMANN L., BURDIN J.C. – Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie. Spectra Biologie, 1989, **89/3** : 48-52.*

*2. LEGRAS B., PATRIS A., LEGRAS J., BURDIN J.C., FELDMANN L., WEBER M., BLECH M.F., HARTEMANN Ph. – Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie. Méd. Malad. Infec., 1989, **19** : 728-733.*

*3. LEGRAS B., FELDMANN L., BURDIN J.C., LEGRAS J., PATRIS A. – Alert : a software to help detecting hospital acquired infections from a central bacteriological data base. 1er Congrès international sur la prévention de l'infection, Nice, mai 1990.*

*4. LEGRAS B., WEBER M., LEGRAS J., BURDIN J.C., FELDMANN L. – Bactério-expert : un système intégré d'aide à la validation des antibiogrammes. Application rétrospective sur 4 053 staphylocoques. (Proposé à Pathologie et Biologie).*

*5. PEYRET M., FLANDROIS J.P., CARRET G., PICHAT C. – Lecture interprétative et contrôle de qualité de l'antibiogramme à l'aide d'un système-expert. Application à l'automate Api ATB et aux entérobactéries. Pathol. Biol., 1989, **37** : 624-628.*

Bactério : Un logiciel sur microordinateur pour la bactériologie avec une validation des antibiogrammes et une aide à la détection des infections nosocomiales

LEGRAS B, LEGRAS J, BURDIN J-C

Revue française des Laboratoires, 1991, 217, 47-51

No 165

Santé Publique 1990, 2e année, n° 6, pp 13-17

# Evaluation des infections nosocomiales à partir des examens de bactériologie Etude rétrospective du système informatique ALERTE

Legras B. (1), Burdin J.C. (2), Feldmann L. (1), Legras J. (1), Patris A. (1), Blech M.F. (3)

ALERTE est un logiciel qui fonctionne sur micro-ordinateur compatible PC. Son principe consiste essentiellement, après divers traitements informatiques, à sélectionner les nouveaux germes « suspects » pour les exploiter globalement et/ou partiellement ; dans ce dernier cas, on recherche seulement les augmentations « statistiquement significatives » de certains germes par service, en comparaison avec la moyenne des périodes précédentes. Une étude rétrospective a été réalisée sur l'année 1989. Pour environ 92 000 hospitalisations au CHRU de Nancy, on obtient 5 655 germes « suspects », isolés plus de 2 jours après l'entrée à l'hôpital, soit une incidence moyenne de 6,1 % d'infections hospitalières bactériennes documentées. En se limitant à 9 catégories principales de germes habituellement responsables des infections hospitalières, on a une moyenne de 4 « alertes » par semaine. Les variations sont grandes selon les semaines (1 à 9 « alertes ») et l'activité médicale des services. Le staphylocoque doré est le germe le plus souvent en cause.

---

ALERT is a software on Pc which helps to detect nosocomial infections from bacteriological results. It consists essentially, after several selections, to obtain new « suspects » germs and analyze them globally or partially; in this last case, for each medical unit, it looks for « statistically significant » increases of some micro-organisms during a given period, in comparison with the mean of the previous periods.
A retrospective study of ALERT was done on the year 1989. For about 92.000 hospitalizations at the University Hospital of Nancy, one obtained 5.655 « suspects » germs, received more than two days after the admission of the patients (mean incidence = 6,1 %). The study concerned only 9 main species, generally responsible for nosocomial infections, and lead to a mean of 4 « alerts » per week. The range is high between the weeks (1 to 9 « alerts ») and the medical activity of the units. Staphylococcus aureus is the most frequent responsible germ.

**Mots-clés :**
Enquête rétrospective, Evaluation, Maladie iatrogène, Information médicale, Bactériologie, Infection hospitalière, Aide à la décision, Laboratoire.

La surveillance des infections hospitalières doit être une préoccupation majeure dans l'hôpital mais chacun sait qu'en France, la déclaration « obligatoire » est rarement effectuée. Lorsqu'un établissement hospitalier dispose d'un laboratoire central de bactériologie, celui-ci possède des renseignements précieux constitués par les germes isolés mais il faut disposer d'un outil informatique apte à gérer ces résultats dans une optique épidémiologique.

ALERTE est un logiciel original d'analyse du fichier des examens bactériologiques dont

(1) Service d'Informatique Médicale, Hôpital Central, 29, Avenue Maréchal de-Lattre-de-Tassigny, 54000 Nancy
(2) Laboratoire de Bactériologie, Hôpital Central, Nancy
(3) Service d'hygiène, Hôpital de Brabois, Vandœuvre

l'objectif est de sélectionner et d'analyser les germes pouvant être responsables d'infections nosocomiales (4). Le système qui fonctionne prospectivement en routine depuis janvier 1990, a été évalué rétrospectivement sur l'année 1989 et l'article présente les résultats de cette étude.

## MATÉRIEL

Le Laboratoire Central de Bactériologie du CHRU de Nancy reçoit tous les prélèvements effectués dans l'hopital (environ 100 000 par an). Lorsqu'un germe est isolé, il fait l'objet d'un antibiogramme s'il est en principe impliqué dans un processus infectieux (voir méthodes). L'antibiogramme est réalisé, soit par méthode manuelle, soit à l'aide d'un automate. Les examens sont saisis et exploités à l'aide d'un logiciel mis au point également par les auteurs (3). ALERTE est un ensemble de programmes écrits en Turbo Pascal pour micro-ordinateurs compatibles PC qui analysent le fichier général des examens bactériologiques.

Dans le laboratoire, le fichier global des examens avec antibiogrammes regroupe des fichiers partiels constitués au niveau de quatre micro-ordinateurs : 3 sont connectés à des lecteurs automatiques d'antibiogramme (ABAC et API), le quatrième sert aux examens manuels (il est possible d'employer un « compas » informatisé pour saisir et transférer les diamètres d'inhibition).

## MÉTHODES

Elles ont pour but de constituer un fichier des germes « suspects » et de l'analyser de diverses façons.

### 1) Constitution du fichier des germes « suspects »

Diverses sélections sont réalisées par programme :

– Une première sélection ne retient que les germes avec antibiogramme. Ce choix un peu arbitraire est opéré par le biologiste en fonction du type de prélèvement, des résultats de l'examen direct (présence de leucocytes) et éventuellement du dénombrement du germe en cause (comme c'est le cas pour les urocultures ou les examens respiratoires).

– Le fichier ne doit pas comprendre de « doublons ». Ainsi pour un patient donné, un germe déterminé n'est compté qu'une seule fois, même si celui-ci a été isolé dans différents prélèvements (par exemple hémoculture et uroculture) durant un intervalle défini. De plus, pour chaque germe, le profil de l'antibiogramme est pris en compte : quand plusieurs souches sont isolées, on conclut à des germes différents lorsqu'il existe une (ou plusieurs) différences importantes pour un antibiotique (par exemple la souche passant de sensible à résistante ou inversement, alors que le passage de sensible à intermédiaire ou d'intermédiaire à résistant, n'est pas considéré comme significatif).

– Ne sont comptabilisés que les isolements survenus après une durée choisie d'hospitalisation. L'absence de date d'hospitalisation entraîne l'exclusion du dossier.

– Quelques prélèvements particuliers ont été supprimés, par exemple les examens systématiques effectués pour contrôler l'efficacité d'une décontamination digestive.

### 2) Analyse des germes « suspects »

L'analyse peut être réalisée selon deux façons différentes et complémentaires :

– soit l'on s'intéresse à tous les cas appartenant à la période étudiée

– soit l'on recherche les augmentations « significatives » qui constituent les « alertes ».

Dans la première option, l'exploitation simple se limite à imprimer les dossiers par service et par germe.

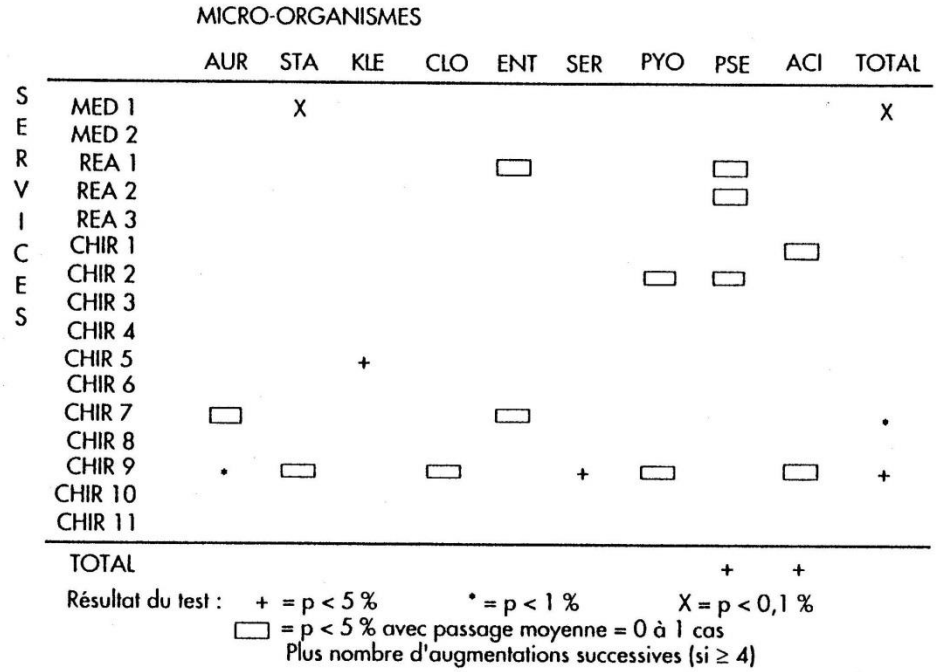
Dans la seconde modalité, il faut réaliser une comparaison au cours du temps et utiliser des tests statistiques pour affirmer l'augmentation. Les dossiers sélectionnés seront, comme précédemment, imprimés avec les éléments jugés intéressants : le nom et prénom du patient, les dates d'entrée et de prélèvement avec le délai entre elles, l'unité fonctionnelle dans le service, le prélèvement, le type du germe et l'antibiogramme (ainsi qu'une indication pour les germes très résistants).

### 3) Détection des « alertes »

Pour chaque service et chaque germe, on détermine s'il existe une augmentation « statistiquement significative » du nombre de cas lors de la dernière période en comparant avec la moyenne obtenue lors des périodes précédentes. Selon les nombres, on se ramène à une loi de Poisson ou une loi normale.

Le programme édite les effectifs obtenus pour la dernière semaine, les moyennes sur

**Figure 1** : Recherche d'une augmentation significative de nouveaux cas




les périodes précédentes et les alertes correspondant à des probabilités du test inférieures à 5 %, 1 % ou 1 ‰ (fig. 1) ainsi qu'un histogramme de l'évolution des effectifs du germe dans le service sur l'ensemble des périodes étudiées.

On considère comme « limites » les alertes caractérisées par l'existence d'un seul cas et son absence complète durant toutes les périodes précédentes. Celles-ci sont repérées par un caractère particulier, l'histogramme n'est pas imprimé de même que le dossier correspondant.

## RÉSULTATS DE L'ÉTUDE RÉTROSPECTIVE

### 1) Caractéristiques générales

ALERTE a été testé rétrospectivement sur le fichier des examens avec antibiogrammes de l'année 1989. Les examens ne provenant pas de l'hôpital ont été éliminés et nous nous sommes limités à 9 catégories de « germes cibles » : staphylocoque doré, autres staphylocoques, klebsielle, enterobacter cloacae, autres enterobacter, serratia, pyocyanique, autres pseudomonas et acinetobacter. Compte tenu d'une proportion non négligeable d'environ 10 % de dossiers sans date d'entrée pouvant fausser les résultats, nous avons récupéré cette information à partir de la base informatique administrative et complété les enregistrements.

Nous avons choisi des périodes d'une semaine et un recul de 10 semaines. Le délai entre la date d'hospitalisation et la date de prélèvement a été fixé à 3 jours, seuil habituel dans la définition des infections nosocomiales. Le délai maximal entre deux prélèvements pour définir un doublon a été pris égal à 70 jours. Enfin, une seule différence du type sensible-résistant conduisait à distinguer les germes.

### 2) Etude des germes « suspects »

Le fichier de départ comprenait 12 169 antibiogrammes d'origine hospitalière. Après élimination des « doublons » et des prélèvements réalisés durant les deux premiers jours, on a abouti à 5 655 germes « suspects » correspondant à 3 469 patients différents et 92 000 hospitalisations, soit une incidence d'environ 6,1 germes « suspects » pour 100 hospitalisations.

Les espèces les plus fréquentes sont : le staphylocoque doré (19 %), E. Coli (19 %), le pyocyanique (11 %), les autres staphylocoques (9 %), les proteus (6 %), les klebsielles (5 %).

### 3) Comparaison inter-services des germes « suspects »

Pour comparer les services entre eux, il faut tenir compte de l'activité médicale. Celle-ci peut être caractérisée par le nombre total

| Catégorie des services | Nb services | Germes « suspects » / 1000 j | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Moyenne | Minimum | Maximum |
| Médecine sans soins intensifs | 15 | 4,5 | 1,0 | 8,8 |
| Médecine avec soins intensifs | 4 | 7,9 | 3,1 | 12,3 |
| Médecine avec réanimation | 8 | 12,8 | 3,0 | 39,7 |
| Chirurgie « propre » | 5 | 5,0 | 0,8 | 12,9 |
| Chirurgie « intermédiaire » | 8 | 11,7 | 4,2 | 20,8 |
| Chirurgie « septique » | 2 | 14,3 | 13,3 | 15,2 |
| Réanimation | 2 | 24,7 | 15,6 | 33,8 |

**Tableau I** : Statistiques des germes « suspects » rapportées au type de service et à l'activité

d'hospitalisations dans l'année mais la durée de séjour moyenne varie beaucoup d'un service à l'autre et nous avons préféré comme indicateur le nombre total de journées d'hospitalisations. L'incidence a donc été définie par le nombre de germes « suspects » du service rapportée à 1 000 journées d'hospitalisation. Ces informations ont été obtenues à partir des statistiques administratives. On constate des différences notables selon les services : des valeurs basses (< 5) sont rencontrées dans 20 services ; dans 10 autres, on rencontre une incidence moyenne (comprise entre 5 et 10) ; les 14 derniers dépassent 10 (dont 3 au-delà de 20). La moyenne sur l'établissement est de 9,3.

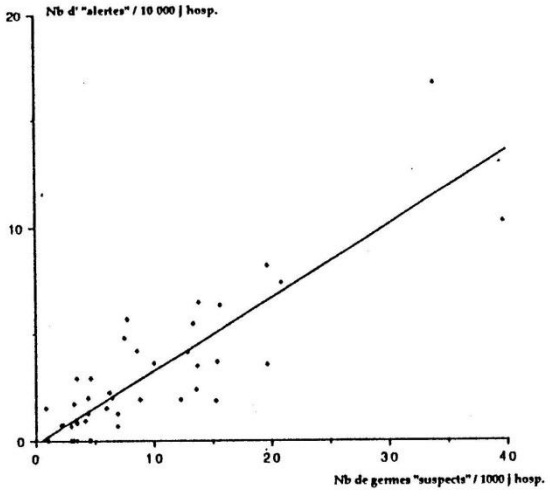
Le tableau I regroupe les résultats en distinguant plusieurs catégories de service : en médecine, on a fait intervenir l'existence ou non de soins intensifs ou de réanimation ; en chirurgie on a classé selon le type habituel d'intervention : « propre » (chirurgie orthopédique par exemple), « septique » (chirurgie viscérale par exemple) et « intermédiaire ». Il apparaît de nettes différences entre ces groupes avec une incidence maximale dans la catégorie « réanimation ».

### 4) Etude des « alertes »

Le recueil des examens de bactériologie utilisant le nouveau logiciel n'ayant débuté qu'au 1er janvier 1989, l'étude des alertes n'a commencé qu'au dimanche 5 mars 89, afin d'obtenir un recul identique de 10 semaines pour chaque analyse. L'étude a donc porté seulement sur 42 semaines. Le fichier correspondant comprenait 2 542 germes « suspects ».

On a dénombré 318 alertes « limites » qui ne seront pas comptabilisées dans la suite des statistiques. Seules 168 alertes ont été prises en compte. Parmi elles, 93 correspondent à un seuil de significativité du test inférieur à 1 % (dont 40 avec une valeur inférieure à 0,1 %). De grandes différences existent selon les semaines (1 à 9 alertes, moyenne = 4) ; de même, pour les services (0 à 14 - aucune pour 7 services). On note une très bonne corrélation (coefficient de corrélation linéaire = 0,86) entre les « alertes » et les germes « suspects » (fig. 2).

**Figure 2** : Corrélation entre les « alertes » et les germes « suspects »




## COMMENTAIRES

L'infection hospitalière acquise constitue un problème important de santé publique par sa fréquence et son retentissement humain et économique (5). En France, il y a peu de statistiques. Aux USA, une étude nationale a montré que 3 à 5 % des malades hospitalisés contractent une infection nosocomiale (1) mais les taux sont nettement plus élevés

dans certaines circonstances (post-opératoires,..) (6).

L'étude rétrospective réalisée au CHRU de Nancy en 1989 conduit à une fréquence moyenne de 6,1 germes « suspects » pour 100 hospitalisations. Toutefois, l'intérêt principal de ce système réside dans la mise en évidence de services à incidence élevée. Dans ces services à risque où existe un taux d'infection permanent, apparaissent des « pics » difficiles à appréhender mais que le système ALERTE peut repérer rapidement.

Cependant, le système ne se conçoit que comme une aide et les informations doivent être interprétées puis contrôlées par des spécialistes. En effet, toutes les infections nosocomiales ne font pas l'objet d'un prélèvement, le laboratoire ne dispose pas des informations cliniques indispensables pour différencier infection et colonisation (2). Par contre, la date d'entrée à l'hôpital comparée à la date du premier prélèvement mettant en évidence le germe constitue un élément fondamental en faveur ou non du caractère nosocomial d'une infection. Il en découle que si cette information manque parfois, le système ALERTE devient sans valeur.

L'étude présentée ne permet pas encore d'évaluer suffisamment la validité du système. Il conviendra d'optimiser les paramètres (durée de la période, nombre de périodes) et de choisir les seuils de significativité : 5 % constitue un seuil peut-être trop élevé pour des comparaisons multiples. Il est possible que seules les alertes « franches » à 1 % et moins présentent un intérêt pratique. De même, pour les comparaisons des antibiogrammes, peut-être conviendrait-il de prendre en compte plus d'une différence. Enfin, l'étude pourrait être élargie à d'autres espèces bactériennes (proteus, par exemple). Des études complémentaires sont menées actuellement en confrontant les résultats obtenus avec les données des dossiers médicaux.

## CONCLUSION

L'outil informatique mis au point en est à la phase initiale et sera certainement amélioré en collaboration avec les responsables des problèmes infectieux. Toutefois, il apparaît dès maintenant comme très utile pour une meilleure connaissance des infections hospitalières et une détection des « bouffées épidémiques » ; il devrait permettre des interventions plus rapides des responsables de l'hygiène.

Au Centre hospitalier de Nancy, son utilisation en routine a été décidée par la Commission de Lutte contre les Infections nosocomiales (CLIN) et a débuté effectivement en janvier 1990. Une étude prospective d'évaluation est en cours.

## Bibliographie


1. Allen JR, Hightower AW, Martin SM, Dixon RE. Secular trends in nosocomial infections: 1970-1979. Am J Med 1981;70:389-392.

2. Jarlier V. Surveillance et contrôle des infections acquises à l'hôpital. Pourquoi et comment surveiller les microorganismes isolés à l'hôpital et leur sensibilité aux antibiotiques ? Editions PJL, 1988.

3. Legras B, Legras J, Patris A, Feldmann L, Burdin JC. Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie. Spectra Biol 1989;89:48-52.

4. Legras B, Legras J, Patris A, Feldmann L, Burdin JC. Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie. Med et Mal Inf 1989;19:728-733.

5. Tasseau F, Baron D. Infections nosocomiales. Dans Santé Publique - Edition Ellipses, 1989;478-492.

6. Wenzel RP, Osterman CA, Dowwowitz LG et al. Identification of procedure-related nosocomial infections in high-risk patients. Rev Infect dis1981;3:701-707.

Informatisation globale par microordinateurs du laboratoire de microbiologie du CHRU de Nancy

LEGRAS B, LAMBERT J-P, CATELLE A, BARTHEL D, DAILLOUX M, GEORGES J-C

Spectra Biologie, 1991, 91, 53-55

No 166

# Informatisation globale par microordinateurs du laboratoire de microbiologie

## Orientation virologique du CHRU de Nancy

LEGRAS B *, LAMBERT J.-P. *, CATELLE A **, BARTHEL D. **,
DAILLOUX M **, GEORGES J.-C. **

RESUME

L'informatisation globale du laboratoire central de microbiologie du CHRU de Nancy (orienté principalement vers la virologie) a été réalisée de façon progressive, sur quatre ans, par secteur, à l'aide de programmes spécifiques, bien que proches, développés en langage Dbase 3 + et implantés sur des microordinateurs compatibles PC. Six programmes distincts sont opérationnels et concernent les hépatites, les chlamydiae, les mycobactéries, la sérologie virale sauf les hépatites, l'identification des virus et l'immunologie générale. Les logiciels ont été mis au point en collaboration étroite avec les utilisateurs et améliorés jusqu'à les satisfaire pleinement. L'adaptation pour d'autres laboratoires est relativement aisée. Le soulagement des tâches bureautiques et le gain en efficacité (exploitation statistique...) sont considérables.

**Mots clés : Microordinateur, laboratoire, microbiologie, virologie, informatique.**

*SUMMARY*

*The general computerization of the central laboratory of microbiology at the Teaching Hospital of Nancy (mainly orientated on virology) was realized step day step, over 4 years, by main fields, with specific programs, writen in Dbase3 + language. It was implemented on PC compatible micro computer. Six different programs are operational and concerus hepatitis, chlamydiae, mycobacteriae, viral serology except hepatitis, virus identification and general immunology. The software were set up, with an important participation of the users and improved in order to satisfy them completely. The adaptation for other laboratories is relatively easy. The relief in bureautic tasks and the increase in effectiveness (statistic analysis...) are significant.*

***Key words : Microcomputer, laboratory, microbiology, virology, informatics.***

* Service d'informatique médicale,
Hôpital Marin, CHRU de Nancy
av. du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny,
54037 Nancy Cedex.
Tél. : 83.85.21.63
** Laboratoire central de Microbiologie,
Hôpital de Brabois, CHRU de Nancy,
rue du Morvan
54511 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex.
Tél. : 83.88.81.20

## Introduction

La microbiologie est un domaine où les techniques sont encore peu automatisées et qui est faiblement informatisé. Les moyens mis en œuvre font appel le plus souvent à des miniordinateurs et sont souvent tournés vers des applications de gestion.

Le laboratoire de microbiologie du CHRU de Nancy comprend quatre secteurs relativement indépendants (tableau I) dont les médecins responsables ont pu acquérir progressivement depuis 1986 des microordinateurs en vue d'exploiter les résultats de leurs examens. Cette informatisation légère et décentralisée, échelonnée dans le temps, a conduit à la mise au point de logiciels indépendants mais utilisant le même outil de programmation et facilement transportables (4).

**Tableau I**
**Activité des différents secteurs du laboratoire**

**Secteur 1 : hépatites et divers**

— Sérologie des hépatites : environ 10 000 sérums/an (1 à 7 examens par sérum) ;
— Identification des enterovirus et sérologie : environ 1 000 examens/an ;
— Examens de cytologie urinaire+VS+LCR : environ 12000/an ;
— Mycoplasmes : environ 4 000 examens/an ;
— Rickettsies : environ 1 000 examens/an.

**Secteur 2 : chlamydiae et mycobactéries**

— Chlamydiae : environ 4 000 sérums/an (1 examen/sérum) et 1 000 recherches/an (1 à 3 examens/prélèvement) ;
— Mycobactéries : environ 10 000 prélèvements/an (2 examens/prélèvements).

**Secteur 3 : virologie**

— Sérologie virologique (sauf hépatites) : environ 12 000 sérums/an (jusqu'à 77 examens différents) ;
— Isolement et identification (sauf entérovirus) : environ 6 000 examens/an.

**Secteur 4 : immunologie**

— Examens de la PR : environ 2 500 sérums/an ;
— Examens du complément (et associés) : environ 5 000 sérums/an ;
— Tests de la mononucléose : environ 2 000/an ;
— Recherche d'anticorps antinucléaires par immunofluorescence : environ 2 000/an.

## Historique du développement des programmes

Tous les programmes actuels sont écrits en macro-langage Dbase 3+. Le plus ancien (programme 1) est celui des hépatites (2). Ecrit initialement en Dbase 2 et implanté sur Apple 2e en 85, il a été transcrit en Dbase 3+ et fonctionne sur compatible IBM PC depuis janvier 88. Des modifications réduites ont été apportées à cette occasion : détermination automatique de la cotation et introduction du numéro d'hospitalisation du malade (numéro sigma) pour transférer ces informations à l'administration et éviter une saisie en double (dans un proche futur). Ces caractéristiques à visée administrative, font partie maintenant de tous les logiciels.

En 1986, a été mis au point les logiciels des chlamydiae et des mycobactéries (programmes 2 et 3) (1). Contrairement au précédent, chaque enregistrement peut comprendre 3 examens au cours du temps (on ouvre un nouvel enregistrement au-delà).

En 1987 et 1988, nous avons développé le logiciel des sérologies virales (programme 4) ; il concerne 77 tests (autres que ceux de l'hépatite) et sa structure est plus complexe que celles des précédents : fichier des patients connecté à celui des examens (pour chaque sujet, ils sont limités seulement par les possibilités de stockage), fichier de travail avec mise en archive quand tous les examens sont achevés, recherches élaborées selon les noms, les numéros de sérum... etc.

Une version assez voisine a été créée pour les identifications de virus (programme 5).

Le sixième programme mis au point en 1989 concerne des examens immunologiques généraux autres que ceux de l'hépatite. Le programme voisin du numéro 4, permet d'entrer des données sous forme de code ainsi que des valeurs numériques.

Pour accélérer la vitesse d'exécution, nous avons compilé tous ces programmes en 1990 après l'achat du compilateur « Clipper ».

## Fonctions remplies par les programmes

Tous les programmes utilisent des structures de menu hiérarchiques permettant d'accéder aux différentes fonctions habituelles qu'il est inutile de détailler : entrée des examens à faire, saisie des résultats, corrections, édition des listes récapitulatives et du courrier, statistiques, cotation (3). Les validations sont nombreuses pour éviter les erreurs de codage. Les recherches d'antériorité ont lieu sur le nom et le prénom et parfois le numéro de prélèvement (logiciels 4-5 et 6). Les listes sont plus ou moins complètes : c'est ainsi que, pour permettre les comparaisons, la liste des examens à faire de sérologie comprend les résultats des derniers examens (3 au maximum).

## Commentaires et conclusion

Dbase est un outil puissant de gestion de base de données relationnelles, très répandu, fonctionnant sur microordinateur. Il permet d'écrire des programmes

complexes plus rapidement qu'avec les langages traditionnels (pascal...) car il utilise des macro-commandes. Les programmes sont aisément transportables sur les très nombreuses machines supportant Dbase et ils sont facilement modifiables pour d'autres laboratoires ou des réalisations voisines.

Pour procurer satisfaction aux utilisateurs, les concepteurs des programmes ont attaché un soin tout particulier à l'ergonomie et à la convivialité des programmes. Des menus clairs guident le technicien et la notice d'emploi s'est révélée inutile. Il s'est avéré qu'en pratique, l'adaptation a été toujours fort rapide.

L'expérience de plusieurs années des applications médicales nous a montré que, pour être parfaitement adaptée aux leçons de travailler de toute l'équipe, la version définitive du programme est en général fort éloignée de la première mouture. La microinformatique et des logiciels tels que Dbase se prêtent bien aux multiples et longs ajustements.

La réalisation décrite, peu coûteuse en matériel, bâtie autour de microordinateurs monopostes ne peut pas se comparer à un système informatique intégré. Elle se traduit actuellement par une indépendance des différents fichiers (la constitution d'un réseau est envisagée à moyen terme). On ne peut pas interroger ou alimenter une base commune de résultats.

Ces limitations semblent peu génantes aux différentes équipes, relativement autonomes, qui ont, par contre, un outil informatique souple et « sur mesure ».

Il est inutile de s'appesantir sur les considérables avantages obtenus par une informatisation bien adaptée : gain de temps, suppression des recopies et des documents papiers, courrier automatique, fourniture de bilans d'activité et de statistiques irréalisables précédemment... etc. (3).

Les logiciels n'ont qu'une vie très limitée ; ce qui est essentiel, ce sont les informations qui doivent pouvoir être récupérées, c'est ainsi qu'en juin 1990, le logiciel des sérologies virales a été remplacé par de nouveaux programmes permettant notamment le transfert automatique des informations d'appareils de lecture automatique (Beecham). La base de données constituée précédemment a été transférée et demeure exploitable par le système actuel qui s'est inspiré de la réalisation antérieure.

Soulignons enfin que l'expérience acquise par les différentes équipes, facilitera grandement les choix informatiques ultérieurs.

## Références bibliographiques

1. — HENRY C., LAMBERT J.-P., LEGRAS B., DAILLOUX M. — Exploitation d'un fichier dBase III en bactériologie : application aux chlamydiae. Journées Nationales de Microbiologie. Le Touquet, 1987.

2. — LEGRAS B., KOHLER F. — Utilisation d'un progiciel dans un service de microbiologie pour la gestion d'examens de laboratoire. Applications aux tests immunologiques des hépatites virales A, B, nA-nB. Revue Française des Laboratoires, 1985, 142, 108-111.

3. — LEGRAS B., KOHLER F. — Le microordinateur dans les laboratoires hospitaliers. Quelques réflexions à propos de sept réalisations au CHRU de Nancy. Revue Française des Laboratoires, 1987, 157, 17-21.

4. — LEGRAS B., LAMBERT J.-P., BARTHEL D., CATELLE A., DAILLOUX M., GEORGES J.-C., HENRY C. — Informatisation globale par microordinateurs d'un laboratoire de microbiologie du CHRU de Nancy. Deuxièmes journées de la Société Française d'Informatique de Laboratoire. Vittel. 1989.

* * *

Bactério-Expert : Un système intégré d'aide à la validation des antibiogrammes. Application rétrospective sur 4053 staphylocoques

LEGRAS B, WEBER M, LEGRAS J, BURDIN J-C, FELDMANN L

Pathologie et Biologie, 1991, 39, 290-292

No 167

# BACTÉRIO-EXPERT : UN SYSTÈME INTÉGRÉ D'AIDE À LA VALIDATION DES ANTIBIOGRAMMES

## Application rétrospective sur 4 053 staphylocoques

B. LEGRAS[1], M. WEBER[2], J. LEGRAS[1], J.C. BURDIN[2], L. FELDMANN[1]

LEGRAS B., WEBER M., LEGRAS J., BURDIN J.C., FELDMANN L. – Bactério-expert : un système intégré d'aide à la validation des antibiogrammes. Application rétrospective sur 4 053 staphylocoques.
**Path Biol,** 1991, **39,** n° 4, 290-292.

RÉSUMÉ : Bactério-expert est un système simple d'aide à la validation des antibiogrammes intégré aux programmes de saisie et d'édition des examens de bactériologie (logiciel Bactério écrit en Turbo-Pascal pour micro-ordinateur compatible Pc par les mêmes auteurs). Les principes sont exposés ainsi que les résultats de l'expertise de 4 053 antibiogrammes pour des *Staphylococcus aureus*. La fréquence de correction des dossiers est de l'ordre de 10 %.

MOTS-CLÉS : Antibiogrammes. – Système expert. – Micro-ordinateur. – Bactériologie. – Validation.

LEGRAS B., WEBER M., LEGRAS J., BURDIN J.C., FELDMANN L. – Bacterio-expert : an integrated expert system for assisting in the validation of antibiotic sensitivity testing. Retrospective study in 4 053 *Staphylococcus* isolates. *(In French).*
**Path Biol,** 1991, **39,** n° 4, 290-292.

SUMMARY : Bacterio-expert is a simple expert system for assisting in the validation of antibiotic sensitivity testing. This system is incorporated in a data acquisition and editing program for bacteriologic test (Bactero program written in Turbo-Pascal for personal computer users by the same authors). The principles of this system are explained and results with 4.053 antibiotic sensitivity tests on *Staphycococcus aureus* isolates are reported. Approximately 10 % of tests required corrections.

KEY-WORDS : Antibiotic sensitivity tests. – Expert system. – Personal computer. – Bacteriology. – Validation.

## INTRODUCTION

La validation des résultats des antibiogrammes constitue une démarche complexe qui peut être facilitée par un outil informatique et des travaux récents portent sur la lecture interprétative de l'antibiogramme à partir de techniques statistiques multifactorielles [1, 7] et ont abouti à la mise au point de systèmes experts [2, 4, 8].

Ces programmes d'expertise peuvent être indépendants [4, 8] ou intégrés dans les logiciels de lecture automatique des antibiogrammes, tel ATB plus (API system).

Le logiciel Bactério, utilisé dans le laboratoire de bactériologie de CHRU de Nancy depuis janvier 1989, ne possédait pas cette fonctionnalité essentielle, à sa mise en route. La nouvelle version (mars 1990) comporte désormais un système expert simple et rapide d'aide à la validation que nous présentons dans cet article. Le laboratoire utilisant des méthodes semi-automatisées (ATB et ABAC) et manuelles de diffusion en gélose, la validation se fait à partir des interprétations en sensible, intermédiaire et résistant.

Soulignons que Bactério-expert a pour objectif le contrôle de l'antibiogramme et non pas l'aide à l'identification de phénotypes, contrairement à d'autres systèmes experts et notamment ceux développés par l'équipe du P[r] Flandrois [2].

1. *Laboratoire d'Informatique Médicale, Faculté de Médecine de Nancy,*
2. *Laboratoire de Bactériologie,*
*Hôpital Central, 29, avenue du Maréchal de Lattre-de-Tassigny, 54000 NANCY (France).*

**Manuscrit reçu à la Rédaction le 3 septembre 1990. Accepté le 14 janvier 1991.**

## MATÉRIEL

Nous rappellerons brièvement quelques caractéristiques du logiciel Bactério, mis au point par les mêmes auteurs, et décrit dans d'autres publications [5].

Pour chaque enregistrement, la saisie comporte des renseignements généraux essentiellement administratifs (numéro d'hospitalisation, nom, prénom, sexe, date de naissance, date de prélèvement et date d'entrée dans l'hôpital, unité fonctionnelle, demandeur, secteur), le prélèvement des données cyto-bactériologiques, des germes (avec leur type et leur dénombrement éventuels), un antibiogramme (jusqu'à 35 antibiotiques : 30 selon une séquence définie, 5 au choix) et deux zones de commentaire.

Le programme permet d'obtenir les antibiogrammes selon 5 modes différents :

– entrée directe au clavier des résultats en sensible (S), intermédiaire (I), résistant (R) ;
– entrée directe au clavier des diamètres (le programme fournit la correspondance en S, I ou R) ;
– transfert automatique des diamètres lus à l'aide du dispositif « Toucan » (Diagnostics Pasteur) ;
– transfert automatique des résultats obtenus en S, I ou R par le lecteur ATB (Api) ;
– transfert automatique des résultats obtenus en S, I ou R par le lecteur ABAC.

Tous les programmes (saisie, édition, statistiques, aide à la recherche des infections nosocomiales...) sont écrits en Turbo-Pascal (Borland Inc.) et fonctionnent sur micro-ordinateurs compatibles Pc.

## MÉTHODE

### Rappels sur les systèmes experts

Un système expert est un programme informatique qui modélise le comportement d'un expert humain pour résoudre un certain type de problème. Il doit être formé de deux parties indépendantes : une base de connaissances et un interpréteur (ou moteur d'inférence). Le plus fréquemment, les connaissances sont exprimées sous la forme simple de règles du type « si (prémisse) alors (action) ». Bactério-expert possède ces caractéristiques minimales et peut donc être rangé dans la catégorie des systèmes experts.

### Principes des règles

Chaque règle se rapporte à un ou plusieurs germes.

Elle comprend une liste de conditions relatives aux antibiotiques et leurs résultats (S, I, , S ou I, I ou R).

Elle aboutit à une action : soit l'apparition d'un message, soit la proposition de changement de la sensibilité d'un (ou plusieurs) antibiotique(s).

On distingue les règles pour la saisie et celles pour l'édition. Dans ce dernnier cas, l'action se résume à l'édition d'un texte à la fin du dossier.

### Écriture des règles

On utilise un langage simple pour constituer le fichier des règles, c'est-à-dire la base de connaissances. A titre d'exemple, on écrira :

g : 1,3 si a5 = R et a9 = R et a10 = I/S alors Fr(10)

Ceci signifie : pour les germes de code 1 et 3 (staphylocoques *aureus* et *epidermidis*), si les antibiotiques de code 5 (oxacilline) et 9 (gentamicine) sont résistants et le 10 (tobramycine) intermédiaire ou sensible, alors le système propose de mettre à R la tobramycine.

Un programme contrôle l'écriture des règles, édite en clair les informations essentielles et constitue des fichiers de codes directement exploitables à chaque expertise par le moteur d'inférence.

### Expertise

On peut analyser rétrospectivement un fichier déjà constitué et éditer les dossiers pour lesquels une règle au moins a été efficace, accompagnés d'explications (actions entreprises) et éventuellement l'antibiogramme correspondant. Des statistiques fournissent les fréquences d'activation de chaque règle.

En pratique, l'utilisation de base est de contrôler les résultats à la saisie et d'éditer des messages explicatifs à l'édition.

A la saisie, l'expertise est totalement transparente à l'utilisateur quand aucune règle n'est efficace. Dans le cas contraire, instantanément dès la fin de la lecture, apparaît l'ensemble des résultats de l'antibiogramme complété, en bas de l'écran :

– soit par un message,
– soit par la proposition de modification de résultat ; celle-ci peut être réalisée automatiquement.

## RÉSULTATS

A la date du 1er mars 1990, la base de connaissances concernant les seuils staphylocoques comprend seulement 12 règles pour la saisie et aucune pour l'édition (tableau I) : cinq proposent la modification de l'antibiogramme, les autres demandent de vérifier l'identification ou la réponse d'un antibiotique. Les règles ont été établies à partir des recommandations du Comité Français de l'antibiogramme sur la base des connaissances contenues dans les ouvrages de référence [3, 6] et adaptées en fonction de la méthodologie étudiée et des molécules testées.

TABLEAU I. – **Règles concernant les staphylocoques actuellement utilisées pour la saisie (juin 90).**

TABLE I. – Rules for *Staphylococcus* currently used for data acquisition (june 90).

| | |
|---|---|
| **Germes :** staph. *aureus*, staph. épi, staph. sapro., staph. coag.,staph. en cours d'identification. | |
| Règle 1 : | si penicilline G = S, alors M : penicilline sensible - vérifier bêtalactamase. |
| Règle 2 : | si penicilline G = I/R alors MAR de penicilline G, ampicilline, carbenicilline, mezlocilline, azlocilline, piperacilline, amoxicilline, |
| Règle 3 : | si oxacilline = R alors MAR de amoxycilline + acide clavulanique, cephalosporine 1re génération, cefamandole, cefoxitine, latamoxef, cefmenoxine, cefotaxime, cefoperazone, ceftriaxone, ceftazidime, cefotiam, ceftizoxime, ticarcilline + acide clavulanique, cefuroxime, cefotetan. |
| Règle 4 : | si oxacilline = R et gentamicine = S, alors M : vérifier résistance oxacilline. |
| Règle 5 : | si oxacilline = S et gentamicine = R, alors M : vérifier sensibilité oxacilline. |
| Règle 6 : | si oxacilline = R et gentamicine = R et tobramycine = I ou S alors MAR de tobramycine. |
| Règle 7 : | si gentamicine = R alors MAR de tobramycine, amikacine, netilmicine. |
| Règle 8 : | si pristinamycine = I/R alors M : vérifier souche pure ? |
| Règle 9 : | si vancomycine = I/R alors M : vérifier obligatoirement la vancomycine. |
| Règle 10 : | pefloxacine = R, alors MAR de ofloxacine. |
| Règle 11 : | si oxacilline = S et pefloxacine = R, alors M : vérifier sensibilité oxacilline. |
| **Germe :** staph. sapro. | |
| Règle 12 : | si fosfomycine = S alors M : fosfomycine sensible - vérifier identification. |

M = édition d'un message ; MAR = mise A R du résultat de l'antibiotique ; I/R = I ou R.

TABLEAU II. – **Résultats statistiques obtenus à partir d'un fichier de 4 053 staphylocoques pour les règles destinées à une correction d'un (ou plusieurs) résultat(s) de l'antibiogramme.**

TABLE II. – Statistical results of a study of rules used to correct antibiotic sensitivity testing result(s) in 4 053 *Staphylococcus* strains.

| N° de règle | Déclenchement | Correction | % |
|---|---|---|---|
| 2 | 3 662 | 28 | 8,7 |
| 3 | 1 158 | 2 | 0,2 |
| 6 | 4 | 4 | 100 |
| 7 | 1 220 | 358 | 29,3 |
| 10 | 1 019 | 62 | 6,1 |
| Total | 7 063 | 757 | 10,7 |

TABLEAU III. – **Résultats statistiques pour les différents antibiotiques concernés par les règles (nombre de passages S à R et I à R).**

TABLE III. – Statistical results for the various antibiotics for which corrections occurred (number of changes from S to R and I to R).

| Antibiotiques | S → R | I → R | S + I → R |
|---|---|---|---|
| Penicilline G | 0/372 | 18/19 | 18/391 |
| Tobramycine | 3/2657 | 4/39 | 7/2696 |
| Amikacine | 18/2539 | 316/508 | 334/3047 |
| Ofloxacine | 75/2676 | 38/62 | 113/2738 |

Les règles ont été appliquées rétrospectivement à 4 053 dossiers d'antibiogrammes réalisés en 1989 et au premier semestre 1990 pour des staphylocoques dorés. On peut ainsi apprécier, pour chacune, la fréquence de declenchement et de correction (tableau II). Il apparaît que, globalemment, environ 10 % des antibiogrammes devraient être corrigés.

Pour les quatre antibiotiques les plus souvent concernés par des changements (tableau III), les corrections (S + I devenant R) sont de 11 % pour l'amikacine, 4,6 % pour la pénicilline G, 4,2 % pour l'ofloxacine et 0,3 % pour la tobramycine.

Il faut signaler que, jusqu'à une date récente, les corrections étaient apportées dans la plupart des cas sur la réponse fournie au clinicien mais que les données n'étaient pas corrigées habituellement dans le fichier informatisé. Il est donc impossible de connaître la fréquence réelle des « oublis », lorsque des consignes précises de changement de résultat étaient enseignées.

## COMMENTAIRES ET CONCLUSION

Le système présenté est un outil simple de contrôle car intégré dans le logiciel général et appliqué automatiquement à chaque lecture ou édition.

Son utilisation en « temps réel » à la saisie n'a débuté qu'à partir du second semestre 1990. Par ailleurs, on peut aussi s'en servir rétrospectivement, en « temps différé » pour apprécier la qualité d'un fichier et éventuellement corriger certains résultats. Le travail présenté montre que le pourcentage de corrections n'est pas négligeable dans certains cas bien que l'étude ait été réalisée dans un laboratoire spécialisé très sensibilisé à ces problèmes.

Il ne faut pas comparer Bactério-expert à certains systèmes experts complexes qui possèdent souvent d'autres caractéristiques : fonctionnent en chaînage arrière, utilisation de coefficients de vraisemblance, explications des décisions et informations [2, 8]. Son objectif essentiel est d'améliorer la qualité des résultats des antibiogrammes en facilitant la validation.

## RÉFÉRENCES


1. ALLOUCH P., PANGON B., VEIL D., HARZIC M., GHNASSIA. – Lecture interprétative de l'antibiogramme : entérobactéries et bêtalactamines. Paris, Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie anti-infectieuse, 1989.
2. COMBY S., FLANDROIS J.P., PAVÉ A. – Système expert d'aide à la validation des résultat de l'antibiogramme. Etude de faisabilité sur l'exemple du *staphylococcus aureus*. *Patho Biol,* 1988, *36,* 381-385.
3. COURVALIN P., GOLDSTEIN F., PHILLIPON A., SIROT J. – L'antibiogramme. Paris, MPC Videom, 1985.
4. FOSSE Th., MACONE F., LAFFONT C., LEFBVRE J.C. – Détermination d'un antibiotype à l'aide d'un programme informatique. Intérêt épidémiologique et cohérence antibiogramme - identification. Paris, Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie anti-infectieuse, 1987.
5. LEGRAS B., LEGRAS J., PATRIS A., FELDMANN L., BURDIN J.C. – Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie. *Spectra Biologiej,* 1989, *3,* 48-52.
6. LE MINOR L., VERON M. – *Bactériologie médicale,* 2e édition. Paris, Médecine Sciences, Flammarion, 1989.
7. LE VAN THOIJ, LEGRAND P., SOUSSY C., DUVAL J. – Contribution de l'analyse supervisée à la détermination des phénotypes de résistance aux antibiotiques. Paris, Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie anti-infectieuse, 1989.
8. PEYRET M., FLANDROIS J.P., CARRET G., PICHAT C. – Lecture interprétative et contrôle de qualité de l'antibiogramme à l'aide d'un système expert. Application à l'automate API ATB et aux entérobactéries. *Path Biol,* 1989, *37,* 624-628.

ALERTE : un système d'aide à la détection des infections acquises dans le CHRU de Nancy en 1989 à partir des examens de laboratoire

LEGRAS B, BURDIN J-C, FELDMANN L, LEGRAS J, PATRIS A, TROMBERT B

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1991, 30, 215-217

No 168

# ALERTE : un système d'aide à la détection des infections acquises à partir des examens de laboratoire. Etude rétrospective sur l'année 1989 au C.H.R.U. de Nancy

## ALERT : a software, developped on a micro-computer to help detecting hospital acquired infections from the bacteriological analysis. Retrospective study on the year 1989, at the University Hospital of Nancy.

B. LEGRAS *, L. FELDMANN *, J. LEGRAS *, A. PATRIS *, J.-C. BURDIN **, B. TROMBERT *, M.-F. BLECH ***

**RÉSUMÉ** : Au Laboratoire Central de Bactériologie du C.H.R.U. de Nancy, le système informatique mis au point par les auteurs pour la gestion des examens inclut un logiciel nommé ALERTE qui aide à la mise en évidence des infections nosocomiales. Son principe consiste essentiellement à rechercher, après diverses sélections, pour chaque service les « augmentations statistiquement significatives » de certains microorganismes au cours d'une période donnée en comparaison avec la moyenne des périodes précédentes.
L'article présente les résultats de l'utilisation rétrospective d'ALERTE sur l'année 1989. L'étude, portant sur 42 périodes d'une semaine et environ 62 000 hospitalisations dans 45 services, a mis en évidence 168 « alertes ». Les variations sont grandes selon les semaines (1 à 9 - moyenne = 4) et les services (60 % des alertes dans les 18 services de chirurgie et réanimation). Le staphylocoque aureus est le germe le plus souvent en cause (33 %).

**Mots-clés** : infections hospitalières acquises, bactériologie, micro-ordinateur, aide à la décision, laboratoire.

***ABSTRACT*** *: At the Central Laboratory of Bacteriology of the University Hospital of Nancy, the data processing, developped by the authors to manage the analysis, includes a software named ALERTE which help to detect hospital acquired infections. It consists essentially, after several selections, for each medical unit, to look for the « statistically significant increases » of some micro-organisms during a given period, in comparison with the mean of the previous periods.*

*This paper presents the results of the retrospective use of ALERT on the year 1989. The study, concerning 43 periods of one week and about 62 000 hospitalizations in 45 units, found 168 « alerts ». The ranging is high in between the weeks (1 to 9 ; mean = 3.9) and the units (60 % of the alerts in 18 intensive care and surgery units). The staphylococcus aureus is the most frequent responsible germ (33 %).*

***Key-words*** *: hospital acquired infections, bacteriology, micro-computer, decision assistance, laboratory.*

La surveillance des infections hospitalières doit être une préoccupation majeure dans l'hôpital mais chacun sait que la déclaration « obligatoire » est rarement effectuée. Lorsqu'un établissement hospitalier dispose d'un laboratoire central de bactériologie, celui-ci possède des renseignements précieux constitués par les germes isolés mais il faut disposer d'un outil informatique apte à gérer ces résultats dans une optique épidémiologique.

ALERTE est un logiciel original d'analyse du fichier des examens bactériologiques avec antibiogrammes dont l'objectif est de mettre en évidence, dans les services hospitaliers, les augmentations statistiquement « significatives » (« bouffées épidémiques ») de certains germes pouvant être responsables d'infections nosocomiales (infections hospitalières acquises).

Le logiciel qui fonctionne en routine au C.H.R.U. de Nancy, a été évalué rétrospectivement sur l'année 1989 et l'article présente les résultats de cette enquête.

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 30 mai 1990.

## MATÉRIEL

Le laboratoire central de bactériologie du C.H.R.U. de Nancy reçoit tous les prélèvements effectués dans l'hopital (environ 100 000 par an). Lorsqu'un microorganisme est isolé, dans la très grande majorité des cas, un antibiogramme est réalisé, soit par méthode manuelle, soit à l'aide d'un automate. Les examens sont saisis et exploités à l'aide d'un logiciel (BACTERIO) mis au point également par les auteurs. ALERTE est un ensemble de programmes écrits en Turbo Pascal pour micro-ordinateurs compatibles IBM Pc. Il analyse le fichier général des examens avec antibiogrammes.

## PRINCIPES DU SYSTÈME ALERTE

ALERTE (dans sa première version) a été décrit dans un article précédent où les éditions réalisées sont présentées. Il comprend deux phases essentielles.

### 1) Constitution de la population d'étude

Le programme sélectionne les services, les prélèvements et les germes sur lesquels porte l'étude. Actuel-

lement nous nous limitons à 9 catégories de microorganismes « cibles » : les Staphylocoques aureus, les autres Staphylocoques, les Klebsielles, les Enterobacter cloacae, les autres Enterobacter, les Serratia, les bacilles Pyocyaniques, les autres Pseudomonas et les Acinetobacter. Par ailleurs, le programme ne tient pas compte des dossiers pour lesquels le délai entre la date d'entrée à l'hôpital et la date de prélèvement est inférieur à la limite choisie, ainsi que des « doublons ».

Les doublons sont des enregistrements caractérisés par un patient déjà présent et le même microorganisme isolé, quelle que soit la nature du prélèvement, lorsque l'écart entre les deux dates de prélèvement est inférieur à un délai choisi. Le programme compare également les profils des antibiogrammes et considère qu'il s'agit d'espèce différente si, pour un antibiotique utilisé, il détecte une seule différence du type sensible-résistant (ou l'inverse) Ces doublons, repérés après un tri du fichier, sont marqués logiquement et ignorés ultérieurement. La population ainsi obtenue constitue les nouveaux « dossiers suspects » (puisque les doublons sont éliminés), pouvant correspondre à des infections acquises à l'hôpital.

**2) Détection des « alertes »**

Un programme analyse les enregistrements sur un certain nombre de périodes et dénombre les microorganismes « cibles » par service et par période. La durée de la période est choisie par l'utilisateur ainsi que le nombre de périodes. Pour chaque service et chaque microorganisme, on détermine s'il existe une augmentation « statistiquement significative » du nombre de nouveaux cas lors de la dernière période. Selon les effectifs, on se ramène à une loi de Poisson ou une loi normale.

Toutefois, la méthode ne permet pas de mettre en évidence des croissances régulières mais faibles. Nous avons donc associé un deuxième signal d'alerte et choisi d'indiquer toute séquence comprenant au moins trois accroissements successifs avant la période étudiée.

Le programme édite les nombres obtenus pour la dernière semaine, les moyennes sur les périodes précédentes et les alertes correspondant à des probabilités du test inférieures à 5 %, 1 % ou 1 ‰ (celles-ci sont indiquées par des symboles différents) (fig. 1) ainsi qu'un histogramme de l'évolution des effectifs du germe dans le service sur l'ensemble des périodes étudiées.

Enfin les dossiers correspondant aux alertes sont imprimés par service et par germe. Ils renseignent sur le nom et prénom du patient, les dates d'entrée et de prélèvement avec le délai entre elles, l'unité fonctionnelle dans le service, le prélèvement, le type du microorganisme et l'antibiogramme (ainsi qu'une indication pour les germes très résistants). Le programme fournit une liste globale de l'ensemble des dossiers, destinée aux responsables de l'hygiène et, en option, une liste des cas de chaque service (avec l'histogramme d'évolution des cas du microorganisme au cours des périodes), destinée au responsable des problèmes infectieux dans le service.

On considère comme « limites » les alertes caractérisées par l'existence d'un seul cas du germe et son absence complète durant toutes les périodes précédentes. Celles-ci sont repérées par un symbole particulier, l'histogramme (spécifique) n'est pas imprimé de même que le dossier « suspect » correspondant.

## ÉTUDE RÉTROSPECTIVE SUR L'ANNÉE 1989

ALERTE a été testé rétrospectivement sur le fichier des examens avec antibiogrammes de l'année 1989. Compte-tenu d'une proportion non négligeable de dossiers sans date d'entrée pouvant fausser les résultats, nous avons récupéré d'abord cette information et complété les enregistrements (la date d'entrée figure normalement sur l'étiquette administrative habituellement collée sur la demande d'examen mais elle peut manquer en cas d'urgence ou ... d'oubli).

Nous avons choisi des périodes d'une semaine débutant le dimanche et un recul de 10 semaines. Le délai entre la date d'hospitalisation et la date de prélèvement a été fixé à 3 jours, seuil classique dans la définition des infections nosocomiales. Le délai maximal entre deux prélèvements pour définir un doublon a été pris égal à 70 jours.

Le recueil des examens de bactériologie utilisant le nouveau logiciel (BACTERIO) n'ayant débuté qu'au 1er janvier 1989, l'étude sur l'année 1989 n'a commencé qu'au dimanche 5 mars 89, afin d'obtenir un recul identique de 10 semaines pour chaque analyse. L'étude a donc porté seulement sur 43 semaines. Le fichier des germes sélectionnées pouvant correspondre à des infections hospitalières acquises en 1989 comprenait 3 037 dossiers (parmi les 12 169 antibiogrammes réalisés dans les services du C.H.R.U. pour environ 85 000 hospitalisations) et 2 542 entre le 5 mars 89 et le 30 décembre 89.

On a dénombré 486 alertes dont 318 « limites » qui ne seront pas comptabilisées dans la suite des statistiques. Les 168 alertes prises en compte ont porté sur 42 semaines (soit une moyenne de 4 par semaine) et sur un nombre d'hospitalisations voisin de 70 000 (soit environ 1 alerte pour 420 hospitalisations).

Selon le seuil de probabilité du test, on peut distinguer 93 alertes franches ($P < 1\ \%$). Il apparaît de grandes différences selon les semaines (de 1 à 9 alertes). De même, le nombre d'alertes diffère beaucoup selon les services : de 0 à 14 (aucune alerte pour 7 services). 40 % des alertes ont été identifiées dans les 27 services de médecine et 60 % dans les 18 services de chirurgie et réanimation. La répartition au sein même du groupe des services de chirurgie et réanimation est aussi très variable : 50 % des alertes de chirurgie et réanimation concernent 5 services seulement.

La répartition des germes identifiés dans les services de médecine et de chirurgie est quelque peu différente : le Staphylocoque aureus est en tête dans les 2 groupes (33 % de toutes les alertes). Pour les autres germes, on constate que dans les services de chirurgie et de réanimation, ce sont les pyocyaniques (25 %) puis les autres staphylocoques (13 %) qui apparaissent le plus souvent, alors que dans les services de médecine, ce sont toujours les pyocyaniques (22 %) mais suivis, dans ce cas, des klebsielles (15 %).

## COMMENTAIRES

Le système ALERTE a l'ambition de fournir des « signaux d'alerte » en analysant « intelligemment » au cours du temps l'incidence des microorganismes « dangereux » parmi les services. Il met en évidence les augmentations significatives mais ne réagit pas lorsque le phénomène est stable. Pour cette raison, une autre approche, complémentaire, réalisable également par le logiciel, consiste à imprimer tous les cas « suspects », qu'il y ait ou non un accroissement significatif.

Soulignons que le système ne se conçoit que comme une aide et que les informations doivent être interprétées puis contrôlées par des spécialistes. En effet, toutes les infections nosocomiales ne font pas

l'objet d'un prélèvement, le laboratoire ne dispose pas des informations cliniques indispensables pour différencier infection et colonisation. Par contre, la date d'entrée à l'hôpital comparée à la date du premier prélèvement mettant en évidence le microorganisme constitue un élément fondamental en faveur ou non du caractère nosocomial d'une infection. Il en découle que si cette information manque parfois, ALERTE devient sans valeur.

L'étude rétrospective présentée ne permet pas encore d'évaluer suffisamment la validité du système. Il conviendra d'optimiser les paramètres (durée de la période, nombre de périodes) et de choisir les seuils de significativité : 5 % constitue un seuil peut-être trop élevé pour des comparaisons multiples. Il est possible que seules les « alertes » franches à 1 % et moins présentent un intérêt pratique et évitent de nombreux faux positifs.

De même pour les comparaisons des antibiogrammes, peut-être conviendrait-il de ne pas rejeter les enregistrements qui ne présentent qu'une seule différence. Enfin, l'étude pourrait être élargie à d'autres espèces bactériennes (proteus, par exemple).

Des études complémentaires devront être menées et notamment en confrontant les résultats obtenus avec les données des dossiers médicaux.

## CONCLUSION

Malgré les réserves qui viennent d'être énoncées, l'outil mis au point, apparaît comme essentiel pour une détection plus rapide des « bouffées épidémiques » et une intervention plus efficace des responsables de l'hygiène. Le système devrait aider à identifier des services à risque pour tel ou tel type de microorganisme et en analysant le mode de transmission du germe considéré, pouvoir retrouver ainsi, peut-être, des déficiences dans l'hygiène hospitalière. Au C.H.R.U. de Nancy, son utilisation en routine a été décidée par la Commission de Lutte contre les Infections et a débuté effectivement en janvier 1990. Une étude prospective d'évaluation est en cours.

*Travail du * Service d'Informatique Médicale*
*du ** Laboratoire de Bactériologie*
*et du *** Service d'Hygiène Hospitalière*
*du C.H.R.U. de Nancy*

BIBLIOGRAPHIE

LEGRAS (B.), LEGRAS (J.), PATRIS (A.), FELDMANN (L.), BURDIN (J-C.). — Bactério : un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie. *Spectra Biologie*, 1989, **89**, 48-52.

LEGRAS (B.), LEGRAS (J.), PATRIS (A.), FELDMANN (L.), BURDIN (J-C.). — Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie. *Méd. et Mal. Inf.*, 1989, **19**, 728-733.

Estimation à partir de la Bactériologie de l'évolution des infections nosocomiales entre 1989 et 1991 dans un hôpital universitaire

FELDMANN L, LEGRAS B, BURDIN J-C, WEBER M

Pathologie Biologie, 1993, 41, 927-930

No 186

# ESTIMATION À PARTIR DE LA BACTÉRIOLOGIE DE L'ÉVOLUTION DES INFECTIONS NOSOCOMIALES ENTRE 1989 ET 1991 DANS UN HÔPITAL UNIVERSITAIRE

L. FELDMANN[1], B. LEGRAS[1],
J.C. BURDIN[2], M. WEBER[2]

FELDMANN L., LEGRAS B., BURDIN J.C., WEBER M. — Estimation à partir de la bactériologie de l'évolution des infections nosocomiales entre 1989 et 1991 dans un hôpital universitaire.
**Path Biol,** 1993, **41,** n° 10, 927-930.

RÉSUMÉ : Les données du laboratoire de bactériologie ont été exploitées à l'aide d'un logiciel original (Bactério) selon une méthode appropriée (élimination des "doublons" et des prélèvements précoces) pour estimer les infections nosocomiales. Les taux d'incidence obtenus pour 100 hospitalisations au CHU de Nancy sont de 9,2, 8,2 et 8,2 pour respectivement 1989, 90 et 91. Ces valeurs sont corrigées en tenant compte d'une sensibilité de la méthode à 65 %. Les taux pour 1000 journées d'hospitalisation permettent une meilleure comparaison entre les services et par catégories de services. Pour tout l'hôpital, les résultats obtenus sont respectivement de 7,9, 7,2 et 7,5 ‰. Même si les nombreux biais décrits ne peuvent pas toujours être contrôlés, la méthode fournit cependant des indicateurs d'évolutivité qui sont utiles pour les hygiénistes.

MOTS-CLÉS : Infection nosocomiale. — Bactériologie. — Hôpital. — Logiciel. — Hygiène hospitalière. — Laboratoire.

FELDMANN L., LEGRAS B., BURDIN J.C., WEBER M. — Nosocomial infections evolution estimated between 1989 and 1991 at a university hospital. *(In French).*

**Path Biol,** 1993, **41,** n° 10, 927-930.

SUMMARY : The bacteriological laboratory data base was studied with an original software (Bacterio) and an appropriate method ("doubles" and early samples are not taken in account) to estimate the nosocomial infections. The incidence rates for 100 hospitalizations at the University hospital of Nancy are 9.2, 8.2 et 8.2 for respectively 1989, 90 et 91. These values are corrected while taking into account a method's sensibility of 65%. The 1000 days of hospitalization's rates allow a better comparaison between the medical departments. For the whole hospital, the results are respectively of 7.9, 7.2 and 7.5 ‰. Even if the many bias described cannot always been checked, the method gives some evolutivity indicators which are very useful for the hygienists.

KEY-WORDS : Nosocomial infection. — Bacteriology. — Hospital. — Software. — Infection control. — Laboratory.

La lutte contre les infections nosocomiales (IN) est une préoccupation majeure des établissements hospitaliers. Pour faciliter cette action, depuis janvier 1989, le laboratoire de bactériologie du CHU de Nancy met en œuvre une surveillance permanente à partir des seules données du laboratoire. Le système de surveillance repose sur des logiciels mis au point localement [3, 9] : BACTERIO gère les examens du laboratoire ; ALERTE est un module complémentaire orienté vers l'épidémiologie et l'hygiène hospitalière par la sélection et l'exploitation des germes susceptibles de correspondre à une IN. Le système mis en place est basé sur un retour d'informations périodiques aux différents acteurs concernés : hygiénistes et responsables médicaux [7, 8].

Ces outils informatiques originaux permettent d'apprécier l'évolution des IN au niveau d'un établissement et, lors d'un travail préliminaire, nous avons

Manuscrit reçu à la Rédaction le 14 mai 1993. Accepté révisé le 22 septembre 1993.

1. *Service d'Informatique Médicale, Epidémiologie et Statistiques,*
2. *Laboratoire Central de Bactériologie,*
*CHU de Nancy, avenue de Strasbourg, 54000 NANCY (France).*

© *Société d'Édition de l'Association d'Enseignement Médical des Hôpitaux de Paris, 1993*

constaté une diminution notable des IN (estimées) entre 89 et 90 au CHU de Nancy [3]. Le but de cette étude est, après un contrôle plus rigoureux des informations et à l'aide d'une méthode plus stricte, de vérifier l'évolution au cours des trois dernières années.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les seules données du laboratoire ne permettent pas d'affirmer l'existence d'une infection nosocomiale. On peut sélectionner seulement les germes qui ont une forte probabilité de correspondre à une IN, nous les appelons germes "suspects". Le logiciel permet ces sélections automatiquement.

La méthode consiste de ne pas tenir compte des "doublons" et des prélèvements précoces inférieurs à 3 jours. Différents paramètres (modifiables par l'utilisateur) définissent les "doublons" : même nom, prénom et germe, même sérotype (quand celui-ci est déterminé) et enfin un antibiogramme identique ou très proche (moins de 2 différences de type S<—>R). Le service et le prélèvement peuvent être différents. Dans un second temps, on peut éliminer certains prélèvements qui, *a priori*, ne correspondent pas à une IN (par exemple, les prélèvements pour tests de décontamination digestive).

Certaines IN peuvent comprendre plusieurs germes différents, ce qui nous a conduit à déterminer également le nombre d'individus (opération réalisée par programme à partir de l'identifiant : nom, prénom, date de naissance et sexe).

La fiabilité de l'étude nécessitait une grande qualité des informations et notamment la connaissance de toutes les dates d'entrée. De très nombreux contrôles ont été effectués, en particuliers sur les identifiants.

Les résultats connus pour chaque service sont regroupés par type de service : médecine avec soins intensifs, autre service de médecine, chirurgie lourde avec soins intensifs, autre service de chirurgie, réanimation.

## RÉSULTATS

### Bactériologie

Les caractéristiques bactériologiques de la population sélectionnée sont décrites brièvement, elles sont détaillées dans [3].

Les germes en cause les plus fréquents sur l'ensemble des trois années sont : *Staphylococcus aureus* (20%), *Escherichia coli* (18,4%), *Pseudomonas aeruginosa* (11,4 %), *Staphylococcus epidermidis* (6,4 %), *Klebsiella* (5, 4%). Les variations par année de 89 à 91 sont réduites sauf pour *Staphylococcus epidermidis* en augmentation (4,7 % puis 6,6 % et 8,1 %) et *Pseudomonas aeruginosa* en diminution (12,3 % puis 11,1 % et 10,8 %) (fig. 1).

On note globalement une diminution régulière des entérobactéries (26,8 % puis 23,5 % et 19,4 %) et un accroissement des anaérobies (5,6 % puis 7,6 % et 9,6 %).

Pour les types de prélèvements, on rencontre d'abord les prélèvements urinaires (32,7 %) devant les respiratoires (22,2 %), les prélèvements de paroi (20,5%) et les hémocultures (12,7%) (fig. 2).

### Incidence globale des germes "suspects"

Les germes associés à un antibiogramme représentent approximativement 32000 analyses sur les 3 années étudiées (environ 10 % de tous les examens de bactériologie). En éliminant les doublons (environ 9 %), les prélèvements précoces puis quelques prélève-

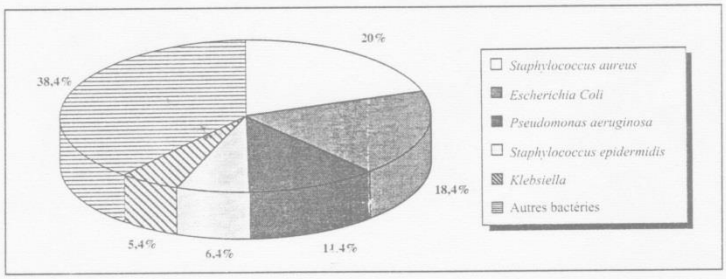



**Fig. 1. — Fréquence des germes « suspects » identifiés entre 1989 et 1991.**

Fig. 1. — Frequency of "suspicious" bacteria identified between 1989 and 1991.

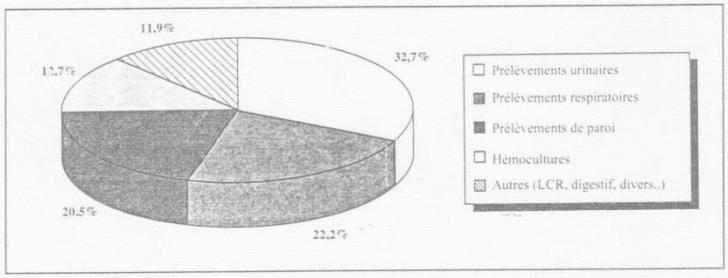



**Fig. 2. — Fréquence des types de prélèvements ayant permis d'identifier les germes suspects identifiés entre 1989 et 1991.**

Fig. 2. — Frequency of types of specimens allowing the identification of the "suspicious" bacteria identified between 1989 to 1991.

TABLEAU I. — **Évolution de 1989 à 1991 des germes "suspects" par 1000 jours d'hospitalisation selon les cinq catégories de services.**

TABLE I. — Variation from 1989 to 1991, of "suspicious" bacteria per 1000 days of hospitalization according to the five categories of clinical units.

| Catégorie de service (nombre) | Germes 89 | Nbre j. hosp. | Germes/ 1000 j. | Écart 90-89 | Germes 90 | Nbre j. hosp. | Germes/ 1000 j. | Écart 91-90 | Germes 91 | Nbre j. hosp. | Germes/ 1000 j. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Médecine avec USI (10) | 1 576 | 172 205 | 9,15 | — 0,37 | 1 462 | 166 427 | 8,78 | + 0,14 | 1 391 | 155 925 | 8,92 |
| Médecine (15) | 638 | 195 938 | 3,26 | — 0,34 | 563 | 193 199 | 2,91 | + 0,66 | 676 | 189 236 | 3,57 |
| MÉDECINE (25) | 2 214 | 368 143 | 6,01 | — 0,38 | 2 025 | 359 626 | 5,63 | + 0,36 | 2 067 | 345 101 | 5,99 |
| | | | | | | | | | | | |
| Chirurgie lourde (9) | 2 226 | 176 519 | 12,61 | — 1,28 | 1 957 | 172 781 | 11,33 | + 0,05 | 1 856 | 163 161 | 11,38 |
| Chirurgie (6) | 167 | 61 875 | 2,70 | — 0,34 | 137 | 58 047 | 2,36 | + 0,54 | 166 | 57 207 | 2,90 |
| CHIRURGIE (15) | 2 393 | 238 394 | 10,04 | — 0,97 | 2 094 | 230 828 | 9,07 | + 0,10 | 2 022 | 220 368 | 9,18 |
| | | | | | | | | | | | |
| RÉANIMATION (2) | 294 | 12 419 | 23,67 | — 5,90 | 216 | 12 156 | 17,77 | + 0,01 | 222 | 12 489 | 17,78 |
| | | | | | | | | | | | |
| TOTAL (42) | 4 901 | 618 956 | 7,92 | — 0,72 | 4 335 | 602 610 | 7,19 | + 0,26 | 4 311 | 578 018 | 7,46 |

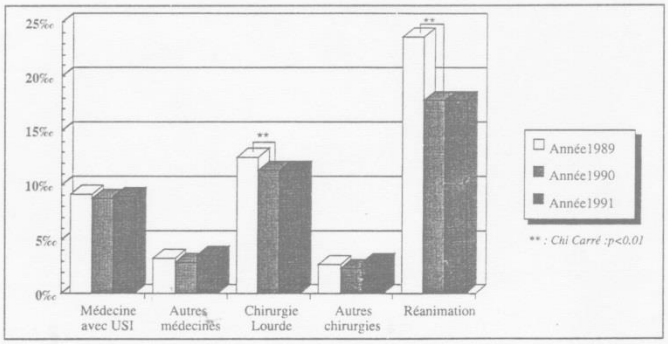



**Fig. 3. — Évolution du taux des germes suspects entre 1989 et 1991 selon les cinq catégories de services.**

Fig. 3. — Variation in the rates of "suspicious" bacteria between 1989 and 1991 according to the five categories of clinical units.

ments considérés comme ne pouvant être à l'origine d'une IN, on obtient 13547 germes "suspects" (respectivement 4901, 4335 et 4311 de 89 à 91) et 8821 patients (respectivement 3182, 2701 et 2938 de 89 à 91), soit en moyenne d'environ 1,5 germe "suspect" par patient (respectivement 1,54, 1,60 et 1,47 de 89 à 91).

Si l'on considère les germes "suspects" et les hospitalisations (respectivement 82530, 82250 et 82040 de 89 à 91), on aboutit à un taux d'incidence pour 100 hospitalisations de 6,0 en 89, de 5,3 en 90 et de 5,3 en 91.

### Incidence par service et par catégorie

Les résultats par service sont exprimés en germes "suspects" et normalisés pour 1000 jours d'hospitalisation, paramètre jugé plus adapté que le nombre d'admissions pour les comparaisons entre services. Les taux varient de 34 ‰ dans un service de réanimation en 1989 à 0 ‰ pour certains services de médecine. En 1991, trois services sur un total de 42 dépassent 10 ‰ (moyenne égale à 4,9 ‰).

L'analyse par catégorie de service (tableau I, fig. 3) montre une incidence élevée en réanimation (2 services), puis en chirurgie lourde (9 services) et en médecine avec un secteur de réanimation (10 services). Les modifications pendant la période étudiée sont souvent modérées mais, globalement, on note une baisse entre 90 et 89 (— 0,7 ‰ : NS) puis une légère remontée (+ 0,2 ‰ : NS). L'évolution la plus spectaculaire apparaît pour les services de réanimation (diminution du taux d'incidence de — 5,9 ‰ entre 90 et 89 : $p < 0,01$). Cette diminution (confirmée par des enquêtes de prévalence) peut s'expliquer par des mesures d'hygiènes énergiques prises au cours de l'année 1990.

L'analyse des services de chirurgie à hauts risques (chirurgie lourde avec unité de soins intensifs) montre aussi globalement un recul sensible (— 1,3 ‰ entre 90 et 89 : $p < 0,01$) avec une stabilisation ensuite.

## DISCUSSION

Le décompte des infections nosocomiales dans un établissement n'est pas aisé. Notre travail se limite aux IN bactériennes et ne considère pas les infections dues à des virus ou des levures. De nombreux biais peuvent créer des erreurs importantes dans les dénombrements. L'exclusion des prélèvements réalisés les premiers jours de l'hospitalisation (3 jours dans notre étude, valeur souvent retenue) est fondamentale pour les études non documentées sur le plan clinique. D'autre part, toutes les infections nosocomiales ne bénéficient pas d'un prélèvement bactériologique à visée diagnostique. Ce biais est évalué à 10 % selon Stevens en 1981 [10] et Hughes en 1984 [6]. Inversement, l'identification d'un germe, même à des taux significatifs, ne permet pas de porter à lui seul le diagnostic d'infection. L'ensemble des biais cités concoure malgré tout globalement à minorer les taux obtenus.

Plusieurs travaux américains ont évalué la sensibilité du diagnostic des IN à partir des fichiers de bactériologie. Celle-ci varie de 33 à 65 % [4, 5, 12, 13]. Un travail récent réalisé dans le service d'urologie du CHU de Nancy a évalué les indices du système pour des infections essentiellement urinaires [1] : la sensibilité était de 65 %, la spécificité de 99 %. Nous avons admis cette valeur pour la sensibilité, ce qui conduit pour les patients à des "taux corrigés" pour 100 hospitalisations de 9,2 en 89, de 8,2 en 90 et de 8,2 en 91.

Le décompte des IN peut retenir plusieurs modalités qu'il est indispensable de préciser pour la comparabilité des résultats entre différents études. En effet, un patient présentant une IN urinaire qui développerait dans un second temps une septicémie au même germe puis dans un troisième temps un abcès pulmonaire toujours avec le même germe, doit-il être considéré comme contractant une infection à localisations multiples ou 3 infections distinctes ?

L'analyse des germes "suspects" rapportés au nombre de patients montre que le rapport reste constant au cours des années. Les patients se surinfectent donc très souvent de façon multiple (de 2 à plus de 5). Stroobant estime par exemple que le taux de surinfections multiples n'est que de 10,3 % [11], toutefois l'analyse épidémiologique des surinfections précise trop peu souvent la méthode de décompte : considère-t-on une infection à deux germes différents comme une seule infection ou comme deux infections, de même considère-t-on une infection avec un germe présent sous deux sérotypes différents comme une ou deux infections ?

L'ensemble des données de 1989 à 1991 montre une incidence pour 1000 journées d'hospitalisation de 7,6. Si nous appliquons le facteur correctif énoncé, nous pouvons avancer des "taux corrigés" de 11,7 ‰. Haley a estimé lors des études du projets SENIC que l'incidence moyenne dans les services américains (tous types confondus) était de 7,2 ‰ [4].

En réalité, les chiffres absolus ne présentent qu'un intérêt limité. C'est la comparaison au cours des années qui est la plus intéressante pour repérer les évolutions favorables ou non. Il semblerait que, globalement au CHU de Nancy, une évolution bénéfique se soit produite en 90, notamment dans les services de réanimation mais celle-ci ne s'est pas poursuivie en 91. L'évolution est plus variable au niveau des services. Sur les 42 étudiés, 6 présentent deux baisses successives, 8 présentent deux majorations successives. Les résultats obtenus diffèrent un peu de ceux des études précédentes portant sur les seules années 89 et 90 [3, 8]. Cela s'explique par des contrôles accrus mis en place ultérieurement pour améliorer la qualité du fichier, à des modifications légères dans la définition des "doublons" (prise en compte par exemple des sérotypes) et au choix des prélèvements considérés comme indépendants de toute infection.

En conclusion, l'outil informatique présenté permet d'estimer l'importance des infections acquises à l'hôpital, de mieux connaître les services à risque et de suivre l'évolution. Il facilite les prises de conscience des différents acteurs et améliore les actions ciblées des hygiénistes.

### RÉFÉRENCES


1. ARTIS M. — *Essai d'évaluation du système "Alerte" dans le Service d'Urologie du CHU de Nancy* - Mémoire de D.U. - Nancy, 1992.
2. EICKOFF T.C., BRACHMANN P., BENNETT J., BROWN J. — Surveillance of nosocomial infections in community hospitals I : Surveillance methods, effectiveness and initial results. *J Infec Dis*, 1969, 120, 305-317.
3. FELDMANN L. — Contribution d'un logiciel de bactériologie à l'étude des infections nosocomiales. *Thèse médecine*, Nancy, 1991.
4. HALEY R.W., SCHABERG D., Mc CLISH D.K. and al. — The accuracy of retrospective chart review in measuring nosocomial infection rates : Results of validation studies in pilot hospitals. *Am J Epidemiol*, 1980, 111, 516-533.
5. HALEY R.W., CULVER D.H., WHITE J.W., MORGAN W.M., EMORI T.G. — The nationwide nosocomial infection rate : A new need for vital statistics. *Am J Epidemiol*, 1985, 121, 159-167.
6. HUGHES J., CULVER D.H., WHITE J.W. and al. — Nosocomial infection surveillance. *MMWR*, 1984, 32, 1SS-16SS.
7. LEGRAS B., PATRIS A., LEGRAS J. et coll. — Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie. *Méd et Mal Infectieuses*, 1989, 19, 728-733.
8. LEGRAS B., BURDIN J.C, FELDMANN L. et coll. — Évaluation des infections nosocomiales à partir des examens de bactériologie. Etude rétrospective du système informatique Alerte. *Rev Santé Publique*, 1990, 6, 12-16.
9. LEGRAS B., FELDMANN L., LEGRAS J. et coll. — Bacterio, un logiciel sur micro-ordinateur pour la bactériologie avec une validation des antibiogrammes et une aide à la détection des infections nosocomiales. *Rev Fr Labo*, 1991, 217, 47-51.
10. STEVENS G., JACOBSON J., BURKE J.P. — Changing patterns of hospital infections and antibiotic use. *Arch Intern Med*, 1981, 141, 587-592.
11. STROOBANT I. — Belgique : Enquêtes nationales de prévalence des infections nosocomiales 1984. *BEH*, 1985, 4.
12. THOBURN R., FEKETY F., CLUFF L. — Infections acquired by hospitalized patients. *Arch Intern Med*, 1968, 121, 1-10.
13. WENZEL R., OSTERMAN C., HUNTING K., GWALTNEY J.J. — Hospital-acquired infections - Surveillance in a university hospital. *Am J Epidemiol*, 1976, 103, 251-260.

Système de surveillance informatisée des infections nosocomiales à partir du laboratoire de bactériologie

LEGRAS B

Gestions Hospitalières, 1995, 347, 472-476

No 200

Mots Clefs :
Infection nosocomiale
Logiciel
Bactériologie
GHM
Durée d'hospitalisation

Les infections nosocomiales (IN), c'est-à-dire acquises à l'hôpital, sont fréquentes (5 à 10% des patients), coûteuses et parfois mortelles. Bien qu'obligatoires, leurs déclarations sont rarement faites par les médecins. On peut estimer ces infections et les surveiller à partir des seules données du laboratoire de bactériologie. Cette « bactério-surveillance » nécessite la connaissance de la date d'entrée à l'hôpital et un système informatique adapté à cette recherche épidémiologique.

# Système de surveillance informatisée des infections nosocomiales à partir du laboratoire de bactériologie

## *Utilisation depuis cinq ans au CHU de Nancy*

**B. Legras**
Service d'informatique médicale,
épidémiologie et statistiques,
Hôpital Marin - Nancy

Depuis 1989, nous explorons ce domaine : mise au point d'un logiciel original de laboratoire permettant de sélectionner au mieux les IN [1], d'aider à la détection des bouffées épidémiques (« alertes ») [2], de fournir des déclarations de présomption [3], d'estimer les incidences annuelles [4] ainsi que le rapprochement avec les données médicales des résumés d'hospitalisation [5].
Nous présentons cette bactério-surveillance des IN, testée depuis cinq années au CHU de Nancy.

## Méthodes

**• Sélection des germes « suspects »**

La base de toutes les études repose sur la détermination automatique des germes « suspects » supposés caractériser aux mieux les IN. Le système informatique développé depuis 1988 par B. et J. Legras (logiciels Bactério et Alerte, fonctionnant sur micro-ordinateur compatible PC) saisit et exploite les dossiers de bactériologie. Pour la surveillance des IN, il réalise automatiquement différentes sélections (adaptables par l'utilisateur). A l'hôpital de Nancy, le programme ne prend pas en compte :
1 - les examens sans antibiogramme ;
2 - les « doublons ». Pour un patient donné, un germe déterminé n'est compté qu'une seule fois, même si celui-ci a été isolé dans différents prélèvements. On admet que les germes sont différents lorsqu'il existe au moins deux différences importantes pour les antibiotiques testés. Le sérotype, quand il est déterminé, intervient également. Enfin, on peut tenir compte du délai séparant 2 prélèvements successifs (lorsqu'il dépasse 60 jours, on considère qu'il ne s'agit plus de « doublon ») ;
3 - les germes isolés avant 3 jours complets d'hospitalisation ;
4 - certains prélèvements (exemple : les examens systématiques effectués pour contrôler l'efficacité d'une décontamination digestive).

**• Détection des « alertes »**

L'objectif est de détecter rapidement les « bouffées épidémiques ». Nous appelons « alerte » l'augmentation « anormale » des germes « suspects » dans un service. On peut se limiter à certains services et certains germes (les « cibles »).
Le programme analyse les germes « suspects » sur un certain nombre de périodes et les dénombre par service et par période. La durée de la période est choisie par l'utilisateur ainsi que le nombre des périodes (par exemple 10 périodes

d'une semaine). Pour chaque service et chaque germe, le programme examine s'il existe une augmentation « significative » des germes « suspects » lors de la dernière période.
Le programme édite les statistiques obtenues sur la dernière période, les moyennes sur les périodes précédentes et les « alertes », ainsi que pour chaque « alerte » un histogramme de l'évolution des effectifs du germe dans le service sur l'ensemble des périodes étudiées (figure 1a/b/c).

**• Déclaration des infections**

Le but est de déclarer à la place des médecins les IN tout en leur permettant de rejeter ce diagnostic. Les dossiers « suspects » sélectionnés sont imprimés selon une présentation qui rappelle la méthode employée, les arguments et les définitions officielles [3].
La page comprend : des rappels de la méthode, les éléments de base de la sélection, les éventuels arguments supplémentaires qui renforcent la présomption d'une IN (bonne spécificité de certains prélèvements comme l'urine, l'hémoculture, UCB > 10 puissance 5 germes/ml, germe considéré comme hospitalier, un staphylocoque Méti R, une multirésistance aux antibiotiques testés), des renseignements généraux (service, nom, prénom, date d'entrée, date de prélèvement, prélèvement, germe) et la définition officielle de l'IN correspondante.
Le médecin correspondant signale en bas s'il confirme ou non ce diagnostic. En cas de désaccord, il doit indiquer ses raisons.
Le programme peut fournir également, à la suite, un petit questionnaire complémentaire (paramétrable), comportant des informations médicales à remplir (exemple, en cas d'infection urinaire : le patient a-t-il été sondé ?).

**• Rapprochement avec les résumés d'hospitalisation**

Il est intéressant de rapprocher les données de bactériologie relatives aux germes « suspects » et les données médicales des résumés d'hospitalisation (résumés standardisés de sortie), en particulier les pathologies caractérisées par les GHM (groupes homogènes de malades). De façon globale ou selon la pathologie en GHM, on peut alors comparer les sujets supposés avoir contracté une infection (catégorie IN) et ceux supposés sans infection (catégorie S) pour évaluer certaines conséquences des infections : durée d'hospitalisation, mortalité...

## Résultats

**• Evaluation des indices diagnostiques du système**

En 89, dans un service de chirurgie générale, nous avons étudié 214 germes « suspects » (155 patients) pour 2 992 hospitalisations. Ont été considérés comme IN, 164 germes (116 patients) : la valeur prédictive positive globale était de 0,76. Elle était égale à 0,93 pour les septicémies et infections urinaires mais elle n'atteignait que 0,62 pour les prélèvements respiratoires (nombreux faux-positifs).

**Le système mis au point a un rôle fondamental d'alerte en avertissant très rapidement les responsables de l'hygiène.**

En 92, pendant un trimestre, dans un service d'urologie, tous les patients hospitalisés ont été suivis (enquête d'incidence), soit 454 hospitalisations (382 patients). L'IN a été affirmée dans 44 séjours, soit une incidence de 9,7% des admissions (11,5% des patients). Le logiciel a détecté 28 germes « suspects » dont 2 ne correspondaient pas à une IN. La sensibilité est donc de 0,65, la spécificité de 0,99. Les faux-négatifs correspondaient à des pathologies dues à des levures, à quelques prélèvements positifs sans antibiogramme et aussi à des patients revenant à l'hôpital pour un problème infectieux se déclarant juste après la sortie.

**• « Alertes »**

En routine, toutes les semaines, les « alertes » sont recherchées au laboratoire de bactériologie. En moyenne, le nombre de germes « suspects » est voisin de 80 et les « alertes » au nombre de 4, pour environ 1 700 hospitalisations.
Les documents sont adressés aux médecins correspondants dans les services et aux responsables de l'hygiène. Ces derniers peuvent ainsi enquêter dans les services concernés [2].

**• Evolution des infections par année**

Le logiciel détermine les effectifs de germes « suspects » (et patients correspondants). L'informatique administrative fournit les nombres d'entrées et de journées. On peut calculer alors les taux d'incidence annuels. L'analyse peut être globale ou non (par service ou catégorie de services).
Les études faites comparent les années 89 à 92. Ces statistiques, qu'il faut interpréter avec prudence, permettent de suspecter les évolutions défavorables qui nécessitent une vigilance spéciale [4].

**• Conséquences des infections sur la durée de séjour**

Nous avons déterminé que la durée moyenne de séjour (DMS) est augmentée en moyenne de 2 semaines en cas d'IN (environ 23 jours au lieu de 8 jours pour les séjours sans infection) [5]. Les résultats varient selon les GHM. Pour 51 GHM étudiés (ayant au moins 20 séjours avec IN), l'accroissement de la DMS varie entre + 4 jours et + 22 jours.

## Commentaires

La surveillance indirecte des IN par la bactériologie est facile à mettre en place avec les outils informatiques modernes. Elle constitue un sous-produit de la gestion du

laboratoire. Toutefois, elle ne permet qu'une estimation, du fait de biais que la méthode réduit mais ne peut supprimer.
Il y a les erreurs par défaut (faux-négatifs). Les IN sans prélèvement ou d'origine virale lui échappent. De même, les germes à incubations très courtes et extra hospitalières. Il y a aussi les erreurs par excès (faux-positifs). Tous les dossiers sélectionnés ne correspondent pas obligatoirement à une IN qui n'est affirmée parfois que sur des critères cliniques (fièvre, image radiologique...). Cependant, la présomption augmente en présence de certains éléments (type de germe, type de prélèvement, multi-résistance ...). Nous avons voulu privilégier la spécificité (en fixant par exemple le délai d'hospitalisation à 3 j au lieu de 2). Cela conduit à une sensibilité d'environ 70% et à une spécificité supérieure à 90%.
Parmi les IN présumées, certaines ne correspondent pas à des infections réelles et ne doivent pas être comptabilisées dans les statistiques générales. C'est l'objectif de la formule proposée de déclaration de présomption, qui permet aux médecins de rejeter le diagnostic d'IN, en fournissant des arguments précis. Ce système a été évalué dans des services pilotes en 1994 sous la responsabilité du CLIN qui a opté pour sa généralisation en 1995.
Le système mis au point a un rôle fondamental d'alerte en avertissant le plus rapidement possible les responsables de l'hygiène. L'expérience a montré le grand intérêt de cette possibilité dès le premier travail rétrospectif sur l'année 1989 [2].
La charge de travail supplémentaire liée à la bactério-surveillance des IN est faible : elle consiste principalement à s'assurer de la qualité du fichier, en effet, toutes les opérations consacrées aux alertes et aux éditions des déclarations sont chaînées automatiquement.
Le logiciel permet d'autres analyses essentielles. Nous n'avons pas décrit l'utilité de l'étude de la résistance aux antibiotiques des germes « suspects », la surveillance des germes multi-résistants, de certains « profils », etc.
En conclusion, l'ordinateur doit apporter une aide essentielle dans la surveillance permanente des IN mais les logiciels de laboratoire ne permettent pas souvent cette approche épidémiologique. Les travaux présentés prouvent qu'avec un outil informatique adapté (pouvant être couplé à un système polyvalent), le laboratoire de bactériologie prend une place fondamentale dans ce domaine.

## Exemple de documents fournis par le logiciel Alerte (associé à Bacterio) d'aide à la détection des infections nosocomiales (« bouffées épidémiques »)

figure 1a

**Nouveaux germes « suspects » (d'infection nosocomiale) sélectionnés (selon la méthode décrite dans le texte) par le logiciel durant la période étudiée (semaine du 20 au 26 février 1989).**
Huit groupes ont été choisis par le bactériologiste : Staphylococcus aureus (AUR), autres Staphylococcus (STA), Klebsiellae (KLE), Enterobacter clocae (CLO), autres Enterobacters (ENT), Serratia (SER), Pseudomanas aeruginosa (pyocyanique) (PYO), autres Pseudomonas (PSE), Acinetobacter (ACI).

| | | | Micro-organismes | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | Total |
| S | MED | 1 | 2 | 2 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 8 |
| E | MED | 2 | 1 | | 1 | | | | 1 | | | 3 |
| R | REA | 1 | 2 | | 2 | | 1 | | 3 | | | 8 |
| V | REA | 2 | 1 | | | | | | | 1 | | 2 |
| I | REA | 3 | | | | | | | | | | 0 |
| C | CHIR | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| E | CHIR | 2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 3 |
| S | CHIR | 3 | 2 | | | | | | 1 | | | 3 |
| | CHIR | 4 | 1 | | | | | | | | 1 | 2 |
| | CHIR | 5 | | | | | | | 2 | | | 2 |
| | CHIR | 6 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR | 7 | 1 | | | | | | 1 | | | 2 |
| | CHIR | 8 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR | 9 | 6 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | 10 |
| | CHIR | 10 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR | 11 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | **Total** | | **17** | **3** | **4** | **1** | **1** | **2** | **11** | **3** | **3** | **45** |

figure 1b

| | | | Micro-organismes | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | Total |
| S | MED | 1 | x | x | | | | | | | | x |
| E | MED | 2 | | | | | | | | | | |
| R | REA | 1 | | | | | | | | | | |
| V | REA | 2 | | | | | | | | | | |
| I | REA | 3 | | | | | | | | | | |
| C | CHIR | 1 | | | | | | | | | | |
| E | CHIR | 2 | | | | | | | | | | |
| S | CHIR | 3 | | | | | | | | | | |
| | CHIR | 4 | | | | | | | | | | |
| | CHIR | 5 | | | | | | | | | | |
| | CHIR | 6 | | | | | | | | | | |
| | CHIR | 7 | | | | | | | • | | | • |
| | CHIR | 8 | | | | | | | | | | |
| | CHIR | 9 | • | | | | | + | | | | + |
| | CHIR | 10 | | | | | | | | | | |
| | CHIR | 11 | | | | | | | | | | |
| | **Total** | | | • | | | | | | + | + | |

**Mise en évidence de cinq « alertes » (augmentations significatives des germes « suspects ») pour la semaine étudiée en comparaison avec les 7 semaines précédentes.** Le logiciel précise divers degrés de signification des test statistiques :
+ = P < 5%,
• = P < 1%,
x = P < 0,1%

**Histogramme de l'évolution d'un germe « suspect » d'une des « alertes » (staphylococcus aureus) dans un service de chirurgie (CHIR 9) et édition des dossiers correspondants.**

figure 1c

**CHIR 9** **Staphylocoques aureus**

Moyenne sur les 7 avant-dernières périodes = 2.0

| Périodes | Effectifs |
|---|---|
| 1* | 1 |
| 2* | 1 |
| 3** | 2 |
| 4** | 2 |
| 5***** | 5 |
| 6** | 2 |
| 7* | 1 |
| 8****** | 6 |

**Semaine du 20 02 89 au 26 02 89**

| N° | Nom | Prénom | Date prel. | Del. | Prélèvement | UF | Antibio | | 1234567890 | 123456890 | 1234567890 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11111111122222222223 | | | | | | | | | | | | |
| ***** Service de : CHIR.9 : Staphylocoque Aureus | | | | | | | | | | | | |
| 2329 | BON | Andrée | 20 02 89 | 21 | LCR | 2134 | R | S | SSS | S | SSS | S |
| 2378 | REN | Henri | 20 02 89 | 20 | DRAIN | 2133 | R | S | SSI | S | SSS | S |
| 2404 | BIL | Olivier | 20 02 89 | 3 | CRACHAT | 2132 | R | S | SSS | S | SSS | S |
| 2407 | NEU | Claude | 21 02 89 | 3 | ASP .BRONCH. | 2132 | R | S | SSS | S | SSS | S |
| 2410 | PAO | Rémy | 21 02 89 | 4 | ASP . BRONCH | 2132 | R | S | SSS | S | SSS | S |
| 2569 | BIE | Rosa | 22 02 89 | 10 | CATHETER | 2132 | R | S | SSS | I | SSS | S |

**Exemple d'une édition de déclaration d'infection nosocomiale urinaire (présumée) fournie par le logiciel Alerte**

figure 2

Avec la méthode décrite, les raisons de la sélection, l'identifiant, prélèvement et germe puis la définition de ce type d'infection. Enfin, une place réservée au médecin pour infirmer ou non le diagnostic. A Nancy, les fiches seront retournées au président du CLIN.

**Laboratoire central de microbiologie**
**Service de M. le Professeur Durant**

LES INFECTIONS NOSOCOMIALES SONT UN PROBLÈME MAJEUR ET DOIVENT ÊTRE DÉCLARÉES.
Les données du laboratoire permettent de les suspecter avec une bonne probabilité :
- si une méthodologie rigoureuse est appliquée,
- il faut éliminer les « doublons », les prélèvements < 3 jours et certains prélèvements.

Avec cette méthodologie, une infection nosocomiale est suspectée car :
- ce germe vient d'être mis en évidence pour la première fois,
- dans un prélèvement obtenu 22 jours après le début de l'hospitalisation

Des arguments supplémentaires vont dans le même sens :
- bonne spécificité de ce type de prélèvement,
- UCB ≥ 10 puissance 5 germes/ml,
- germe considéré comme hospitalier.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Service | : | Médecine | N° : 231 |
| Nom et prénom | : | Duffner Georges | |
| Date de naissance | : | 14 06 1906 | |
| Date d'entrée | : | Lundi 6 février 1989 | |
| Date de prélèvement | : | Mardi 28 février 1989 | |
| Prélèvement | : | Urine | |
| Germe | : | Bacille pyocyanique | |

DÉFINITIONS OFFICIELLES DE L'INFECTION URINAIRE NOSOCOMIALE
Bactériurie asymptomatique
- Une uroculture quantitative positive (≥ 10 puis. 5 organismes/ml), si le patient a été sondé (sondage vésical à demeure) pendant la semaine précédant le prélèvement.
- En l'absence de sondage, 2 urocultures quantitatives consécutives positives (≥ 10 puis. 5/ml) au(x) même(s) germe(s) sans qu'il y ait plus de 2 germes isolés.

Bactériurie symptomatique
- Fièvre (> 38°C) sans autre localisation infectieuse et/ou envie impérieuse et/ou dysurie et/ou pollakiurie et/ou tension sus-pubienne
- et une uroculture positive (≥ 10 puis. 5 organismes/ml) sans qu'il y ait plus de 2 espèces microbiennes isolées, ou une uroculture positive (≥ 10 puis. 3 organismes/ml) avec leucocyturie (≥ 10 puis. 4/ml)

Pouvez-vous répondre et renvoyer le questionnaire au responsable du CLIN :
Si * - cochez la bonne réponse
A votre avis, s'agit-il d'une infection nosocomiale ? * oui ☐ non ☐
Si non, donnez vos arguments : .....

références


1) B. Legras, L. Feldmann, J. Legras et coll. : « Bactério : un logiciel pour la bactériologie orienté également vers l'hygiène hospitalière ». Rev. Fr Labo, 1992, 232, 43-46.
2) B. Legras, A. Patris, J. Legras et coll. : « Une aide automatisée à la détection des infections nosocomiales à partir d'un fichier central de bactériologie ». Méd. et Mal. infectieuses, 1989, 19, 728-733.
3) B. Legras, L. Feldmann, M. Weber et coll. : « La déclaration des infections nosocomiales. Une nouvelle approche à partir de la bactériologie ». Méd. et Mal. infectieuses, 1994, 24, 798-800.
4) L. Feldmann, B. Legras, J.-C.Burdin et coll. : « Estimation à partir de la bactériologie de l'évolution des infections nosocomiales entre 1989 et 1991 dans un hôpital universitaire ». Path. Biol., 1993, 41, 927-930
5) B. Legras, L. Feldmann, J.-C. Burdin et coll. : « Evaluation des infections nosocomiales à partir des données du laboratoire et des résumés d'hospitalisation ». Méd. et Mal. infectieuses, 1993, 23, 307-315.

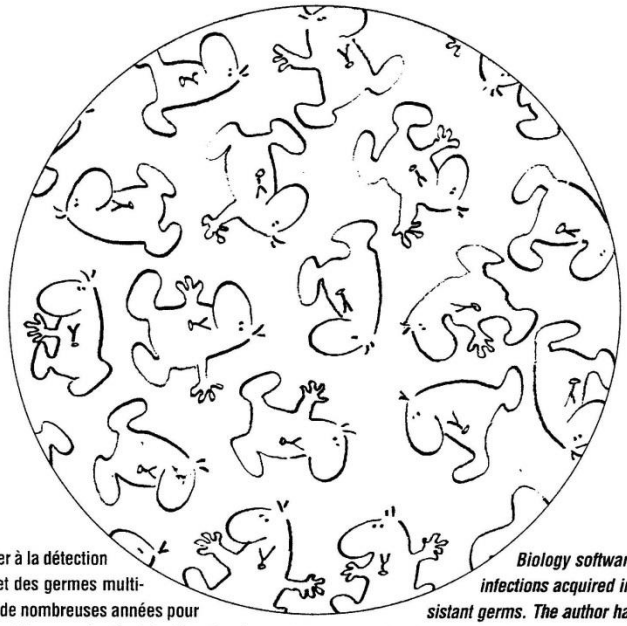
LEGRAS B
Informatique et Santé, 1995, 3, 43-46

No 206

**Bernard Legras**

*Service d'Informatique Médicale, Epidémiologie et Statistiques - CHU de Nancy.*

# L'aide de l'informatique en bactériologie pour la détection des épidémies hospitalières et des germes multirésistants



Les logiciels de biologie doivent aider à la détection des infections acquises à l'hôpital et des germes multirésistants. L'auteur travaille depuis de nombreuses années pour développer des outils informatiques efficaces adaptés à la détection de ces infections à partir des examens de bactériologie. L'article fait le point sur ces systèmes d'alerte de type quantitatif ou qualitatif qui sont intégrés dans le logiciel Bactério et reposent sur des systèmes experts.

***Biology software should assist in the detection of infections acquired in hospital and help identify multiresistant germs. The author has spent many years working on the development of effective computer-based tools for the detection of such infections on the basis of bacteriological examinations. The article discusses these quantitative and qualitative warning systems which are embedded in the Bactrio software and which are based on expert systems.***

**Mots-clés**

Infection nosocomiale

Logiciel

Informatique

Système-expert

Bactériologie

Epidémiologie

LES INFECTIONS nosocomiales (IN), c'est-à-dire acquises à l'hôpital sont fréquentes et constituent un problème majeur de santé publique ; en France, 5 à 10% des patients admis en cours séjour contractent une infection qui entraine une augmentation de la durée de séjour de une à deux semaines, des coûts considérables (estimés entre 2 et 5 milliards de francs par année) et parfois le décès. 20 à 30 % des IN bactériennes surviennent sur un mode épidémique et sont le plus souvent dues à des micro-organismes résistants, de manière naturelle ou acquise à de nombreux antibiotiques et donc alors considérés comme multirésistants. La détection d'une telle épidémie doit être la plus précoce possible afin de pouvoir déboucher sur une intervention épidémiologique rapide et efficace, et d'éviter la dissémination à l'ensemble de l'hôpital.

Le laboratoire de bactériologie est particulièrement bien placé pour réaliser un suivi régulier de l'incidence des IN et donc de surveiller ce type d'infection tant en terme d'endémie qu'en terme d'épidémie, en particulier lorsqu'il s'agit de germes multirésistants. Le logiciel Bactério possède des systèmes d'alerte permettant de repérer ces situations ; ils reposent sur des systèmes experts.

## Le logiciel Bactério

Le logiciel Bactério, mis au point par B. et J. Legras, est écrit en Turbo-Pascal et fonctionne sur

micro-ordinateur PC. Il a deux objectifs principaux : (a) informatiser les données produites par le laboratoire de bactériologie avec une attention particulière l'épidémiologie ; (b) permettre une approche des IN à partir des seules données.

La figure 1 indique les éléments de base d'un enregistrement.

L'exploitation statistique est très développée. Sur le fichier général ou un fichier sélectionné à partir de l'une ou plusieurs des variables de l'enregistrement, on peut réaliser des statistiques nombreuses, simples ou croisées. En particulier, on peut étudier la résistance d'un germe aux antibiotiques et comparer les résultats selon les services et les années.

Bactério possède un système-expert qui sert à la saisie (validation de l'antibiogramme), à l'édition et aux alertes quantitatives (voir plus loin). Rappelons que l'architecture de base d'un système-expert est composée d'une part par une base de connaissances et d'un moteur d'inférence, indépendant des connaissances. La base de connaissances de Bactério contient des règles du type : si (prémisse)... alors (action). Le logiciel utilise des règles pour la saisie (contrôle des résultats avec affichage de messages ou proposition de modification de résultats de l'antibiogramme) ainsi que pour l'édition des comptes-rendus (messages explicatifs). Le système est utilisé en temps réel ou rétrospectivement. Pour la saisie, la base dispose, à ce jour, de 260 règles, regroupées en 68 combinatoires par espèce ou groupe d'espèces.

**1- renseignements médico-administratifs :** numéro d'hospitalisation, numéro d'analyse, nom, prénom, sexe, dates de naissance, de prélèvement et d'entrée dans l'hôpital, numéro d' unité fonctionnelle, code du demandeur, du secteur, du prélèvement. On peut aussi indiquer l'adresse du patient et du médecin.

**2- questionnaire libre :** données cytobactériologiques et/ou médicales. Pour le laboratoire, le questionnaire portera essentiellement sur l'examen direct (on peut constituer divers questionnaires qui dépendront des prélèvements : hémocultures, urines, plaies, LCR..). Pour un CLIN (Comité de Lutte Contre les Infections Nosocomiales), il s'agira plus souvent d'un questionnaire de renseignements médicaux (antibiothérapie, sondage, ventilation..). Les variables sont de type liste, numérique, date, heure, calculée.

**3 - renseignements concernant les germes.** Si la culture est positive, on indique le(s) germe(s) concerné(s) avec éventuellement le type et la numération. Le premier germe est celui qui correspond à l'antibiogramme.

**4 - antibiogramme.** Il comporte une séquence d'antibiotiques prédéterminée par l'utilisateur et des antibiotiques supplémentaires sélectionnés par l'utisateur. Les antibiogrammes peuvent être saisis en diamètres ou en résultats (sensibles, résistants ou intermédiaires). Un compas informatisé peut être utilisé. On peut aussi récupérer les résultats d'automates.

A signaler une aide au codage pour saisir le demandeur, le prélèvement, les germes et les antibiotiques. Par ailleurs, la cotation est calculée automatiquement.

**Fig.1 - Eléments d'un enregistrement du logiciel Bactério**

Une autre originalité du logiciel réside dans son orientation vers les IN. La méthode est basée sur la détermination des germes "suspects" supposés correspondre au mieux aux IN. On considère le délai entre la date d'entrée dans l'hôpital et la date de prélèvement et on exclut ceux qui sont inférieurs au seuil choisi. L'obtention des germes "suspects" nécessite divers traitements mathématiques réalisés automatiquement par le logiciel : non prise en compte des "doublons" (même patient et même germe mais le logiciel fait intervenir aussi l'antibiogramme) et des prélèvements précoces. On peut exclure certains prélèvements, *a priori* non nosocomiaux..

Les exploitations des germes "suspects" sont variées.

1 - On peut connaitre et analyser tous les cas obtenus sous formes de listes et de tableaux.

2 - On peut également essayer de repérer les "bouffées épidémiques" ; c'est l'alerte quantitative qui est présentée plus loin.

3 - On peut enfin réaliser une déclaration de présomption des IN, en précisant les raisons du choix et en rappelant les définitions de l'infection en cause.

## L'alerte quantitative

L'alerte quantitative a pour objectif de détecter rapidement les "bouffées épidémiques". Au CHU de Nancy, cette surveillance de type quantitatif est réalisée en routine depuis 1990. La surveillance porte sur l'ensemble des souches isolées pour lesquelles un antibiogramme a été réalisé et pour lesquelles le délai entre la date d'entrée et la date de prélèvement est supérieur à 2 jours. Après élimination des doublons, le logiciel repère les augmentations non aléatoires des bactéries suspectes d'infections nosocomiales. Le système utilise comme valeur seuil un multiple de l'écart-type par rapport à la moyenne du phénomène observé. Le logiciel analyse les effectifs des "nouveaux" germes suspects (incidence) sur un certain nombre de périodes (par exemple 10 périodes d'une semaine) et détermine pour chaque service et chaque espèce sélectionnés s'il existe une augmentation statistiquement significative lors de la dernière période par rapport à la moyenne des périodes précédentes (les tests sont basés sur la loi de Poisson). Les dossiers correspondants sont imprimés (figure 2).

Le système peut induire de fausses alertes, essentiellement du fait de l'absence ou du manque de précision des renseignements cliniques accompagnant les demandes d'examens bactériologiques. Ces faux positifs peuvent cependant être corrigés par la formation des cliniciens, à qui il appartient de confirmer ou d'infirmer au vu des données cliniques ce message d'alerte, qui jusque là n'indiquait qu'une suspicion d'épidémie. Cette fonctionnalité a été récemment intégrée dans le logiciel sous la forme d'un module de "déclaration de présomption" informatisée des infections nosocomiales.

## L'alerte qualititative

Pour essayer de détecter les souches anormalement résistantes et/ou porteuses d'un profil de multirésistance exceptionnellement rencontré, nous avons développé une nouvelle fonctionnalité de Bactério qui s'appuie sur le système-expert du logiciel.

Pour les alertes qualitatives, de nouveaux types de règles ont été élaborés :

a) des règles qui détectent un profil de résistance donné : par exemple les staphylocoques qui sont à la fois pénicilline et oxacilline résistants.

b) des règles qui repèrent les germes résistants à n antibiotiques au moins dans une liste donnée : par exemple les staphylocoques qui sont résistants à 3 antibiotiques au moins parmi oxacilline, gentamicine, tobramycine et kanamycine.

Ces règles (comme celles pour la saisie et l'édition) sont écrites dans des fichiers texte à l'aide d'un langage simple aisément compréhensible et modifiable par l'utilisateur (figures 1 et 2).

En pratique, à la fin de l'alerte quantitative qui sélectionne les germes "suspects" d'IN puis détermine les augmentations "anormales" et imprime les dossiers correspondants, on lance un nouveau programme ; celui-ci détecte parmi les germes "suspects" de la période considérée ceux qui possèdent les caractéristiques définies par les règles.

Le système peut également être employé sur un fichier quelconque, rétrospectivement par exemple, en prenant en compte, soit toutes les règles, soit seulement l'une d'entre elles choisie par le bactériologiste. On peut alors imprimer la liste des dos-

**Fig. 2 - Exemple de documents fournis par le logiciel ALERTE (associé à BACTERIO) d'aide à la détection des infections nosocomiales ("bouffées épidémiques")**

a) Nouveaux germes "suspects" (d'infection nosocomiale) sélectionnés (selon la méthode décrite dans le texte) par le logiciel durant la période étudiée (semaine du 20 au 26 février1989).

Huit groupes ont été choisis par le bactériologiste :

*Staphylococcus aureus* (AUR), autres *staphylococcus* (STA),
*Klebsiellae* (KLE), *Enterobacter clocae* (CLO),
autres *Enterobacter* (ENT), *Serratia* (SER)
*Pseudomanas aeruginosa* (pyocyanique) (PYO),
autres *Pseudomonas* (PSE), *Acinetobacter* (ACI)

b) Mise en évidence de 5 "alertes" quantitatives (augmentations significatives des germes "suspects") pour la semaine étudiée en comparaison avec les 7 semaines précédentes.

Le logiciel précise divers degrés de signification des test statistiques : +=P<5%, *=P<1%, x=P<0.1%

c) Histogramme de l'évolution d'un germe "suspect" d'une des "alertes" (*staphylococcus aureus*) dans un service de chirurgie (CHIR 9) et édition des dossiers correspondants avec n° de dossier, nom, prénom, date de prélèvement, délai entre hospitalisation et prélèvement, prélèvement, antibiogramme).

Microorganisme

| | | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | MED 1 | 2 | 2 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 8 |
| E | MED 2 | 1 | | 1 | | | | 1 | | | 3 |
| R | REA 1 | 2 | | 2 | | 1 | | 3 | | | 8 |
| V | REA 2 | 1 | | | | | | | 1 | | 2 |
| I | REA 3 | | | | | | | | | | 0 |
| C | CHIR 1 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| E | CHIR 2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 3 |
| S | CHIR 3 | 2 | | | | | | 1 | | | 3 |
| | CHIR 4 | 1 | | | | | | | | 1 | 2 |
| | CHIR 5 | | | | | | | 2 | | | 2 |
| | CHIR 6 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR 7 | 1 | | | | | | 1 | | | 2 |
| | CHIR 8 | | | | | | | | | | 0 |
| | CHIR 9 | 6 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | 10 |
| | CH. 10 | | | | | | | | | | 0 |
| | CH. 11 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | Total | 17 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 11 | 3 | 3 | 45 |

| | AUR | STA | KLE | CLO | ENT | SER | PYO | PSE | ACI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MED 1 + | | | | | | | | | |
| CHIR 3 | | | | | | | * | | |
| CHIR 7 | | | | | | * | | | |
| CHIR 8 | | | | | | | | | |
| CHIR 9 * | | | | | + | | | | |

CHIR 9 *Staphylococcus aureus*

Moyenne sur les 7 avant-dernières périodes = 2,0

| Périodes | Effectifs |
|---|---|
| 1* | 1 |
| 2* | 1 |
| 3** | 2 |
| 4** | 2 |
| 5***** | 5 |
| 6** | 2 |
| 7* | 1 |
| 8****** | 6 |

Semaine du 20/2/89 au 26/2/89

| N° | Nom | Prénom | Date prél. | DI | Prélèvement | UF | Antibio 1234567890 | 1234567890 | 12345678 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 232 | BON | André | 20/2/89 | 21 | LCR | 213 | R | SSS S | SSR S |
| 237 | REN | Henri | 20/2/89 | 20 | Drain | 213 | S | S | SSS S |
| 240 | BIL | Olivier | 20/2/89 | 03 | Crachat | 213 | R | S | SSS S |
| 241 | NEU | Claude | 21/2/89 | 03 | Urine | 213 | S | S | SSS S |
| 250 | PAO | Remy | 21/2/89 | 04 | Urine | 213 | R | S | SSS S |
| 256 | BIE | Rosa | 22/2/89 | 10 | Cathéter | 213 | S | I | SSS S |

pour les staphylocoques
si la pénicilline et l'oxacilline sont résistantes
alors on affiche le message : staphylocoques metiR

La syntaxe est la suivante:
g:[1..5] si a1=r et a5=r alors fm
staphylocoques metiR

Explications :
les staphylocoques sont codés de 1 à 5 dans le fichier des germes,
la pénicilline possède le code 1 et l'oxacilline le code 5 dans le fichier des antibiotiques,
fm signifie fonction message

**Fig. 3 - Premier exemple de règle (alerte qualitative)**

pour les staphylocoques
si le germe est résistant à au moins 3 antibiotiques parmi oxacilline , gentamycine, tobramycine et kanamycine
alors on affiche les antibiotiques résistants

La syntaxe est la suivante:
g:[1..5] si seuil=3 pour a=r parmi a5,a9,a10,a11 alors fp

Explications :
les antibiotiques concernés ont les codes 5, 9, 10 et 11,
fp signifie fonction parmi
si l'on accepte I et R on écrira a=i/r

**Fig. 4 - Deuxième exemple de règle (alerte qualitative)**

*Bactério équipe actuellement 8 laboratoires ; il est commercialisé depuis 1995 par la société Info-Partner (Nancy)*

siers détectés ou créer un fichier que l'on exploitera ensuite avec les outils de statistique du logiciel (résistance aux antibiotiques, dénombrements par service..).

## Conclusion

Les outils informatiques deviennent de mieux en mieux adaptés à la spécificité de la microbiologie et, grâce à eux, le laboratoire de biologie peut acquérir une place centrale dans la lutte contre les infections acquises à l'hôpital.


**Pour en savoir plus**

**B. Legras**

Service d'Informatique Médicale, Epidémiologie et Statistiques
Hôpital Marin, 92 Avenue de Lattre de Tassigny - 54035 Nancy


## Références


1. Legras B., Burdin J.-C. - Le laboratoire de bactériologie comme base d'informations pour l'hôpital. Informatique et Santé, 1991, 5, 32-34.

2. Legras B., Weber M., Legras J., Burdin J.C., Feldmann L. - Bactério-Expert : un système intégré d'aide à la validation des antibiogrammes. Application rétrospective sur 4053 staphylocoques. Path. Biol., 1991, 39, 290-292.

3. Legras B. , Burdin J.C. - Bactério : un logiciel pour les laboratoires de bactériologie et les CLIN. Hygiènes, 1993, 3, 44-45.

4. Legras B., Feldmann L., Weber M., Burdin J.C. - La déclaration des infections nosocomiales. Une nouvelle approche à partir de la bactériologie. Méd. Mal. Infect., 1994, 24, 798-800.

5. Richet H. - Infections nosocomiales : notions d'épidémies hospitalières. In Infection nosocomiale et résistance aux antibiotiques : évolution et tendance, Arnette, Paris, 1993, 1-4.

6. Thomas R., Arvieux C. - Relations entre bactéries multirésistantes et infections nosocomiales. In : Infections nosocomiales et résistance aux antibiotiques : évolution et tendance, Arnette, Paris. 1993, 65-76.

7. Weinstein R.A. - Multiply drug-resistant pathogens : epidemiology and control. In : Hospital infections. Bennet J.V., Brachman P.S., Little Broxn and Company, Boston, 1992, 265-298.

# PMSI

Le résumé médical de sortie. Un outil de communication pour les partenaires de santé

KOHLER F, LEGRAS B, PATRIS A, MARTIN J, MAYEUX D, MONCHOVET S

Revue Française de Santé Publique, 1985, 32, 42-50

No 121

Rev. Fr Santé Publ., 1985, n°32 - pp 42 - 50

# LE RESUME MEDICAL DE SORTIE
## Un outil de communication pour les partenaires de santé

*F. KOHLER, B. LEGRAS, A. PATRIS, J. MARTIN, D. MAYEUX, S. MONCHOVET (1)*

**Résumé** : La recherche de nouveaux critères d'appréciation de l'activité médicale ont amené une réflexion sur l'établissement de coût moyen des soins par pathologie établi à partir de l'analyse de groupes homogènes de malades. Pour connaître leur répartition selon les services, il est nécessaire que chaque séjour hospitalier fasse l'objet d'un résumé standardisé (R.S.S.) prenant en compte non seulement des aspects administratifs mais également des données médicales. Dans cette forme, il est insuffisant pour servir d'outil de communication entre les différents partenaires de santé. L'analyse de ce besoin conduit à proposer un résumé médical de sortie plus complet. Sur cette base l'expérience nancéienne (22 services hospitaliers ont débuté en 1985) est décrite.

**Mots-Clés** :
- Groupe homogène de malades,
- GHM,
- DRG,
- RSS,
- Résumé simplifié de sortie,
- Projet de médicalisation du système d'information,
- Informatique,
- Hôpital,
- Communication,
- Système d'information.

1. *Université de Nancy I Section de Statistique et Epidémiologie Informatique Médicale - Groupe INSERM U.115 B.P. 184 - 54505 Vandœuvre-lès-Nancy Cédex.*

Les travaux sur l'économie de la santé ont amené, aux Etats-Unis, plusieurs économistes à rechercher de nouveaux critères d'appréciation de l'activité médicale. Les critères reposent sur l'idée que l'analyse de groupes homogènes de malades (G.H.M.) permet d'établir un coût moyen des soins par pathologie. Ces G.H.M. (désignés parfois aussi par DRG : Diagnosis-Related-Groups), sont en théorie d'abord établis à partir de données statistiques. Ils sont ensuite complétés et approuvés par des commissions d'experts médecins (1,2,3,4,5,6, 7,8). Aux Etats-Unis, ces G.H.M. sont utilisés actuellement pour le remboursement des soins, (Medicare, Medipaid) mais suscitent de nombreuses critiques, notamment sur l'imprécision de certains regroupements (9). Pour connaître leur répartition selon les services, afin d'analyser l'activité médicale, il est nécessaire que chaque séjour hospitalier fasse l'objet d'un résumé minimal standardisé prenant en compte non seulement des aspects administratifs (durée du séjour...) mais surtout les données médicales : diagnostic principal, diagnostics associés, actes pratiqués...

Du point de vue administratif, cela est vu comme une médicalisation du système hospitalier d'information. C'est le projet développé en France, par le Ministère de la Santé (Direction des Hôpitaux) sous le nom de P.M.S.I. (Projet de Médicalisation du Système d'Information) (10). La première étape consiste à obtenir pour chaque séjour hospitalier d'un malade, un résumé standardisé de sortie (RSS) dont l'objectif correspond à la démarche administrative et économique que nous avons développée.

Le contenu du RSS est rappelé sur la figure 1. Dans cette forme il est insuffisant pour servir d'outil de communication entre les partenaires de soins, en particulier les partenaires médicaux. C'est pourquoi nous avons mis en place le Résumé Médical de Sortie (RMS) pour chaque séjour hospitalier d'un malade. L'ensemble des RMS d'un malade constitue la base minimale d'un système d'archives médicales.

### • Position du problème

#### ○ *Qui communique : les partenaires de santé :*

Il est possible de distinguer trois grands groupes de partenaires de santé :

– *Le malade et sa famille :*

Un système d'information de santé doit permettre au malade d'être mieux soigné. Cela peut se concevoir avec la remise à disposition, à chaque consultation ou hospitalisation, de la totalité des RMS antérieurs, avec en plus les localisations des dossiers médicaux complets. Cependant, il est évident que le RMS ne peut être, à l'état brut, un moyen direct de communication avec le malade. Au second degré, ce dossier permet de recueillir des informations visant à améliorer la santé et servir ainsi un objectif de Santé Publique. De plus, un recueil systématique d'informations est sécurisant pour le malade et sa famille qui dans le même hôpital, quel que soit le service, remarque une homogénéité de la démarche des différentes équipes : bureau des entrées, soignants...

– *Les personnels soignants*

Dans l'état actuel des connaissances médicales, porter un diagnostic, établir une thérapeutique n'est que rarement le fait d'une seule personne en milieu hospitalier. C'est une équipe pluridisciplinaire qui prend en charge le malade et échange des informations sur les malades. Les besoins de communication sont doubles. Ils concernent les différents «types» de personnels de soins : médecins, infirmiers, techniciens médicaux, ils sont aussi déterminés par la localisation de ces personnes : soignants du service qui accueillent le malade pour son séjour hospitalier, soignants des autres services, qui sont appelés pour avis spécialisé, soignants des plateaux techniques, d'exploration in vivo et in vitro, soignants extérieurs qui ont confié à l'hôpital leur malade et qui assureront la continuité des soins à sa sortie.

– *Les organismes administratifs*

Avec leur position, locale, régionale, nationale et leurs objectifs (administration hospitalière, organismes de prestations sociales...), ils ont également besoin de renseignements médicaux pour remplir leur fonction. Dans ce cas, il ne s'agit plus directement de données nominatives, mais de connaissances globales.

○ *Les informations à échanger*

Il est possible de les classer en quatre grands groupes :

– *Les informations purement administratives :*

Les besoins sont modérés. La connaissance exacte du régime de sécurité sociale du malade n'intéresse que peu les soignants, même si le degré de couverture qu'il entraîne est important et peut influer des décisions médicales : placement...

– *Les informations médico-administratives*

Elles sont nombreuses et peuvent, le plus souvent, être communiquées par les partenaires administratifs du bureau des entrées aux soignants : catégorie socio-professionnelle du malade, date de naissance, date d'entrée...

– *Les informations médicales partageables*

- de façon nominative avec les autres soignants : médecin, infirmière...

- De façon anonyme avec les partenaires administratifs : diagnostics et actes permettent d'établir le RSS.

– *Les informations médicales privées du Service accueillant les malades :*

Il s'agit de renseignements médico-administratifs : (reconvocation du malade...) ou médicaux (intérêt du dossier, sémiologie...) nécessaires à l'activité du Service échangeables entre les soignants du service mais qui restent privés, et n'entraînent pas un besoin de communication.

○ *Les difficultés «conceptuelles» d'un tel projet :*

– *Les nomenclatures*

Communiquer nécessite un langage commun. Il faut alors un vocabulaire commun qui associe à chaque concept, un support univoque («mots de code»). L'usage de telles nomenclatures est encore relativement peu fréquent en France. Si certaines existent, il s'agit essentiellement de nomenclatures spécialisées : thésaurus ORL, code Adicap pour l'anatomopathologie... et non d'outils permettant une certaine universalité nécessaire à la communication. La 9ème révision de la classification internationale des maladies de l'O.M.S. (fortement conseillée) remplit en partie cette condition pour les diagnostics mais le problème reste aigu pour les actes en particulier. Ce «catalogue des Actes» a comme finalité première la détermination des GHM. A ce titre, ce sont les actes «coûteux» qui sont privilégiés. Cette notion économique n'est pas celle qui motive le plus une participation efficace du corps médical. Celui-ci est plus concerné par les informations utiles apportées par ces actes, en particulier leur valeur discriminante (diagnostique, thérapeutique, pronostique). Ces deux points de vue ne sont pas compatibles.

Ceci implique aussi que la codification soit réalisée par un personnel formé aux subtilités de ces nomenclatures et en connaissant à fond toutes les possibilités. Il y a donc un problème de formation qui est fondamental.

– *La qualité de l'information*

Ici comme ailleurs, pour être utile, une information doit être de bonne qualité. L'instrument de mesure doit être fidèle, répétitif. De plus, si l'on désire faire du RMS une plaque tournante de l'information concernant un malade, son exhaustivité doit être obtenue. Celle-ci concerne

l'hôpital : les RMS de *tous* les malades, et le malade : tous les RMS pour un malade dans tous les hôpitaux concernés. Cela revient à dire que du point de vue médical, il faut recueillir les séjours hospitaliers, les consultations, les hospitalisations de jour ou d'autres types.

– *Les objections socio-culturelles :*

Le problème de la confidentialité des données médicales informatisées est clairement défini par la loi «relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés» (6.1.78).

Nous n'insisterons pas sur les difficultés psychologiques, les craintes de contrôle... que peut entraîner un tel projet.

- **L'expérience Nancéienne**

o *Contenu du RMS et présentation*

A partir des réflexions précédentes, en commun accord obtenu en C.M.C., le RMS a pris la forme présentée en figure 2.

Il reprend les éléments nécessaires du RSS auquel s'ajoute comme information médicale partageable la notion d'intervention chirurgicale et un certain nombre d'éléments facultatifs. Les informations complémentaires spécifiques à un service sont introduites sous forme de 26 caractères. Chaque service est libre de leur usage, aussi bien pour la nature que pour le codage de ces informations.

La nomenclature utilisée pour les diagnostics est celle de l'O.M.S. (9ème révision), à 4 chiffres. Nous laissons les services libres de compléter chaque notion en utilisant un 5ème chiffre, pour mieux tenir compte des catégories propres à chaque spécialité. Pour les actes, le problème n'est pas encore totalement résolu, dans l'attente (à la date de rédaction de ces lignes) du code proposé par le Ministère. Une première version proposée en Juillet 1983 avait reçu un accueil modéré et un certain nombre de services avaient commencé à rédiger leur propre code des actes. Nous leur avons demandé de surseoir, pour conserver le bénéfice d'une homogénéité suffisante entre tous les hôpitaux.

Il faut ajouter à ceci un projet d'expérience dans quelques services, où l'on envisage de créer un Résumé Infirmier de Sortie (R.S.I) qui s'ajoutera aux informations spécifiques.

La présentation du R.M.S. consiste en une chemise cartonnée pouvant servir à la prise de l'observation et possédant en première page l'imprimé rapporté à la figure 2. Cet imprimé est auto-copiant sur la chemise cartonnée ce qui permet de le détacher à la sortie du malade du service pour l'adresser au service d'informatique médicale hospitalière.

o *Le traitement, les moyens informatiques*

En attendant la possibilité d'une informatisation en ligne des différents services, le traitement est centralisé au niveau du service d'informatique médicale. Il se fait sur un micro-ordinateur Victor S1 possédant un disque dur pouvant stocker 10 millions de caractères, une unité de disquettes de 1,2 million de caractères, une imprimante à 300 lignes par minute. Les programmes de saisie et d'exploitation ont été écrits en Pascal par les médecins-informaticiens du service. Ces programmes, très structurés, sont modulaires.

La saisie des données est réalisée par une dactylo-codeuse (détachée du C.R.I.H., Centre Régional d'Informatique Hospitalière). La validation logique des informations est réalisée en temps réel au moment de la saisie.

La validation sémantique logique se fait par le retour aux services du texte en clair correspondant aux codes entrés pour chaque malade. Nous n'avons pas étudié son efficacité jusqu'à présent.

Afin de permettre un contrôle d'exhaustivité sans qu'il y ait rupture du secret médical, une connection hebdomadaire avec le C.R.I.H. assure en mode différé (non interactif) le transfert sur le Victor des numéros de malades et des informations administratives nécessaires au RMS. Ces données proviennent d'un sous-fichier constitué par le C.R.I.H. à partir du fichier de facturation Sigma.

o *Les retours vers les services*

– Les retours journaliers

Il s'agit de l'édition en clair des RMS transmis au service d'informatique médicale. Ce retour s'effectue dans les 24 heures suivant la réception du bordereau. L'édition en clair peut être utilisée comme bulletin de liaison à la sortie du malade. (cf figure 3). Il devrait permettre la validation sémantique des données entrées, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Pour les RMHS présentant une anomalie, une édition avec localisation des erreurs est réalisée (cf. figure 4).

– Les listes mensuelles :

De façon systématique, deux listes cumulatives depuis le premier janvier de l'année courante sont adressées à chaque service, l'une suit l'ordre alphabétique du nom du malade, l'autre suit l'ordre alphabétique du diagnostic principal. Le contenu de ces listes est paramétré à la demande des services (cf. figure 5). Des listes spécifiques triées suivant d'autres critères peuvent être faites à la demande.

– Les exploitations à la demande :

Un logiciel de sélection multicritère permet d'établir aussi bien des statistiques descriptives que des tests d'hypothèses entre des sous-groupes. Ces statistiques portent sur toutes les informations entrées dans les RMS par les services, aussi bien pour les données générales que pour les informations spécifiques.

○ *La constitution des RSS destinés aux services administratifs locaux et ministériels.*

Elle est centralisée au niveau du service d'informatique médicale, ce qui simplifie les problèmes liés au secret médical. On constitue un fichier anonyme des RSS, en les extrayant des RMS.

## • Le Bilan de l'expérience

Au départ, l'expérience ne devait concerner pour 1985 que l'hôpital de Brabois du CHU de Nancy qui comporte deux autres pôles : les hôpitaux de ville et l'hôpital Jeanne d'Arc. En fait à la demande du corps médical certains services de ces deux autres pôles participent à l'expérience.

La phase de mise en place ne devait initialement porter que sur la période de Novembre 1984 au 1er Janvier 1985.

En fait, au début du 2ème trimestre 1985, la totalité des services prévus n'est pas encore totalement impliquée. On vérifie que la modification des habitudes demande du temps. Au total 22 services d'hospitalisation sur les 27 du pôle de Brabois ont commencé et 6 services des autres pôles s'y ajoutent soit 28 services sur les 52 de l'ensemble du CHR . Cinq services réalisent systématiquement des RMS pour leurs consultants, un seul en réalise pour les hospitalisations de jour.

Trois mois après la mise en route officielle, près de 4 000 RMS ont été remplis, (dont près de 500 pour les consultations et les hospitalisations de jour), 75 % des services utilisent 5 chiffres pour le codage des diagnostics et 70 % se servent de données spécifiques.

L'un des problèmes majeurs que nous avons à résoudre est la modicité des moyens dont nous disposons pour mener à bien cette vaste réalisation, aussi bien en personnel qu'en matériel. Il est prévu que cette situation doit s'améliorer progressivement, mais la qualité en dépend.

La bonne adhésion, de l'ensemble des personnels médicaux et soignants est nécessaire pour conserver la qualité de l'information. Ceci implique une sensibilisation de tous les partenaires : agents administratifs du bureau des entrées, médecins des services, infirmières ... et à la responsabilisation des services. Ceux-ci ont nommé un interlocuteur pour le RMS. Cette sensibilisation a été réalisée par des réunions mais également par des visites personnelles et elle est renforcée par des réunions mensuelles des responsables des RMS.

Le retour des documents vers les services et principalement les listes triées a été jugé comme le point capital pour obtenir une bonne adhésion. Cela souligne le rôle de communication du RMS.

## • Bibliographie


1. FETTER R.B., SHIN Y., FREEMAN J.L., AVERILL R.F., THOMPSON J.D.
   Case-mix definition by Diagnosis-Related Groups.
   **Medical Care, 1980 ; 18 (2 : suppl.) 1-53.**

2. BESANCON F.
   **Le budget de service dans le contexte du budget hospitalier global.**
   **Résultats initiaux en médecine générale.**
   **Semaine des Hôpitaux de Paris, 1984, 60, n° 9: 635-40.**

3. YOUNG W.W., SWINKOLA R.B., ZORN D.M
   The measurement of Hospital Case Mix
   **Medical Care, 1982 ; 20 (n° 5) : 501-12.**

4. GARIN B.
   **L'apport de la classification des malades à la gestion hospitalière : des D.R.G. aux G.H.M.**
   **Techniques hospitalières, 1984 (déc. n° 471) 65-70.**

5. HORNBROOK M.C.
   **Hospital case mix : its definition, measurement and use (Review article).**
   **Medical Care Review, 1982 ; 39 : 73-159.**

6. JOINT GROUP : EHPG/OMS (J. VANG Editor)
Report on the third join EHPF/WHO meeting diagnostic related groupings financing and Technology diffusion.
**Brussels**, Mai 1984 ; 24-24.

7. SCHWARTZ M., MERRIL J.C., KLEBANOFF BLAKE L.,
DRG-Based Case Mix and Public Hospitals.
**Medical Care**, April 84, **22** : n°4.

8. SMITS H.L., WATSON R.E.
DRGs and the future of surgical practice.
**The New England Journal of Medicine** 1984 ; **311** : n°25.

9. STERN R.S., EPSTEIN A.M.
Institutional responses to prospective payment based on Diagnosis-Related Groups. Implication for test, Quality and Access.
**The New England Journal of Medicine**, 1985 ; **312** : 10, 621-7.

10. MINISTERE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SOLIDARITE NATIONALE.
Projet de médicalisation du système d'information (PMSI) - Résumé de Sortie Standardisé (RSS).
**Document Travail** ; Mai 1983.

**Figure I -**

| | | Nombre de caractères | |
|---|---|---|---|
| Matricule de l'entité juridique | | 9 | |
| Numéro du RSS | | 7 | |
| Date d'entrée dans l'entité juridique | | 6 | (JJ MM AA) |
| Date de naissance | | 8 | (JJ MM AAAA) |
| Mode d'entrée dans l'entité juridique | | 1 | |
| Date de sortie de l'entité juridique | | 6 | (JJ MM AA) |
| Mode de sortie de l'entité juridique | | 1 | |
| Sexe | | 1 | |
| Activité professionnelle | | 1 | |
| Catégorie Socio-professionnelle | | 2 | |
| Code régime de SS | | 3 | |
| Numéro du service | | 4 | |
| Discipline du service | | 3 | |
| Date d'entrée dans le service | | 6 | |
| Mode d'entrée dans le service | | 1 | |
| Date de sortie du service | | 6 | |
| Mode de sortie du service | | 1 | |
| Diagnostic principal | | 4 | |
| Cause simplifiée de l'accident | | 1 | |
| Diagnostics secondaires | 5 x 4 | 20 | |
| Actes | 10 x 4 | 40 | |
| Longueur d'enregistrement | | 131 car. | |

FIGURE 2

**C.H.R. NANCY | SERVICE DE** N° ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ Discipl. ⌊_⌊_⌋

| | |
|---|---|
| Secteur :<br>ADRESSE :<br><br>MÉDECIN TRAITANT :<br><br>INTERNE : | N° d'hospitalisation :<br>NOM :<br>PRÉNOM :<br>DATE NAISSANCE :<br>SEXE :<br><br>Numéro du dossier dans le service ⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌋<br>CONSULTATION = C ⌊_⌋ |

**ACTIVITÉ** - 1 : act. prof., 2 : retraité, 3 : demandeur d'emploi (ayant trav.), 4 : demandeur d'emploi (n'a pas travaillé), 5 : étudiant, 6 : veuf(ve) avec pension, 7 : autre inactif. ⌊_⌋

**CATÉGORIE SOCIO-PROFESSIONNELLE** (code INSEE) ⌊_⌊_⌋

**ENTRÉE DANS LE SERVICE** - Date (Jour, Mois, An) ⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌋

**Mode** - 1 : consult., 2 : médecin, 3 : transf. autre hôpital, 4 : voie publique, 5 : travail, 6 : serv. urgence, 7 : transf. serv. Brabois, 8 : transfert serv. C.H.U. (sauf Brabois), 9 : autre ⌊_⌋

**SORTIE DU SERVICE** - Date (Jour, Mois, An) ⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌋

**Mode** - 0 : contre avis méd., 1 : domicile, 2 : hosp. à domicile, 3 : prise en charge, 4 : in extremis, 5 : décès sans autopsie, 6 : décès avec autopsie, 7 : autre serv. Brabois, 8 : autre service C.H.U., 9 : autre ⌊_⌋

**DIAGNOSTIC PRINCIPAL** (code O.M.S.)

..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

**SI ACCIDENT : Cause** - 1 : acc. transport, 2 : intox. acc., 3 : acc. au cours d'acte méd. ou chir., 4 : tentative de suicide, 5 : homicide, 8 : autre, 9 : inconnu ⌊_⌋

**DIAGNOSTICS SECONDAIRES** (code O.M.S.)

1 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

2 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

3 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

4 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

5 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

**INTERVENTION(S) CHIRURGICALE (S)** pendant l'hospitalisation - 1 : oui - 2 : non ⌊_⌋

**ACTES**

1 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ 2 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

3 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ 4 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

5 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ 6 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

7 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ 8 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

9 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ 10 : ..... ⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

**FACULTATIF**

Numéro d'ordre des venues dans le service ⌊_⌋

Numéro d'ordre des venues dans le service pendant l'année en cours ⌊_⌋

Motif d'hospitalisation - 1 : bilan, diagn., trait., 2 : cure thérapeutique, 3 : bilan de contrôle ⌊_⌋

Intérêt du dossier - 1 : clinico-biologique, 2 : recherche, 3 : thérapeutique, 4 : iconographique, 8 : autre, 9 : sans précision ⌊_⌋

Reconvocation : 1 : consultation, 2 : hospitalisation jour, 3 : hospitalisation ⌊_⌋

Date (Jour, Mois, An) ⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌋

**DONNÉES SPÉCIFIQUES :**

⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌋ ⌊_⌊_⌊_⌊_⌊_⌋

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

Service d'Informatique Médicale Hospitalière. Résumé Simplifié de Sortie
Pr. J. MARTIN, Pr. B. LEGRAS, Dr. F. KOHLER , Mr. A. PATRIS

Service de SERVICE D'HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE NO : 1020
Pr. P.GAUCHER
Pr. Ag. MA BIGARD Dr. B. CHAMPIGNEULLE
Responsable R.S.S. : Dr. B. CHAMPIGNEULLE

-) 124
HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
-) Numéro Hospitalisation : 444444444
-) Nom Prénom : NANCY CHARLES-HENRI-RAYM.
-) Date de Naissance : 01011985
Age : 0 Ans 2 Mois
-) Sexe : H
-) Numéro Dossier Service : 8500001
-) Consultation :
-) Activité : 2
RETRAITE
-) Cat. Soc. Prof. :
-) Date Entrée Service : 050185
-) Mode Entrée : 2
ADRESSE(E) PAR MEDECIN
-) Date Sortie Service : 060185
-) Mode Sortie : 1
RETOUR A DOMICILE
Durée du séjour (jours) : 2
-) Diagnostic Principal : 185
TUMEUR MALIGNE DE LA PROSTATE
-) Cause Accident :
-) Interv. Chir. (1:O/2:N) : 2
-) No Ordre des Venues :
-) No Ordre Année :
-) Motif Hospitalisation :
-) Intéret du Dossier :
-) Reconvocation :
-) Date de Reconvocation :
-) Donnees Specifiques A/J :
-) Donnees Specifiques K/T :
-) Donnees Specifiques U/Z :

**Figure 3**

Service d'Informatique Médicale Hospitalière. Résumé Simplifié de Sortie
Pr. J. MARTIN, Pr. B. LEGRAS, Dr. F. KOHLER, Mr. A. PATRIS

DOSSIER AVEC PRESENCE D'ERREUR(S)

| | | |
|---|---|---|
| NO SERVICE | : 1020 | |
| DISCIPLINE | : 124 | |
| NO HOSPITALISATION | : 444444445 | |
| NOM PRENOM | : NANCY CHARLES HENRI RAYM. | |
| D NAIS JJMMAAAA | : 01011985 | |
| SEXE | : H | |
| NO DOS. SER. | : | |
| CONSULT. | : | |
| ACTIVITE | : | |
| CAT. SOCIO-PRO. | : | |
| ENTREE SERVICE DATE | : 180385 | |
| MODE | : | <-- ERREUR |
| SORTIE DATE | : | <-- ERREUR |
| MODE | : | <-- ERREUR |
| DIAGN. PRINC. | : | <-- ERREUR |
| C.ACC. | : | |
| DIAG. SEC. 1 | : | |
| 2 | : | |
| 3 | : | |
| 4 | : | |
| 5 | : | |
| INTERVENTION | : | |
| ACTES 1 | : | |
| 2 | : | |
| 3 | : | |
| 4 | : | |
| 5 | : | |
| ACTES 6 | : | |
| 7 | : | |
| 8 | : | |
| 9 | : | |
| 10 | : | |
| NO ORDRE VENUE | : | |
| ORDRE ANNEE | : | |
| MOTIF HOSP. | : | |
| INTERET DOSS. | : | |
| RECONVOCATION | : | |
| DATE | : | |
| DONNEE SPE. AJ | : | |
| KT | : | |
| UZ | : | |

**Figure 4**

## Liste par ordre alphabétique de diagnostic principal

SERVICE D'INFORMATIQUE MEDICALE. Pr. J. MARTIN, Pr. B. LEGRAS, Dr. F. KOHLER, Mr. A. PATRIS

SERVICE DE RHUMATOLOGIE "B" Le ! 180385

Page : 1 FICHIER TRAITE : B:IMP REPORT : B:IMP.DIA

| NO. HOSP | DOS.SE | NOM | D.NAISS. | S | D.ENT. | E | D.SORT | S | C | D.PRI | A | D.S1 | D.S2 | D.S3 | D.S4 | D.S5 | C | ACT.1 | VS | VA | DS | AGE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 041037770 | 31282 | ND | 17031922 | H | 040285 | 2 | 040395 | 7 | | 1702 | - | 2419 | 2754 | | | | 2 | | | | 32 | 6300 |
| 041981627 | 31047 | MU | 27041914 | H | 051284 | 3 | 211284 | 9 | | 1985 | | 2041 | 1629 | | | | 2 | | | | 17 | 7009 |
| 041955650 | 29582 | VI | 31101917 | F | 171284 | 9 | 221284 | 1 | | 2030 | | 9840 | 7261 | | | | 2 | | 08 | 06 | 6 | 6703 |
| 041970449 | 26345 | LE | 11011914 | F | 070185 | 9 | 100185 | 1 | | 2030 | | | | | | | 2 | | | | 4 | 7101 |
| 041970518 | 28691 | GE | 07051911 | F | 070185 | 9 | 100185 | 1 | | 2030 | | | | | | | 2 | | | | 4 | 7309 |
| 041997376 | 31158 | FA | 30121939 | F | 020185 | 1 | 150185 | 2 | | 3530 | | | | | | | 2 | | | | 14 | 4502 |
| 041993717 | 30056 | GA | 20031908 | F | 171284 | 2 | 211284 | 1 | | 4465 | | | | | | | 2 | | | | 5 | 7610 |
| 041983575 | 27668 | GE | 26081924 | H | 101284 | 2 | 211284 | 1 | | 71105 | | 226 | 0158 | | | | 2 | | | | 12 | 6005 |
| 041993524 | 31173 | DJ | 22071928 | H | 171284 | 2 | 241284 | 1 | | 71206 | | 2500 | | | | | 2 | | | | 9 | 5607 |
| 041009560 | 31264 | MA | 09061935 | H | 070185 | 2 | 300185 | 1 | | 7140 | | 4019 | | | | | 2 | | | | 24 | 4909 |
| 041987190 | 21667 | VI | 27031930 | H | 101284 | 1 | 141284 | 1 | | 7140 | | 440 | 401 | 5533 | | | 2 | | 02 | 01 | 5 | 5410 |
| 041962640 | 27712 | GU | 16121948 | H | 171284 | 9 | 191284 | 1 | | 7140 | | 4439 | | | | | 2 | | | | 3 | 3601 |
| 041980420 | 21463 | GA | 19121940 | F | 101284 | 1 | 191284 | 1 | | 7140 | | | | | | | 2 | | 08 | 03 | 10 | 4401 |
| 041980828 | 26162 | EM | 06101936 | H | 031284 | 2 | 071284 | 1 | | 7140 | | 502 | | | | | 2 | | | | 5 | 4903 |
| 041016250 | 31174 | SC | 13071938 | H | 140185 | 2 | 170185 | 1 | | 7150 | | 7330 | | | | | 2 | | | | 4 | 4607 |
| 041019724 | 31174 | SC | 13071938 | H | 200185 | 9 | 250185 | 1 | | 7150 | | 7330 | | | | | 2 | | | | 6 | 4607 |
| 041019305 | 31219 | LA | 01011937 | H | 170185 | 2 | 010285 | 8 | | 7170 | | | | | | | 2 | | | | 16 | 4801 |
| 041993590 | 22488 | UP | 09061937 | H | 171284 | 2 | 211284 | 1 | | 7200 | | | | | | | 2 | | | | 5 | 4707 |
| 041002540 | 30474 | FI | 12051955 | H | 070185 | 1 | 180185 | 2 | | 7221 | | | | | | | 2 | | | | 12 | 2909 |
| 041982153 | 31037 | SU | 11021940 | H | 041284 | 8 | 071284 | 1 | | 7221 | | | | | | | 2 | | 02 | 02 | 4 | 4411 |
| 041025940 | 30751 | BA | 23021948 | H | 220185 | 2 | 300185 | 1 | | 7233 | | | | | | | 2 | | | | 9 | 3709 |
| 041006405 | 30609 | BA | 01011940 | H | 030185 | 2 | 260185 | 1 | | 7242 | | | | | | | 2 | | | | 24 | 4501 |
| 041991980 | 31136 | BE | 01011949 | H | 141284 | 2 | 211284 | 1 | | 7242 | | | | | | | 2 | | | | 8 | 3600 |
| 041987714 | 31142 | LU | 30061958 | H | 101284 | 2 | 221284 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | 01 | 01 | 13 | 2607 |
| 041962291 | 31103 | JU | 18081936 | H | 191284 | 9 | 201284 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | | | 2 | 2805 |
| 041996760 | 31150 | MA | 12091943 | F | 191284 | 2 | 241284 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | | | 6 | 4104 |
| 041988874 | 31096 | BE | 13011941 | H | 211184 | 2 | 231184 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | | | 3 | 4400 |
| 041987770 | 30599 | DE | 12101935 | H | 101284 | 1 | 201284 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | | | 11 | 4903 |
| 041009651 | 31141 | LE | 02021919 | H | 070185 | 2 | 190185 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | | | 13 | 6501 |
| 041992470 | 31155 | MA | 03121940 | F | 051284 | 2 | 151284 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | 01 | 01 | 11 | 4403 |
| 041986052 | 31144 | MA | 02021955 | H | 091284 | 1 | 191284 | 1 | | 7243 | | | | | | | 2 | | 01 | 01 | 11 | 2911 |
| 041016763 | 31262 | MA | 01111944 | H | 140185 | 1 | 240185 | 1 | | 72430 | | | | | | | 2 | | | | 11 | 4004 |
| 041977390 | 31262 | MA | 01111944 | H | 171284 | 9 | 191284 | 1 | | 72430 | | | | | | | 2 | | | | 3 | 4004 |
| 041009039 | 31263 | ES | 19091906 | H | 070185 | 2 | 260185 | 1 | | 72430 | | 4465 | | | | | 2 | | | | 20 | 7805 |
| 041987260 | 31156 | PE | 03071932 | F | 101284 | 2 | 191284 | 1 | | 7244 | | | | | | | 2 | | 01 | 01 | 10 | 5206 |
| 041032063 | 31264 | DU | 16011946 | H | 300185 | 2 | 010285 | 1 | | 72440 | | | | | | | 2 | | | | 3 | 3902 |
| 041013557 | 31251 | TH | 27031944 | H | 030185 | 2 | 170185 | 1 | | 72440 | | | | | | | 2 | | | | 15 | 4006 |
| 041000056 | 31232 | TH | 03011920 | F | 030185 | 1 | 200185 | 1 | | 72440 | | 3217 | | | | | 2 | | | | 18 | 6501 |
| 041992973 | 31232 | TH | 03011920 | F | 171284 | 1 | 221284 | 1 | | 72440 | | | | | | | 2 | | | | 6 | 6501 |
| 041991208 | 23240 | GE | 25021906 | H | 031284 | 2 | 211284 | 1 | | 725 | | | | | | | 2 | | | | 19 | 7811 |
| 041992916 | 31123 | BE | 03011927 | F | 171284 | 2 | 211284 | 1 | | 7261 | | 7210 | | | | | 2 | | | | 5 | 5809 |
| 041963910 | 31152 | HU | 04041920 | F | 031284 | 1 | 141284 | 1 | | 7265 | | | | | | | 2 | | | | 12 | 6409 |
| 041982186 | 31048 | RA | 26051969 | H | 051284 | 2 | 081284 | 1 | | 7266 | | | | | | | 2 | | | | 4 | 1509 |
| 041005945 | 31205 | CA | 11121906 | F | 030185 | 2 | 150185 | 9 | | 7300 | | 4019 | | | | | 2 | | | | 14 | 7202 |
| 041995304 | 31218 | FR | 19051931 | H | 201284 | 2 | 261284 | 7 | | 7300 | | | | | | | 2 | | | | 7 | 5309 |
| 041987237 | 31124 | CO | 14041917 | F | 101284 | 2 | 221284 | 1 | | 7310 | | 7265 | | | | | 2 | | 01 | 01 | 13 | 6709 |
| 041993164 | 31151 | RE | 23061905 | F | 211284 | 2 | 210185 | 6 | | 7330 | | | | | | | 2 | | | | 32 | 7909 |
| 041012135 | 31231 | MI | 26091908 | F | 090185 | 2 | 040285 | 9 | | 7330 | | 496 | | | | | 2 | | | | 27 | 7605 |
| 041958046 | 27944 | GR | 11081955 | F | 191284 | 2 | 191284 | 1 | | 73375 | | | | | | | 2 | | 02 | 01 | 2 | 2905 |

**Figure 5**

* âge exprimé en année/mois

PMSI et résumé standardisé de sortie

KOHLER F, PATRIS A, LEGRAS B

Revue de Réadaptation Fonctionnelle, 1986, 16, 54-60

No 128

# P.M.S.I. ET RÉSUMÉ STANDARDISÉ DE SORTIE

F. KOHLER*, A. PATRIS* et B. LEGRAS*

Le système de santé a comme objectif l'amélioration de santé de la population. Ce résultat est obtenu d'une part, grâce à la prévention des maladies ou accidents et d'autre part, par le traitement curatif. Afin de réaliser les actes nécessaires, des moyens sont affectés aux professionnels de santé : moyens humains : médecins, personnels paramédicaux et administratifs . . ., et matériels : bâtiments, appareillage . . .

Dans le cadre d'un hôpital, les responsables des finances publiques doivent évaluer les besoins de celui-ci de manière à réaliser la juste adéquation entre les produits : amélioration de l'état de santé réalisée par l'entreprise qu'est l'hôpital et les moyens nécessaires pour réaliser ses produits. Il n'existe pas de méthode pour mesurer l'amélioration de l'état de santé. Ceci contraint à utiliser des indicateurs intermédiaires pour évaluer la production d'un hôpital.

Pendant de nombreuses années, celle-ci a été évaluée par les actes réalisés, représentés par les journées d'hospitalisation. Le système du prix de journée est une approche très éloignée du produit final. Il est facile à mettre en œuvre mais est inflationniste au sens où le coût journalier d'un malade est supérieur au prix de journée pendant la première phase d'hospitalisation puis inférieur pendant la deuxième phase. La première partie représente donc une perte pour l'hôpital et la deuxième un profit. Il existe une durée minimale nécessaire à l'équilibre financier de l'hôpital et non à l'amélioration de la santé du malade.

Les études cliniques et statistiques menées initialement aux U.S.A. par l'économiste FETTER montrent que :

- on peut expliquer les moyens nécessaires par un nombre restreint (467) de groupes de pathologies différentes ;
- parmi ces classes, certaines nécessitent la mise en œuvre de moyens avec une très grande variabilité comme les affections du tissu hématopoïétique (leucoses . . .) mais la plupart nécessite la mise en œuvre de moyens présentant une très faible variabilité.

Ces deux constatations permettent d'envisager l'évaluation des besoins d'un hôpital en fonction des différents types de pathologies qui y sont soignées. C'est cette idée qui est au cœur du Programme de Médicalisation du Système d'Information (P.M.S.I.). Elle nécessite le recueil systématique pour chaque hospitalisation d'un minimum d'informations médicales obtenues grâce à un Résumé Standardisé de Sortie (R.S.S.).

La diminution importante de la croissance en matière de santé rend obligatoire une réforme du système de financement des hôpitaux. Le budget global et le taux directeur pris de façon isolée sont mal adaptés aux redistributions internes à l'hôpital (nouvelles techniques, abandon de certains gestes). De même, ils ne permettent pas la réduction des inégalités historiques existant entre les hôpitaux riches et pauvres. Le P.M.S.I. accompagné de la réforme de la comptabilité analytique doit permettre une meilleure gestion, une souplesse dans l'adaptabilité interne et une redistribution inter-hôpitaux.

Il ne faut toutefois pas assimiler la démarche américaine à la démarche française : dans la démarche américaine, l'hôpital est une entreprise qui produit, où il faut identifier le plus objectivement et le plus rigoureusement les produits. Pour chaque produit, un tarif est établi sur la base des coûts. Le financement de l'hôpital est assuré par les tarifs standards appliqués au recrutement (CASE - MIX) de l'hôpital. La démarche française s'inspire largement de la méthode américaine quant à l'évaluation des produits de l'hôpital mais elle en diffère dans son utilisation. Ici, il s'agit d'une aide à la gestion, d'une connaissance des activités permettant le suivi d'activité et des coûts. Le financement de l'hôpital reste assuré par la dotation globale. Les nouveaux indicateurs de gestion et le calcul des coûts par pathologie représentent un outil de négociation du budget global permettant une meilleure cohérence des décisions stratégiques. Cela peut être aussi un outil de comparaison (sous réserve de précaution) entre les différents secteurs. Il s'agit de rationaliser le rationnement.

* Laboratoire d'informatique médicale
Faculté de Médecine
B.P. 184
54505 VANDOEUVRE CEDEX

Rev. Réadapt. Fonct. Prof. Soc. 1986 - 16 - p. 54 à 60
P.M.S.I. et résumé standardisé de sortie
F. KOHLER, A. PATRIS et B. LEGRAS

## LES OUTILS DU NOUVEAU SYSTÈME

L'objectif du nouveau système étant d'évaluer les besoins d'un hôpital à partir des pathologies qui y sont traitées, il faut connaître les coûts d'un groupe de malades donnés et d'autre part, apprécier la pathologie traitée.

La connaissance des coûts est obtenue dans le nouveau système grâce à la mise en place de la comptabilité analytique par centre de responsabilité qui correspond à un nouveau découpage fonctionnel, homogène de l'hôpital. Dans cet exposé, nous ne détaillerons pas cet aspect.

L'appréciation de la pathologie du malade doit permettre son classement dans un des groupes de pathologie cités précédemment. Ceci est rendu possible par la prise en compte pour chaque malade, d'un petit nombre de renseignements médicaux pertinents dans le cadre d'un résumé standardisé de sortie. Nous développons cet aspect de la réforme.

Le rapprochement entre la connaissance des coûts et la pathologie permet une connaissance détaillée de l'activité de l'hôpital aboutissant à de meilleures estimations et de prévisions en matière d'économie de la santé. D'autre part, elle permet de connaître la constitution des coûts et leurs composants par pathologie.

## LES GROUPES HOMOGÈNES DE MALADES

La constitution des Groupes Homogènes de Malades (G.H.M. en France, D.R.G. aux U.S.A.) résulte de l'utilisation simultanée d'un consensus médical de cliniciens experts du domaine et d'un algorithme statistique de classification. Elle procède en trois étapes :

- la première identifie 23 Catégories Majeures de Diagnostics (C.M.D.). Ces 23 modalités sont mutuellement exclusives et recouvrent l'ensemble des codes de la classification internationale des maladies (9e révision) de l'O.M.S. Elles correspondent à un système d'organe unique en général associé à une spécialité médicale. Les maladies ne pouvant être classées au sein d'une C.M.D. orientée vers un organe sont classées dans les C.M.D. résiduelles (exemple : C.M.D. 17 : maladies myéloprolifératives, tumeurs pauvrement différenciées, autres néoplasmes...). La liste des 23 C.M.D. est donnée en annexe 1.

- La deuxième étape consiste à diviser chaque C.M.D. en deux catégories pour rendre la classification homogène grâce à un facteur ayant un effet significatif sur la consommation de ressources médicales correspondant en général à l'utilisation d'un complexe chirurgical. On obtient ainsi au sein de chaque C.M.D., le groupe dit chirurgical et le groupe dit médical.

- La troisième étape consiste à diviser les deux groupes précédents en sous groupes afin d'affiner et d'homogénéiser la classification. Cette division correspond à la prise en compte de la comorbidité (diagnostics secondaires), de l'âge du patient, de la durée du séjour...

On trouve en annexe 2, un exemple d'arbre de décision correspondant à la catégorie majeure nº 7 : maladies et affections du foie, des voies biliaires et du pancréas.

Les éléments nécessaires au classement du malade dans un des G.H.M. représentent des informations nécessaires au parcours des différents arbres. On trouve ainsi :

- des renseignements médico-administratifs : âge, sexe, mode d'entrée, mode de sortie, durée du séjour ;

- des renseignements médicaux : diagnostic principal considéré comme ayant motivé l'hospitalisation (la consommation de ressources médicales), comorbidité (diagnostics secondaires), actes pratiqués relativement à la complexité vis-à-vis des moyens mis en œuvre.

Ceci impose un langage commun pour décrire ces différents éléments donc une standardisation des informations à recueillir. Les renseignements médico-administratifs sont codés selon les nomenclatures utilisées dans les statistiques H 80, les diagnostics selon la classification internationale de l'O.M.S. (9e révision) et les actes selon le Catalogue des Actes du Ministère Français de la Santé paru au Journal Officiel en 1985.

## LE P.M.S.I. ET LE MÉDECIN

Tel que nous l'avons défini, le résumé standardisé de sortie a un but unique orienté vers la gestion. Ceci est un aspect beaucoup trop limité pour que les médecins puissent s'y intéresser. En fait, le R.S.S. doit être un sous produit du dossier médical minimum ; on arrive ainsi à la notion de Résumé Médical de Sortie ou de P.M.S.I. + dont les objectifs sont beaucoup plus étendus :

- optimisation de l'action médicale : le résumé médical de sortie doit permettre de connaître la pathologie traitée, les moyens d'investigation utilisés, les moyens thérapeutiques ou préventifs mis en œuvre et d'apprécier les résultats des diverses attitudes possibles ;
- création d'une base de documentation médicale permettant d'accéder rapidement aux diagnostics rencontrés et actes pratiqués dans un secteur donné, assurant la possibilité de retrouver les dossiers d'archives papier correspondant à certains types de critères répondant à une recherche plurifactorielle ;
- suivi statistique de la morbidité et de l'activité médicale ;
- base minimale d'antécédents médico-chirurgicaux d'un patient dans un système d'information médicale hospitalière ;
- outil de communication entre les différents partenaires de soin. Le résumé de sortie, sous produit du résumé médical, entre dans cette catégorie puisqu'il assure la communication d'informations entre les partenaires administratifs et médicaux dans un but de meilleure gestion.

Il est à noter que pour parvenir à ces différents objectifs, il est nécessaire de prendre en compte des informations complémentaires comme par exemple, le nombre de répétitions d'un acte chez un même patient (nombre de scanners...), d'augmenter la précision de certaines informations classées d'une façon trop globale par les nomenclatures officielles (possibilité d'ajouter un cinquième chiffre aux codes des diagnostics et aux codes des actes), possibilité d'utiliser des nomenclatures médicales de spécialité reconnues par les sociétés savantes françaises ou européennes. Dans ce dernier cas, il est nécessaire

d'envisager une correspondance entre la nomenclature de spécialité et la nomenclature officielle.

Enfin, il n'est pas négligeable de prévoir une partie libre, soit sous forme d'informations codées, soit sous forme de texte littéral permettant de mieux décrire le cas du patient.

## LE R.S.S. EN PRATIQUE

Dans le cadre du R.S.S., l'unité est représentée par l'hospitalisation du patient. Une hospitalisation est caractérisée par une date d'entrée dans l'entité juridique, une date de sortie de l'entité et des différents séjours dans les services de soins.

Les composantes du R.S.S. sont, de ce fait :

- la partie administrative (R.A.) ; il y en a une seule par hospitalisation qui est composée du numéro de l'entité juridique, du numéro de R.S.S., de l'année de naissance et du sexe ;
- la partie médicale ; elle est composée d'autant de parties que de séjours dans différents services : Résumés Standardisés Cliniques (R.S.C.). La synthèse des différents résumés cliniques est réalisée automatiquement par un programme informatique et ne peut en aucun cas être réalisée manuellement. Chaque R.S.C. comporte les informations suivantes : numéro de l'unité médicale, date d'entrée, mode d'entrée, date de sortie, mode de sortie, nombre de séances en cas de chimiothérapie ou de radiothérapie, diagnostic principal, première hospitalisation pour le même diagnostic principal, diagnostics associés (cinq au maximum), actes participant à la classification en G.H.M. (cinq maximum). A ces notions indispensables pour le R.S.S., il faut ajouter la partie personnelle médicale si l'on réalise un R.M.S. ou P.M.S.I. +.

Le champ actuel d'application de ce système concerne exclusivement les hospitalisations complètes ou non (hospitalisations de jour ou de nuit) réalisées en court séjour. L'adhésion au système est basée actuellement sur le volontariat. Sont exclus du système actuel, l'hospitalisation de moyen et long séjour, l'hospice, la maison de retraite, les services de psychiatrie et les consultations quel que soit le lieu où elles sont réalisées.

Dans le cas de traitements itératifs (dialyse, chimiothérapie) on réalise un R.S.S. par trimestre. Dans les maternités, les nouveau-nés non hospitalisés font également l'objet d'un R.S.S.

Dans l'application actuelle, on ne cherche pas à chaîner les hospitalisations d'un même malade.

Un problème particulier concerne les actes à mentionner sur le R.S.S. Ce sont les actes cotés X au catalogue officiel, fascicule spécial n° 85/9bis du J.O. Ce sont les actes qui consomment le plus de ressources médicales (index de complexité relative, I.R.C., élevé). Le R.S.S. se trouve classé selon l'acte le plus lourd à l'intérieur d'une catégorie majeure de diagnostics. Il faut que le diagnostic principal appartienne, en terme d'appareil ou de système, à la même catégorie que l'acte le plus lourd au sein d'une même unité médicale.

Des contrôles de qualité et d'exhaustivité de l'information sont prévus, ils vont des simples contrôles de vraisemblance (appartenance des codes aux nomenclatures autorisées), de cohérence (vérification de la comptabilité des réponses entre les différentes questions), d'exhaustivité (comparaison aux nombres d'entrées...) aux sondages avec retour au dossier papier et contrôle de la qualité de remplissage et de codage du R.S.S.

La formation du personnel se fait en deux étapes. Durant le premier trimestre 1985, des stages nationaux ont été organisés à l'école de Santé Publique de Rennes et ont regroupé pour une formation de formateurs régionaux des médecins hospitaliers, des médecins des D.D.A.S.S. et des D.R.A.S.S., des présidents de C.M.C., des administratifs. Ces formateurs ont en charge l'organisation dans leur région d'un plan de formation qui doit s'étaler sur deux ans et toucher l'ensemble du secteur hospitalier public ou privé participant au service public.

## LE R.S.S. ET LE RESPECT DE LA CONFIDENTIALITÉ

Le R.S.S. est anonyme mais le système d'informations hospitalier ne l'est pas. A l'intérieur d'une entité juridique, on doit pouvoir, pour un séjour hospitalier donné, rassembler la partie administrative (R.A.) et les parties médicales correspondant aux différents séjours dans les unités de soins (R.S.C.). Cette obligation nécessite que les informations soient directement ou indirectement nominatives par exemple en utilisant le numéro Sigma de l'hospitalisation. Il faut donc mettre en place un système de protection de la confidentialité du malade et de respect du secret médical. Ceci est d'ailleurs obligatoire vis-à-vis de la loi 78 17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. Rappelons d'abord les points généraux envisagés par cette loi, en particulier :

- obligation de publicité : toute information nominative directement ou indirectement doit faire l'objet d'une information des personnes. Dans le cadre du R.S.S., l'avis de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (C.N.I.L.) précise que le malade recevra une notice à l'entrée l'informant du R.S.S. et que d'autre part, il en sera fait mention sur la fiche individuelle d'entrée sous forme d'une rubrique particulière ;
- droit d'accès de l'individu : l'individu a le droit d'exiger de connaître le contenu des informations qui lui sont attribuées et éventuellement d'en obtenir la modification. Dans le cadre des informations du R.S.S., le malade a accès directement aux informations administratives par demande auprès du directeur de l'établissement ; quant aux informations médicales, il désigne un médecin de son choix auquel est transmis le dossier.

Pour le résumé standardisé de sortie (R.S.S.), l'avis de la C.N.I.L. précise que le recueil de l'information se fait sous la responsabilité du médecin chargé des soins du malade ainsi que l'organisation du recueil.

Les systèmes et fichiers médicaux doivent être indépendants des fichiers utilisés pour la gestion administrative. L'accès doit être contrôlé par un système d'identification et d'authentification individuelles. Le chef de chaque département clinique ou le médecin responsable de l'information médicale tient à jour et communique au Président de la C.M.C., la liste des personnes habilitées à accéder à ce fichier.

A la sortie de l'hôpital, le fichier des R.S.S. est rendu anonyme par la création d'un numéro spécifique du R.S.S. sous la responsabilité d'un médecin ; ce numéro ne peut en aucun cas, être le numéro d'hospitalisation. Le médecin responsable doit garder la correspondance numéro de R.S.S. - identification du patient. La transmission du fichier vers les autorités administratives de santé donne lieu à un protocole associant le directeur, le président de la C.M.C., le responsable de l'information médicale précisant les responsabilités et les fonctions de chacun. Ce protocole doit figurer dans la demande d'autorisation à la C.N.I.L.

La durée de conservation du fichier R.S.S. est limitée à trois ans et l'hôpital doit se soumettre aux formalités et conclusions de la C.N.I.L.

## L'EXPÉRIENCE NANCÉIENNE : UN AN ET DEMI DE RÉSUMÉS MÉDICAUX DE SORTIE

Contrairement à d'autres établissements équivalents (Grenoble, Paris, Caen...), il n'existait pas à Nancy de dossiers médicaux informatisés communs à tous les services à partir desquels on aurait pu extraire les informations nécessaires au R.S.S.

Le service d'informatique médicale a commencé l'expérimentation en janvier 1985 sur la moitié du C.H.U. Devant les résultats positifs, la généralisation s'est faite en janvier 1986. L'expérience concerne un R.S.S. étendu (P.M.S.I. +) comportant les éléments du R.S.S. auxquels s'adjoignent une partie facultative standardisée pour tous les services et une partie entièrement libre à l'usage très personnalisé pour chacun des services. Compte tenu des critiques relatives aux nomenclatures officielles, les médecins peuvent affiner la précision des diagnostics ou des actes, à l'intérieur de leur spécialité, en utilisant un cinquième chiffre. L'information est recueillie et codée dans chaque service par des médecins qualifiés, un responsable du R.S.S. est nommé par service. Pour compenser ces contraintes, un retour abondant, systématique ou à la demande a été développé au maximum. En pratique, le document de recueil consiste, au choix, soit en une feuille unique, soit en une chemise cartonnée avec feuille détachable autocopiante. La feuille se présente sous forme d'un bordereau informatique standard (Cf. annexe 3). Le dossier (chemise ou feuille) est remis à chaque malade au bureau des entrées. Le personnel administratif du bureau des entrées colle l'étiquette comprenant les renseignements administratifs saisis à l'entrée du malade (n° d'hospitalisation, nom, prénom, sexe, date de naissance, âge, mode d'entrée, date d'entrée, catégorie socioprofessionnelle).

Le malade arrive ainsi dans le service de soins accompagné d'un bordereau sur lequel figure déjà la plupart des informations de la partie administrative du R.S.S. Les médecins du service remplissent et codent les informations médicales puis les fiches sont adressées au service d'informatique médicale pour un traitement informatique centralisé.

Au moment de la saisie, une validation en temps réel de vraisemblance et de cohérence est effectuée.

Les retours d'information vers les services sont journaliers et mensuels.

- Les retours journaliers : pour chaque résumé, le service peut demander l'édition en clair du résumé, un résumé condensé sous forme d'une étiquette autocollante, une édition sous forme de lettre de liaison.

- Les retours mensuels : deux listes systématiques cumulatives au premier janvier de l'année courante sont adressées à chaque service ; l'une est triée par ordre alphabétique sur le nom, l'autre sur le diagnostic principal. Le contenu de ces listes est paramétré à la demande de chaque service. Des listes triées sur d'autres critères sont réalisées à la demande des services. Ces listes sont accompagnées de statistiques d'activité sous forme de dénombrements systématiques recensant les diverses modalités des paramètres du R.S.S.

A côté de ces traitements systématiques, des interrogations à la demande, sous forme de sélections multicritères et de statistiques particulières, peuvent être effectuées.

Jusqu'en juin 1986, l'ensemble du système qui avait traité alors plus de 80 000 R.S.S. utilisait deux micro-ordinateurs et une imprimante rapide. Les programmes ont été écrits par les médecins du service d'informatique médicale en Pascal. La saisie des données et l'exploitation informatique sont assurées par deux dactylo-encodeuses détachées du C.R.I.H.

Actuellement, l'ensemble du système est réimplanté sur un mini-ordinateur Bull DPS6 210 doté de trois consoles. Un an après le démarrage, 23 services sur les 28 du pôle de Brabois participent à l'expérience. Après un an d'utilisation, le jugement des chefs de services est :

- positif 17 fois sur 23
- négatif 4 fois
- sans avis 2 fois.

Les réponses négatives viennent de services possédant des systèmes informatiques spécifiques et ne voulant pas abandonner l'existant.

95% (22/23) des services utilisent tout ou partie des données facultatives.

65% (15/23) complètent les codes O.M.S. par un cinquième chiffre.

30% (7/23) des responsables codent seuls les dossiers mais le plus souvent la tâche est collective : assistants, internes, externes avec souvent l'aide des responsables (chefs ou adjoints) en particulier lors des réunions de dossiers (6/23).

Parmi les éléments de retour, les listes par diagnostics sont jugées importantes pour la plupart des services (15/23).

Un contrôle d'exhaustivité par rapport au fichier administratif a été réalisé sur un an : le pourcentage de remplissage de R.S.S. varie entre 25 et 166%. Cinq services sur 23 ont un résultat inférieur à 50%.

Un contrôle de qualité laissé à l'initiative des responsables de R.S.S. a été effectué dans un service : sur 775 résumés représentant neuf mois, un tirage au sort au 1/25e a permis d'extraire 31 dossiers qui ont été réexaminés. Les erreurs de codage sont rares : une sur le diagnostic principal.

Les diagnostics secondaires pourraient être complétés mais cela paraît sans influence sur la détermination du G.H.M.

Six mois après la généralisation, 38 services sur 50 remplissent les R.S.S. 80% d'entre eux saisissent les actes. Un certain nombre a étendu spontanément le champ d'application du R.S.S. aux consultations.

*ANNEXE 1*

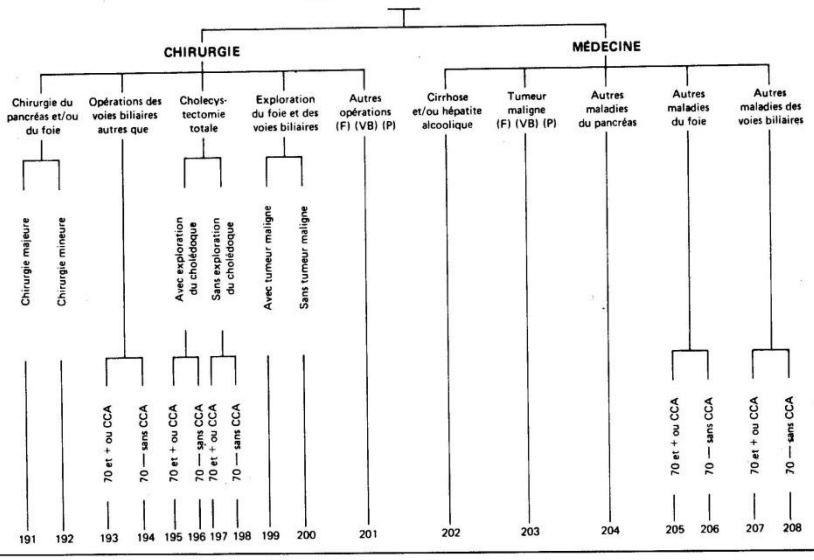
## LES 23 CATÉGORIES MAJEURES DE DIAGNOSTIC

1 - Maladies et affections du système nerveux
2 - Maladies et affections de l'œil et de ses annexes
3 - Maladies et affections des oreilles, du nez et de la gorge
4 - Maladies et affections de l'appareil respiratoire
5 - Maladies et affections de l'appareil circulatoire
6 - Maladies et affections de l'appareil digestif
7 - Maladies et affections du foie, des voies biliaires et du pancréas
8 - Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif
9 - Maladies de la peau, du tissu cellulaire sous-cutané et du sein
10 - Maladies endocriniennes, de la nutrition et du métabolisme
11 - Maladies et affections des reins et des voies urinaires
12 - Maladies et affections des organes génitaux mâles
13 - Maladies et affections des organes génitaux féminins
14 - Grossesse, accouchement et suites de couches
15 - Nouveau-nés normaux et autres nouveau-nés avec certaines affections dont l'origine se situe dans la période périnatale
16 - Maladies et affections du sang, des organes hématopoïétiques et des troubles immunitaires
17 - Maladies myéloprolifératives, tumeurs malignes pauvrement différenciées et autres néoplasmes
18 - Maladies infectieuses et parasitaires (de l'organisme)
19 - Troubles mentaux
20 - Maladies secondaires à l'utilisation d'une substance et troubles organiques induits par une substance
21 - Traumatismes, empoisonnements et effets nocifs des médicaments
22 - Brûlures
23 - Facteurs influant sur l'état de santé et motifs de recours aux services de santé

*ANNEXE 2*

### ARBRE DE DÉCISION

CMD # 7 : maladies et affections du Foie (F), des Voies Biliaires (VB) et du Pancréas (P)



*ANNEXE 3*

**C.H.R. NANCY | SERVICE DE** Discipl. ⌊⌊⌊⌋

Secteur :
ADRESSE :

MÉDECIN TRAITANT :

INTERNE :

N° d'hospitalisation

Date d'entrée établ.
Mode*

Activité, catég. S.P.
NOM
PRENOM
Sexe, date naissance

* Mode d'entrée hosp. : 1 = après cons. serv., 2 = ext. 3 = autre hop., 4 = VP, 5 = travail, 6 = urgence, 7 = serv. établiss., 8 = serv. CHU hors établiss., 9 = autre.

Numéro du dossier dans le service ⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌋

CONSULTATION = C, HOSP. JOUR = J ⌊⌋

SI TRANSFERT DANS L'ETABLISSEMENT, date d'entrée dans le service ⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋

SI CONSULT., mode d'entrée : 1 = intraserv., 2 = ext., 3 = autre hop., 6 = programmée, 7 = intraétabl., 8 = autre serv. CHU ⌊⌋

SORTIE DU SERVICE - Date (Jour, Mois, An) ⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋

Mode : 0 = contre avis méd., 1 = domicile, 2 = hosp. à domicile, 3 = prise en charge, 4 = in extremis, 5 = décès sans autopsie, 6 = décès avec autopsie, 7 = autre serv. établiss., 8 = autre service C.H.U., 9 = autre ⌊⌋

INTERVENTION(S) CHIRURGICALE(S) pendant l'hospitalisation : oui = 1, non = 0 ⌊⌋

DIAGNOSTIC PRINCIPAL (code O.M.S.)

..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋

Est-ce la 1ère hospitation pour ce diagnostic (hop. public/privé) oui = 1, non = 0 ⌊⌋

SI ACCIDENT : Cause - 1 = acc. transport, 2 = intox. acc., 3 = acc. au cours d'acte méd. ou chir. 4 = tentative de suicide, 5 = homicide, 8 = autre, 9 = inconnu ⌊⌋

DIAGNOSTICS SECONDAIRES (code O.M.S.)

1 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌋
2 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌋
3 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌋
4 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌋
5 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌋

Si traitements répétés : nombre de séances ⌊⌊⌋

ACTES

1 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ 2 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋
3 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ 4 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋
5 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ 6 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋
7 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ 8 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋
9 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ 10 : ..... ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋

FACULTATIF Numéro d'ordre des venues dans le service depuis la première venue ⌊⌊⌋

Numéro d'ordre des venues dans le service pendant l'année en cours ⌊⌊⌋

Motif d'hospitalisation : 1 = bilan, diagn., trait., 2 = cure thérapeutique, 3 = bilan de contrôle ⌊⌋

Intérêt du dossier : 1 = clinico-biologique, 2 = recherche, 3 = thérapeutique, 4 = iconographique, 8 = autre, 9 = sans précision ⌊⌋

Reconvocation : 1 = consultation, 2 = hospitalisation jour, 3 = hospitalisation ⌊⌋

Date (Jour, Mois, An) ⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋ ⌊⌊⌋

Activité ⌊⌊⌊⌊⌊⌋

DONNEES SPECIFIQUES : ⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊ a b c d e f g h i j ⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊ k l m n o p q r s t ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ u v w x y z

PMSI-modèle 1986 ⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊ a b c d e f g h i j ⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊⌊ k l m n o p q r s t ⌊⌊⌊⌊⌊⌋ u v w x y z

Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy en 1986. Comparaison avec la base nationale

LEGRAS B, NISAND G, MAYEUX D, PATRIS A, KOHLER F

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1987, 26, 443-449

No 141

# Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy en 1986

## Comparaison avec la base nationale

par **B. LEGRAS, G. NISAND, D. MAYEUX, A. PATRIS, F. KOHLER**

**RÉSUMÉ**

En 1986, 36 services de soin du CHRU de Nancy (sur un total de 49) ont rempli des résumés de sortie informatisés qui ont conduit à la détermination de 34 535 GHM (groupes homogènes de malades) correspondant à 69,7 % de l'ensemble. Nous avons analysé et comparé à la base nationale les 100 GHM les plus représentés. La durée moyenne de séjour est plus basse dans le CHRU pour 72 d'entre eux mais les différences sont modérées (pour 68 des 100 GHM les écarts relatifs sont inférieurs à 20 %).

**Mots-clés :**

Système de Fetter
GHM
informatique médicale
activité hospitalière

**DIAGNOSIS RELATED GROUPS IN THE UNIVERSITARY HOSPITAL OF NANCY IN 1986 COMPARAISON WITH THE NATIONAL BASE**

***SUMMARY***

*In 1986, 36 medical departments of the Universitary Hospital in Nancy (of a total number 49), have filled computerised hospitalisation summaries allowing the determination of 34 535 diagnosis related groups (DRG = GHM in french) corresponding to 69,7 % of the whole. We have analysed and compared with the national french base the 100 most frequent DRG. The mean stay duration is lower in 72 groups in this hospital, but the differences are restricted (relative standard deviations are below 20 % in 68 of 100 DRG).*

***Key-words :***

*Fetter system*
*DRG*
*medical informatic*
*hospital management*

### INTRODUCTION

En janvier 1985, le CHRU de Nancy a expérimenté, sur la moitié de l'établissement, le PMSI (programme de médicalisation du système d'informations) ou plus exactement le recueil de résumés médicaux de sortie (RMS).

Les caractéristiques originales de cette réalisation (extension du PMSI, codage dans les services, retours nombreux et systématiques d'informations...) ont fait l'objet de plusieurs articles et communications. Le maître d'œuvre en est le service d'informatique médicale (SIM), indépendant du centre régional d'informatique hospitalière (CRIH), et qui a développé lui-même un logiciel spécifique (les programmes écrits en langage Pascal fonctionnent sur un mini-ordinateur Bull DPS6 210).

La première année, les groupes homogènes de malades (GHM) n'ont pas été déterminés parce que les actes ont été peu (ou pas) saisis (la nomenclature officielle n'a été reçue qu'au second semestre).

En 1986, au vu des résultats, la commission médicale consultative a décidé la généralisation du PMSI à tout le CHRU. L'article analyse les 100 GHM les plus fréquents et les compare à ceux de la base nationale.

### POPULATION ÉTUDIÉE

Le CHRU comprend 49 services de soins concernés par le PMSI (celui de psychiatrie est hors du champ). La maternité régionale et une clinique de traumatologie dirigées par des médecins hospitalo-universitaires ne font pas partie de l'établissement.

Treize services n'ont pas rempli de RMS : il manque notamment ceux de neuro-chirurgie, de chirurgie cardio-vasculaire, des maladies infectieuses... Des spécialités sont sous-représentées (cardiologie, ORL...). Quelques services ont eu un taux de remplissage insuffisant (moins de 50 % des patients hospitalisés ont eu un RMS). Enfin, nous avons exclu les résumés d'un service de chirurgie digestive qui n'indiquait pas les actes.

Les RMS ont été transformés en résumés standardisés de sortie anonymes (RSS) puis adressés au ministère pour la détermination des GHM (cette opération nécessite l'emploi d'un logiciel national « groupeur »

incompatible avec l'ordinateur utilisé). Les résultats sont revenus, accompagnés de tableaux. Pour permettre des études plus approfondies, nous avons complété le fichier des RSS par les GHM correspondants et l'avons exploité par des outils statistiques. C'est ainsi que nous avons déterminé les histogrammes des durées de séjour des 100 principaux GHM et contrôlé les durées « anormalement » grandes dont certaines correspondaient à des erreurs. Surtout, nous avons comparé les caractéristiques des GHM du CHRU à celles de la base nationale (diffusées en mai 1986). Cette base a été alimentée principalement par des résumés provenant des CHRU de Caen, Grenoble et Marseille.

## RÉSULTATS

Le CHRU a fourni sur une bande magnétique un fichier de 36 425 RSS. Parmi eux, 2 650 (7,3 %) ont été considérés comme erronés par le logiciel « groupeur ». Il s'agissait de 65 erreurs sur des données non médicales (0,2 %), 341 actes incompatibles avec le diagnostic principal (0,9 %) et 2 244 erreurs sur des données médicales (6,2 %) (en grande partie des diagnostics codés sur 3 chiffres au lieu de 4 ou l'inverse). Le taux de multi-séjours est très faible (0,4 %), les RSS incomplets avaient été éliminés par programme avant la constitution du fichier. On aboutit finalement à la détermination de 417 GHM différents.

L'étude ne portera que sur les 100 GHM les plus fréquents (nous avons exclu 191 dossiers appartenant au GHM « épuration extra-rénale » pour lesquels la durée du séjour est parfois arbitrairement fixée à un trimestre). Leurs effectifs dépassent tous 106, valeur satisfaisante sur le plan numérique (il faut atteindre le 108$^{e}$ GHM pour que le nombre de cas soit inférieur à 100).

Le tableau I compare la répartition des GHM du CHRU et de la base nationale des 23 catégories majeures de diagnostic (CMD). Nous avons exclu la CMD 24 (erreurs dans le RSS). Nous avons effectué une correction éliminant les CMD très peu ou non représentées au CHRU du fait de l'autonomie de la maternité régionale. Après élimination des CMD 13, 14 et 15 correspondant aux affections obstétricales, gynécologiques et néonatologiques, nous notons une sur-représentation des CMD 4 (affections de l'appareil respiratoire) et 11 (affections du rein et des voies urinaires). A l'inverse la CMD 1 (affections du système nerveux) est fortement sous-représentée.

Le tableau 2 présente les 100 GHM les plus fréquents avec leur classement dans le CHRU et dans la base nationale ainsi que leur effectif et leur pourcentage. Ces 100 GHM représentent 69,7 % de l'ensemble des GHM (49,3 % avec les 50 premiers). Si l'on compare les classement en fréquence des GHM dans le CHRU et dans la base nationale, 3 GHM figurent simultanément dans les 10 premiers des deux ensembles ; il s'agit des affections médicales du rachis, des œsophagites et gastro-entérites des sujets de moins de 18 ans et des autres facteurs influençant l'état de santé. Lorsque l'on considère les 50 GHM les plus fréquents dans le CHRU et la base nationale, 24 (48 %) sont communs aux deux listes.

TABLEAU I

**Répartition par catégorie majeure de diagnostic (CMD) des GHM du CHRU de Nancy en 1986 et des GHM de la base nationale**

| CMD | Libellé | % chru | % nat | écart | % chru corrigé (*) | % nat corrigé (*) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Affections du système nerveux | 6,0 | 9,1 | − 3,1 | 6,1 | 10,8 |
| 2 | Affections de l'œil | 5,8 | 4,2 | 1,6 | 5,9 | 4,9 |
| 3 | Affections ORL et stomatologique | 6,0 | 5,6 | 0,5 | 6,1 | 6,6 |
| 4 | Affections de l'appareil respiratoire | 10,6 | 6,8 | 3,8 | 10,7 | 8,0 |
| 5 | Affections de l'appareil circulatoire | 8,6 | 9,7 | − 1,1 | 8,7 | 11,5 |
| 6 | Affections de système digestif | 10,5 | 10,0 | 0,4 | 10,6 | 11,9 |
| 7 | Affections hépato-biliaires et pancréatiques | 2,7 | 2,9 | − 0,2 | 2,7 | 3,5 |
| 8 | Affections musculo-squelettiques et du tissu conjonctif | 12,7 | 9,4 | 3,3 | 12,8 | 11,1 |
| 9 | Affections dermatologiques, tissu sous-cutanés et seins | 5,8 | 3,8 | 2,0 | 5,9 | 4,5 |
| 10 | Affections endocriniennes, métaboliques et nutritionnelles | 4,1 | 3,7 | 0,4 | 4,2 | 4,4 |
| 11 | Affections du rein et des voies urinaires | 7,1 | 3,3 | 3,8 | 7,2 | 3,8 |
| 12 | Affections de l'appareil génital masculin | 3,0 | 1,8 | 1,2 | 3,0 | 2,2 |
| 13 | Affections de l'appareil génital féminin | 0,5 | 4,2 | − 3,7 | — | — |
| 14 | Grossesses, accouchements et post-partum | 0,0 | 9,5 | − 9,5 | — | — |
| 15 | Néonatologie | 0,4 | 1,6 | − 1,2 | — | — |
| 16 | Hématologie | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 1,6 | 1,4 |
| 17 | Affections myéloprolifératives | 3,4 | 4,5 | − 1,1 | 3,4 | 5,3 |
| 18 | Maladies infectieuses et parasitaires | 0,9 | 1,3 | − 0,4 | 0,9 | 1,5 |
| 19 | Maladies et troubles mentaux | 2,0 | 3,2 | − 1,2 | 2,0 | 3,8 |
| 20 | Troubles mentaux organiques liés à l'absorption de substances | 1,1 | 1,3 | − 0,2 | 1,1 | 1,5 |
| 21 | Traumatisme, allergie, effets toxiques des médicaments | 3,2 | 3,4 | − 0,2 | 3,3 | 4,0 |
| 22 | Brûlures | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 23 | Facteurs influant l'état de santé | 3,7 | 3,3 | 0,3 | 3,7 | 4,0 |
| Effectif | | 33 443 | 398 207 | | 33 128 | 349 173 |

(*) Suppression de la gynécologie, de l'obstétrique et de la néonatologie, la Maternité de Nancy ne participant pas au recueil des RSS.

TABLEAU II

**Liste des 100 GHM les plus représentés au CHRU de Nancy en 1986 avec leur effectif, leur fréquence et leur ordre de classement dans le CHRU et la base nationale**

| Classement | | Code | Libellé des GHM | nb | % | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| chru | nat | | | chru | chru | cum |
| 1 | 7 | 343 | Affections médicales du rachis | 1 170 | 3,5 | 3,5 |
| 2 | 6 | 258 | Œsophagite, gastro-entérite & mal divers ap. digest., < 18 | 833 | 2,5 | 5,9 |
| 3 | 11 | 257 | Œsophagite, gastro-entérite & mal divers app. digest., 18-69 | 680 | 2,0 | 7,9 |
| 4 | 37 | 398 | Autres affections dermatologiques, < 70 sans cma | 641 | 1,9 | 9,8 |
| 5 | 44 | 425 | Troubles endocriniens, < 70 sans cma | 609 | 1,8 | 11,6 |
| 6 | 4 | 675 | Autres facteurs influant l'état de santé sans cma | 522 | 1,6 | 13,2 |
| 7 | 18 | 590 | Lymphomes & leucémies, 18-69 sans cma | 473 | 1,4 | 14,6 |
| 8 | 61 | 137 | Bronchite & asthme, 18-69 sans cma | 466 | 1,4 | 16,0 |
| 9 | 26 | 128 | Broncho-pneumopathies chroniques obstructives | 464 | 1,4 | 17,3 |
| 10 | 15 | 122 | Tumeurs de l'appareil respiratoire | 445 | 1,3 | 18,7 |
| 11 | 144 | 646 | Traumatismes multiples, < 18 | 423 | 1,3 | 19,9 |
| 12 | 27 | 63 | Autres affections oculaires, > 17 sans cma | 414 | 1,2 | 21,1 |
| 13 | 65 | 341 | Affections du tissu conjonctif, < 70 sans cma | 406 | 1,2 | 22,3 |
| 14 | 19 | 51 | Chirurgie du cristallin, + -vitrectomie | 388 | 1,2 | 23,5 |
| 15 | 24 | 284 | Cirrhoses & hépatites alcooliques | 368 | 1,1 | 24,6 |
| 16 | 262 | 467 | Autres affections urologiques, < 18 | 362 | 1,1 | 25,7 |
| 17 | 188 | 674 | Suivi thérapeutique sans atcd d'affection maligne | 358 | 1,1 | 26,7 |
| 18 | 28 | 256 | Œsophagite, gastro-entérite & mal divers ap. digestif, > 69 | 344 | 1,0 | 27,7 |
| 19 | 86 | 52 | Autres interventions extra-oculaires, > 17 | 322 | 1,0 | 28,7 |
| 20 | 25 | 631 | Ethylisme avec dépendance | 312 | 0,9 | 29,6 |
| 21 | 17 | 184 | Insuffisance cardiaque & choc circulatoire | 311 | 0,9 | 30,5 |
| 22 | 41 | 138 | Bronchite & asthme, < 18 | 301 | 0,9 | 31,4 |
| 23 | 22 | 100 | Otites & infections aériennes sup., < 18 | 273 | 0,8 | 32,2 |
| 24 | 35 | 672 | Signes et symptômes sans cma | 263 | 0,8 | 33,0 |
| 25 | 128 | 432 | Chirurgie rein, uretère, vessie pour aff. non tumorales | 257 | 0,8 | 33,8 |
| 26 | 111 | 53 | Autres interventions extra-oculaires, < 18 | 253 | 0,8 | 34,5 |
| 27 | 99 | 310 | Résection osseuse part. fix. int. sauf hanche-fémur | 242 | 0,7 | 35,2 |
| 28 | 40 | 30 | Convulsions, céphalées, < 18 | 240 | 0,7 | 35,9 |
| 29 | 20 | 18 | Accident vasculaire cérébral non transitoire | 239 | 0,7 | 36,7 |
| 30 | 130 | 230 | Cure de hernie, < 18 | 225 | 0,7 | 37,3 |
| 31 | 150 | 99 | Otites & infections aériennes sup., 18-69 &/ou cma | 223 | 0,7 | 38,0 |
| 32 | 182 | 133 | Maladies pulmonaires interstitielles, < 70 sans cma | 217 | 0,6 | 38,6 |
| 33 | 85 | 202 | Autres affections de l'appareil circulatoire | 214 | 0,6 | 39,3 |
| 34 | 102 | 396 | Traumatisme peau, tissu sous-cutané, sein, < 18 | 214 | 0,6 | 39,9 |
| 35 | 50 | 589 | Lymphomes & leucémies, > 69 &/ou cma | 214 | 0,6 | 40,5 |
| 36 | 49 | 54 | Autres interventions intra-oculaires | 213 | 0,6 | 41,1 |
| 37 | 79 | 136 | Bronchite & asthme, > 69 &/ou cma | 210 | 0,6 | 41,8 |
| 38 | 73 | 352 | Fracture, entorse, luxation & dislocation avant-bras, main | 210 | 0,6 | 42,4 |
| 39 | 64 | 571 | Troubles de la lignée erythrocytaire, > 17 | 209 | 0,6 | 43,0 |
| 40 | 184 | 387 | Affections dermatologiques sévères, < 70 sans cma | 206 | 0,6 | 43,6 |
| 41 | 114 | 103 | Affections stomatologiques sauf extract et prothèse, > 17 | 203 | 0,6 | 44,2 |
| 42 | 54 | 188 | Troubles vasculaires périphériques, < 70 sans cma | 203 | 0,6 | 44,8 |
| 43 | 59 | 187 | Troubles vasculaires périphériques, > 69 &/ou cma | 201 | 0,6 | 45,4 |
| 44 | 167 | 345 | Maladies osseuses & arthropathies specif., < 70 sans cma | 201 | 0,6 | 46,0 |
| 45 | 34 | 651 | Effets toxiques des médicaments, < 18 | 188 | 0,6 | 46,6 |
| 46 | 218 | 35 | Commotions cérébrales, 18-69 sans cma | 185 | 0,6 | 47,1 |
| 47 | 264 | 461 | Signes & symptômes urologiques, < 18 | 185 | 0,6 | 47,7 |
| 48 | 53 | 191 | Hypertension artérielle | 182 | 0,5 | 48,2 |
| 49 | 227 | 367 | Greffe sauf ulcère sans cma | 180 | 0,5 | 48,7 |
| 50 | 42 | 179 | Infarctus du myocarde sans cma | 174 | 0,5 | 49,3 |
| 51 | 192 | 424 | Troubles endocriniens, > 69 | 170 | 0,5 | 49,8 |
| 52 | 32 | 74 | Interventions diverses ORL | 168 | 0,5 | 50,3 |
| 53 | 12 | 650 | Effets toxiques des médicaments, 18-69 sans cma | 168 | 0,5 | 50,8 |
| 54 | 252 | 438 | Chirurgie transuréthrale, < 70 sans cma | 167 | 0,5 | 51,3 |
| 55 | 136 | 95 | Troubles de l'équilibre | 165 | 0,5 | 51,8 |
| 56 | 225 | 385 | Ulcère cutané | 165 | 0,5 | 52,2 |
| 57 | 57 | 260 | Autre affection digestive, 18-69 sans cma | 164 | 0,5 | 52,7 |
| 58 | 36 | 29 | Convulsions & céphalées, 18-69 sans cma | 163 | 0,5 | 53,2 |

| Classement chru | Classement nat | Code | Libellé des GHM | nb chru | % chru | % cum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 59 | 124 | 481 | Chirurgie testiculaire pour aff. non maligne, < 18 | 163 | 0,5 | 53,7 |
| 60 | 137 | 139 | Signes & symptômes respiratoires, > 60 &/ou cma | 161 | 0,5 | 54,2 |
| 61 | 93 | 356 | Autre affection de l'app. locomoteur & tissu conj. | 161 | 0,5 | 54,7 |
| 62 | 63 | 610 | Viroses, fièvres d'étiologie indéterminée | 160 | 0,5 | 55,1 |
| 63 | 186 | 232 | Chirurgie ano-rectale sauf resection, < 70 sans cma | 159 | 0,5 | 55,6 |
| 64 | 83 | 458 | Lithiase urinaire, < 70 sans cma | 159 | 0,5 | 56,1 |
| 65 | 43 | 622 | Troubles mentaux organiques & retard mental | 159 | 0,5 | 56,5 |
| 66 | 68 | 195 | Arythmie & trouble de la conduction card., > 69 &/ou cma | 156 | 0,5 | 57,0 |
| 67 | 282 | 625 | Autres troubles mentaux | 153 | 0,5 | 57,4 |
| 68 | 100 | 355 | Fractures, entorses, luxat. & disloc. du bras, jambe | 148 | 0,4 | 57,9 |
| 69 | 148 | 140 | Signes & symptômes respiratoires, < 70 sans cma | 147 | 0,4 | 58,3 |
| 70 | 117 | 104 | Affections stomatologiques sauf extrac. & prothèses, < 18 | 144 | 0,4 | 58,8 |
| 71 | 183 | 456 | Infections du rein & voies urinaires, < 18 | 142 | 0,4 | 59,2 |
| 72 | 48 | 200 | Douleurs thoraciques | 141 | 0,4 | 59,6 |
| 73 | 14 | 418 | Diabète, < 35 | 139 | 0,4 | 60,0 |
| 74 | 70 | 421 | Aff. métaboliques & nutritives diverses, 18-69 sans cma | 137 | 0,4 | 60,4 |
| 75 | 58 | 23 | Aff. des nerfs craniens et périphériques, < 70 sans cma | 134 | 0,4 | 60,8 |
| 76 | 98 | 196 | Arythmie & trouble de la conduction card., < 70 sans cma | 134 | 0,4 | 61,2 |
| 77 | 131 | 573 | Trouble de la coagulation | 134 | 0,4 | 61,6 |
| 78 | 209 | 466 | Autres affections urologiques, 18-69 sans cma | 133 | 0,4 | 62,0 |
| 79 | 67 | 94 | Tumeurs malignes ORL | 129 | 0,4 | 62,4 |
| 80 | 166 | 339 | Fractures pathologiques de l'appareil locomoteur | 129 | 0,4 | 62,8 |
| 81 | 147 | 500 | Autres affections de l'appareil génital masculin | 129 | 0,4 | 63,1 |
| 82 | 253 | 476 | Interventions sur le pénis | 128 | 0,4 | 63,5 |
| 83 | 72 | 246 | Tumeurs malignes de l'app. digestif, > 69 &/ou cma | 127 | 0,4 | 63,9 |
| 84 | 109 | 19 | Accidents ischémiques transitoires | 125 | 0,4 | 64,3 |
| 85 | 88 | 38 | Autres affections du système nerveux, < 70 sans cma | 125 | 0,4 | 64,6 |
| 86 | 196 | 348 | Tendinites, myosites & bursites | 125 | 0,4 | 65,0 |
| 87 | 151 | 113 | Interventions majeures sur le thorax | 121 | 0,4 | 65,4 |
| 88 | 242 | 159 | Chirurgie vasculaire majeure, < 70 &/ou cma | 119 | 0,4 | 65,7 |
| 89 | 31 | 261 | Affections digestives, < 18 | 119 | 0,4 | 66,1 |
| 90 | 16 | 619 | Névroses dépressives | 118 | 0,4 | 66,4 |
| 91 | 181 | 64 | Autres affections oculaires, < 18 | 116 | 0,3 | 66,8 |
| 92 | 129 | 142 | Autres pathologies pulmonaires, < 70 sans cma | 116 | 0,3 | 67,1 |
| 93 | 266 | 132 | Maladies pulmonaires interst., > 69 &/ou cma | 113 | 0,3 | 67,4 |
| 94 | 23 | 225 | Appendicectomies non compliquées, < 70 sans cma | 113 | 0,3 | 67,8 |
| 95 | 55 | 450 | Insuffisance rénale | 112 | 0,3 | 68,1 |
| 96 | 143 | 575 | Affections système réticulo-end., < 70 sans cma | 111 | 0,3 | 68,4 |
| 97 | 298 | 475 | Chirurgie pelvienne majeure chez l'homme sans cma | 110 | 0,3 | 68,8 |
| 98 | 104 | 106 | Autres diagnostics ORL stomatologiques, > 17 | 108 | 0,3 | 69,1 |
| 99 | 69 | 129 | Pneumonie, pleurésie, < 18 | 108 | 0,3 | 69,4 |
| 100 | 116 | 285 | Affections malignes du foie, voies biliaires & pancréas | 108 | 0,3 | 69,7 |

cma : signifie complications et morbidité associées.

Le tableau 3 fait figurer pour les 100 GHM les plus fréquents la durée moyenne de séjour (DMS), exprimée en jours (j), dans le CHRU et dans la base nationale ainsi que l'écart et l'écart relatif (exprimée en pourcents). Les différences maximales sont de – 7,3 j pour le GHM « insuffisance rénale » (avec des DMS de 12 j dans le CHRU et de 19,3 j dans la base nationale) à + 5,1 j pour le GHM « éthylisme avec dépendance » (avec 17,8 j dans le CHRU et 12,7 j dans la base nationale). En écart relatif, les résultats sont un peu différents. Les variations sont comprises entre – 59,6 % pour le GHM « autres facteurs influençant l'état de santé » (avec des DMS de 3,8 j dans le CHRU et de 9,4 j dans la base nationale), et + 43,9 % pour le GHM « interventions diverses d'ORL » (avec 8,2 j dans le CHRU et 5,7 j dans la base nationale).

Les écarts relatifs absolus sont inférieurs à 10 % pour 39 GHM et à 20 % pour 68. Parmi les 100 GHM les plus représentés, 28 seulement ont une DMS dans le CHRU supérieure à la moyenne de la base nationale.

## DISCUSSION

Les GHM sont déterminés par la classification multicritère de Fetter et sont censés être homogènes sur le plan des ressources, tout en ayant une interprétation médicale. Les ressources ont été définies par la durée de séjour qui constitue la variable explicative. La classification est un compromis du fait du nombre limité de GHM (total égal à 471) et n'a pas été encore évaluée en

TABLEAU III

**Ecarts entre les durées moyennes de séjour (DMS) des 100 GHM les plus représentés au CHRU de Nancy en 1986 et les DMS correspondants de la base nationale. La liste est classée selon les écarts relatifs croissants entre les DMS des 2 groupes**

| N° | Libellé des GHM | nb chu | ordre | séj. moy. chu | séj. moy. nat. | écart | écart-relat. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Autres facteurs influant l'état de santé sans cma | 522 | 6 | 3,8 | 9,4 | – 5,6 | – 59,6 |
| 2 | Autres affections urologiques, < 18 | 362 | 16 | 2,6 | 5,1 | – 2,5 | – 49,0 |
| 3 | Maladies pulmonaires interst., > 69 &/ou cma | 113 | 93 | 5,7 | 11,1 | – 5,4 | – 48,6 |
| 4 | Signes & symptômes urologiques, < 18 | 185 | 47 | 1,6 | 3,1 | – 1,5 | – 48,4 |
| 5 | Greffe de peau sauf ulcère sans cma | 180 | 49 | 3,9 | 7,2 | – 3,3 | – 45,8 |
| 6 | Infections du rein & voies urinaires, < 18 | 142 | 71 | 3,5 | 6,1 | – 2,6 | – 42,6 |
| 7 | Commotion cérébrale, 18-69 sans cma | 185 | 46 | 2,5 | 4,3 | – 1,8 | – 41,9 |
| 8 | Autres troubles mentaux | 153 | 67 | 4,4 | 7,3 | – 2,9 | – 39,7 |
| 9 | Insuffisance rénale | 112 | 95 | 12 | 19,3 | – 7,3 | – 37,8 |
| 10 | Maladies pulmonaires interstitielles, < 70 sans cma | 217 | 32 | 4,3 | 6,4 | – 2,1 | – 32,8 |
| 11 | Otites & infections aériennes sup., 18-69 &/ou cma | 223 | 31 | 2,8 | 4,1 | – 1,3 | – 31,7 |
| 12 | Autres affections oculaires, > 17 sans cma | 414 | 12 | 7 | 10,1 | – 3,1 | – 30,7 |
| 13 | Résection osseuse part. fix. int. sauf hanche-fémur | 242 | 27 | 4,9 | 7 | – 2,1 | – 30,0 |
| 14 | Accidents ischémiques transitoires | 125 | 84 | 8,7 | 12,4 | – 3,7 | – 29,8 |
| 15 | Suivi thérapeutique sans atcd d'affection maligne | 358 | 17 | 2,5 | 3,5 | – 1,0 | – 28,6 |
| 16 | Autres pathologies pulmonaires, < 70 sans cma | 116 | 92 | 5,2 | 7,2 | – 2,0 | – 27,8 |
| 17 | Autres affections oculaires, < 18 | 116 | 91 | 2,9 | 4 | – 1,1 | – 27,5 |
| 18 | Autre affection digestive, 18-69 sans cma | 164 | 57 | 4,3 | 5,8 | – 1,5 | – 25,9 |
| 19 | Fractures, entorses, luxat. & disloc. du bras, jambe | 148 | 68 | 3,3 | 4,4 | – 1,1 | – 25,0 |
| 20 | Traumatismes multiples, < 18 | 423 | 11 | 2,2 | 2,9 | – 0,7 | – 24,1 |
| 21 | Troubles endocriniens, < 70 sans cma | 609 | 5 | 5,1 | 6,7 | – 1,6 | – 23,9 |
| 22 | Hypertension artérielle | 182 | 48 | 7,7 | 10,1 | – 2,4 | – 23,8 |
| 23 | Affections stomatologiques sauf extract. et prothèse, > 17 | 203 | 41 | 4,2 | 5,4 | – 1,2 | – 22,2 |
| 24 | Troubles endocriniens, > 69 | 170 | 51 | 9,8 | 12,5 | – 2,7 | – 21,6 |
| 25 | Névroses dépressives | 118 | 90 | 9,4 | 11,9 | – 2,5 | – 21,0 |
| 26 | Affections malignes du foie, voies biliaires & pancréas | 108 | 100 | 10,5 | 13,2 | – 2,7 | – 20,5 |
| 27 | Broncho-pneumopathies chroniques obstructives | 464 | 9 | 9,4 | 11,8 | – 2,4 | – 20,3 |
| 28 | Affections médicales du rachis | 1 170 | 1 | 7,2 | 9 | – 1,8 | – 20,0 |
| 29 | Bronchite & asthme, 18-69 sans cma | 466 | 8 | 6,7 | 8,3 | – 1,6 | – 19,3 |
| 30 | Chirurgie ano-rectale sauf résection, < 70 sans cma | 159 | 63 | 5,5 | 6,8 | – 1,3 | – 19,1 |
| 31 | Affections dermatologiques sévères, < 70 sans cma | 206 | 40 | 6,7 | 8,2 | – 1,5 | – 18,3 |
| 32 | Œsophagite, gastro-entérite & mal divers ap. digestif, > 69 | 344 | 18 | 8,6 | 10,5 | – 1,9 | – 18,1 |
| 33 | Affections du tissu conjonctif, < 70 sans cma | 406 | 13 | 6,8 | 8,3 | – 1,5 | – 18,1 |
| 34 | Cirrhoses & hépatites alcooliques | 368 | 15 | 12,7 | 15,5 | – 2,8 | – 18,1 |
| 35 | Signes & symptômes de l'appareil locomoteur | 108 | 99 | 6 | 7,3 | – 1,3 | – 17,8 |
| 36 | Effets toxiques des médicaments, 18-69 sans cma | 168 | 53 | 2,4 | 2,9 | – 0,5 | – 17,2 |
| 37 | Traumatisme peau, tissu sous-cutané, sein, < 18 | 214 | 34 | 2,5 | 3 | – 0,5 | – 16,7 |
| 38 | Fractures pathologiques de l'appareil locomoteur | 129 | 80 | 12,7 | 15,1 | – 2,4 | – 15,9 |
| 39 | Autres affections du système nerveux, < 70 sans cma | 125 | 85 | 5,9 | 7 | – 1,1 | – 15,7 |
| 40 | Maladies osseuses & arthropathies specif., < 70 sans cma | 201 | 44 | 7,1 | 8,4 | – 1,3 | – 15,5 |
| 41 | Chirurgie du cristallin, ± vitrectomie | 388 | 14 | 7,7 | 9 | – 1,3 | – 14,4 |
| 42 | Autres affections de l'appareil circulatoire | 214 | 33 | 7,7 | 9 | – 1,3 | – 14,4 |
| 43 | Chirurgie pelvienne majeure chez l'homme sans cma | 110 | 97 | 14,9 | 17,2 | – 2,3 | – 13,4 |
| 44 | Affections digestives, < 18 | 119 | 89 | 5,2 | 6 | – 0,8 | – 13,3 |
| 45 | Troubles vasculaires périphériques, > 69 &/ou cma | 201 | 43 | 12,4 | 14,1 | – 1,7 | – 12,1 |
| 46 | Aff. des nerfs craniens et périphériques, < 70 sans cma | 134 | 75 | 7,1 | 8 | – 0,9 | – 11,3 |
| 47 | Troubles de la lignée erythrocytaire, > 17 | 209 | 39 | 10,4 | 11,7 | – 1,3 | – 11,1 |
| 48 | Autres affections ologiques, 18-69 sans cma | 133 | 78 | 6,7 | 7,5 | – 0,8 | – 10,7 |
| 49 | Chirurgie testiculaire pour aff. non maligne, < 18 | 163 | 59 | 3,7 | 4,1 | – 0,4 | – 9,8 |
| 50 | Lymphomes & leucémie, > 69 &/ou cma | 214 | 35 | 15,2 | 16,7 | – 1,5 | – 9,0 |
| 51 | Autres affections de l'appareil génital masculin | 129 | 81 | 4,1 | 4,5 | – 0,4 | – 8,9 |
| 52 | Œsophagite, gastro-entérite & mal divers ap. digest., < 18 | 833 | 2 | 3,8 | 4,1 | – 0,3 | – 7,3 |
| 53 | Tumeurs malignes de l'app. digestif, > 60 &/ou cma | 127 | 83 | 12 | 12,9 | – 0,9 | – 7,0 |
| 54 | Signes et symptômes sans cma | 263 | 24 | 7,4 | 7,8 | – 0,4 | – 5,1 |
| 55 | Convulsions & céphalées, 18-69 sans cma | 163 | 58 | 5,7 | 6 | – 0,3 | – 5,0 |
| 56 | Accident vasculaire cérébral non transitoire | 239 | 29 | 15,4 | 16,2 | – 0,8 | – 4,9 |
| 57 | Autre affection de l'app. locomoteur & tissu conj. | 161 | 61 | 7,7 | 8,1 | – 0,4 | – 4,9 |

| N° | Libellé des GHM | nb chu | ordre | séj. moy. chu | séj. moy. nat. | écart | écart-relat. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 58 | Chirurgie vasculaire majeure, < 70 &/ou cma | 119 | 88 | 20 | 21 | − 1,0 | − 4,8 |
| 59 | Trouble de la coagulation | 134 | 77 | 8,9 | 9,3 | − 0,4 | − 4,3 |
| 60 | Autres interventions extra-oculaires, > 17 | 322 | 19 | 4,5 | 4,7 | − 0,2 | − 4,3 |
| 61 | Arythmie & trouble de la conduction card., > 69 &/ou cma | 156 | 66 | 9,6 | 10 | − 0,4 | − 4,0 |
| 62 | Autres affections dermatologiques, < 70 sans cma | 641 | 4 | 6,3 | 6,5 | − 0,2 | − 3,1 |
| 63 | Ulcère cutané | 165 | 56 | 27,1 | 27,9 | − 0,8 | − 2,9 |
| 64 | Cure de hernie, < 18 | 225 | 30 | 4 | 4,1 | − 0,1 | − 2,4 |
| 65 | Aff. métaboliques & nutritives diverses, 18-69 sans cma | 137 | 74 | 6 | 6,1 | − 0,1 | − 1,6 |
| 66 | Chirurgie rein, uretère, vessie pour aff. non tumorales | 257 | 25 | 12,8 | 12,9 | − 0,1 | − 0,8 |
| 67 | Infarctus du myocarde sans cma | 174 | 50 | 13,5 | 13,6 | − 0,1 | − 0,7 |
| 68 | Insuffisance cardiaque & choc circulatoire | 311 | 21 | 13,9 | 14 | − 0,1 | − 0,7 |
| 69 | Tumeurs de l'appareil respiratoire | 445 | 10 | 9,6 | 9,6 | 0,0 | 0,0 |
| 70 | Effets toxiques des médicaments, < 18 | 188 | 45 | 1,9 | 1,9 | 0,0 | 0,0 |
| 71 | Troubles vasculaires périphériques, < 70 sans cma | 203 | 42 | 9,1 | 9 | 0,1 | 1,1 |
| 72 | Troubles de l'équilibre | 165 | 55 | 8,4 | 8,3 | 0,1 | 1,2 |
| 73 | Chirurgie transuréthrale, < 70 sans cma | 167 | 54 | 6,4 | 6,3 | 0,1 | 1,6 |
| 74 | Œsophagite, gastro-entérite, & mal divers ap. digest., 18-69 | 680 | 3 | 5,6 | 5,5 | 0,1 | 1,8 |
| 75 | Lithiase urinaire, < 70 sans cma | 159 | 64 | 4,3 | 4,2 | 0,1 | 2,4 |
| 76 | Signes & symptômes respiratoires, < 69 &/ou cma | 161 | 60 | 12,7 | 12,4 | 0,3 | 2,4 |
| 77 | Bronchite & asthme, > 69 &/ou cma | 210 | 37 | 13,7 | 13,3 | 0,4 | 3,0 |
| 78 | Tumeurs malignes ORL | 129 | 79 | 9,9 | 9,6 | 0,3 | 3,1 |
| 79 | Troubles mentaux organiques & retard mental | 159 | 65 | 17,2 | 16,6 | 0,6 | 3,6 |
| 80 | Fracture, entorse, luxation & dislocation avant-bras, main | 210 | 38 | 2,6 | 2,5 | 0,1 | 4,0 |
| 81 | Diabète, < 35 | 139 | 73 | 12,2 | 11,7 | 0,5 | 4,3 |
| 82 | Tendinites, myosites & bursites | 125 | 86 | 6,9 | 6,5 | 0,4 | 6,2 |
| 83 | Signes & symptômes respiratoires, < 70 sans cma | 147 | 69 | 6,8 | 6,4 | 0,4 | 6,3 |
| 84 | Autres diagnostics ORL stomatologiques, > 17 | 108 | 98 | 7,6 | 7,1 | 0,5 | 7,0 |
| 85 | Appendicectomies non compliquées, < 70 sans cma | 113 | 94 | 8,1 | 7,5 | 0,6 | 8,0 |
| 86 | Autres interventions intra-oculaire | 213 | 36 | 10,7 | 9,9 | 0,8 | 8,1 |
| 87 | Lymphomes & leucémies, 18-69 sans cma | 473 | 7 | 11,9 | 11 | 0,9 | 8,2 |
| 88 | Otites & infections aériennes sup., < 18 | 273 | 23 | 3,6 | 3,3 | 0,3 | 9,1 |
| 89 | Bronchite & asthme, < 18 | 301 | 22 | 6,5 | 5,9 | 0,6 | 10,2 |
| 90 | Affections stomatologiques sauf extrac. & prothèses, < 18 | 144 | 70 | 4,5 | 4 | 0,5 | 12,5 |
| 91 | Convulsions, céphalées, < 18 | 240 | 28 | 4,4 | 3,9 | 0,5 | 12,8 |
| 92 | Autres interventions extra-oculaires, < 18 | 253 | 26 | 3,5 | 3,1 | 0,4 | 12,9 |
| 93 | Arythmie & trouble de la conduction card., < 70 sans cma | 134 | 76 | 6,7 | 5,9 | 0,8 | 13,6 |
| 94 | Affection système réticulo-end, < 70 sans cma | 111 | 96 | 8,7 | 7,6 | 1,1 | 14,5 |
| 95 | Douleurs thoraciques | 141 | 72 | 6,8 | 5,7 | 1,1 | 19,3 |
| 96 | Viroses, fièvres d'étiologie indéterminée | 160 | 62 | 4,7 | 3,8 | 0,9 | 23,7 |
| 97 | Interventions majeures sur le thorax | 121 | 87 | 24,1 | 18,7 | 5,4 | 28,9 |
| 98 | Interventions sur le pénis | 128 | 82 | 8,6 | 6,5 | 2,1 | 32,3 |
| 99 | Ethylisme avec dépendance | 312 | 20 | 17,8 | 12,7 | 5,1 | 40,2 |
| 100 | Interventions diverses ORL | 168 | 52 | 8,2 | 5,7 | 2,5 | 43,9 |

France (il faut pour cela un échantillon volumineux et fiable).

Le fichier des RMS est incomplet puisque seuls 36 services sur 49 ont fourni des résumés et que pour certains le recueil était insuffisant. Par suite, on n'a donc pas une description exhaustive de l'activité du CHRU ni même un échantillon représentatif. En outre, le fichier des GHM du CHRU de Nancy contient peu de multi-séjours (hospitalisations successives dans deux services ou davantage). Cela est du notamment aux services hors PMSI. Par ailleurs, il n'y a pas unicité du numéro admistratif (sigma) dans les différents établissements du CHRU (au nombre de 7). Les passages d'un services dans un autre ne sont pas chaînés lorsque les établissements diffèrent. Il est probable que, pour ces raisons, les DMS obtenues soient inférieures à la réalité, mais l'importance est sans doute modérée et varie serlon les GHM.

Les informations de la base nationale ne sont pas non plus totalement fiables. Des durées anormalement longues dues certainement à des erreurs sur les dates ont été prises en compte dans les premiers résultats fournis.

D'autres biais moins apparents doivent être envisagés. Les statistiques sont relatives aux hospitalisations et non pas aux malades. Par suite, des rehospitalisations fréquentes majorent l'effectif du GHM si, à chaque passage, on fait figurer en diagnostic principal la même pathologie. Cela explique sans doute l'effectif élevé de certaines catégories d'affections chroniques, telles que, par exemple, les lymphomes et leucémies

(GHM 589 et 590). Pour ce type de pathologie, il serait utile de déterminer des DMS cumulées.

Un autre biais est plus particulier au CHRU de Nancy. Les statistiques portant sur les 100 premiers GHM surprennent par le nombre important de GHM mal définis commençant par « autres ». Cela est du probablement à l'utilisation fréquente dans de nombreux services (les trois quarts) d'un 5e chiffre pour les codes OMS des maladies (les médecins ne se contentent pas, habituellement, des codes à 4 chiffres dans leurs spécialités). Pour construire ces codes étendus, spécifiques au service, ils sont partis souvent du code OMS noté « autre » dans la catégorie concernée et cet emploi peut biaiser la détermination de certains GHM.

Malgré toutes les réserves émises, les durées de séjour des 100 premiers GHM semblent, en général, plus courtes au CHRU de Nancy que dans la base nationale. Toutefois, dans l'ensemble, les différences entre les DMS des 2 ensembles sont modérées. En effet, les écarts relatifs absolus sont tous inférieurs à 60 % et pour 68 GHM, ils n'atteignent pas 20 %.

## CONCLUSION

Le corps médical doit maîtriser les informations médicales. Il doit en fournir de bonnes, fiables, exhaustives. Il doit contrôler leur qualité, leur exploitation (secret médical) et leur interprétation. Il doit recevoir des statistiques nombreuses pour mieux connaître son activité.

Les résultats par GHM constituent un outil médico-économique utile permettant de mieux appréhender le fonctionnement des services et de l'hôpital. Les comparaisons avec la base nationale doivent être l'objet de réflexions et d'études complémentaires qui feraient intervenir notamment la catégorie de l'établissement.

Travail du Service d'informatique médicale (Pr LEGAS) - CHRU de Nancy et du groupe PMSI Nancy (par ordre alphabétique) :

ALIOT E. (méd. F), ANDRE J.-L. (néphro. inf.), AUSSEDAT R. (rhumato. B), BOISSEL P. (chir. C), BOULAY F. (cardio), CHAMPIGNEULLE B. (H.G.E.), CHASSAGNE J. (chir. max.-fac.), DE MISCAULT G. (chir. inf. B), FADE O. (pneumo. femmes), FEINTRENIE X. (pneumo. hommes), FRANÇOIS M. (pneumologie), GEHIN P. (neurologie), GEORGES J. (ophtalmo. B), GROSDIDIER G. (chir. E), GUERCI O. (méd. A), GUERIN P. (méd. L), GUILLEMIN P. (urologie), ISAAZ K. (cardio. A), JEANCOLAS D. (ophtlamo. A), KESSLER M. (néphro.), LASCOMBES P. (chir. inf. A), LECLERE J. (méd. E), LEHEUP B. (méd. inf. 1), MIAHLE C. (chir. B1 et B2), MORALI A. (méd. inf. 3), OLIVE D. (méd. inf. 2), PAILLE F. (méd. H), PERE P. (rhumato. A), PERRIER J.-F. (réanim.), POLU J. (insuffis. resp.), SCHMUTZ J. (dermatologie), SCHWEITZER F. (méd. B), SIMON C. (O.R.L.), TRAGEL A. (urgences), YOU B. (méd. D).

BIBLIOGRAPHIE

FETTER (R.B.). — The new ICD 9 CM diagnosis related groups classifications scheme. Health Care financing administration. Washington US Governement Printing Office.

KOHLER (F.), LEGRAS (B.), PATRIS (A.), MARTIN (J.), MAYEUX (D.), MONCHOVET (S.). — Le résumé médical de sortie. Un outil de communication pour les partenaires de santé. *Rev. Franç. Santé Publique,* 1985, **32,** 42-50.

KOHLER (F.), PATRIS (A.), LEGRAS (B.). — PMSI et résumé standardisé de sortie. *Rev. réadaptation fonctionnelle,* 1986, **16,** 54-60.

LEGRAS (B.), KOHLER (F.), PATRIS (A.), MARTIN (J.) [1]. — Un an et demi de résumés standardisés de sortie au CHRU de Nancy. Communication à Euromédecine 86, Montpellier, novembre 1986.

LEGRAS (B.). — Réalisations hospitalières de PMSI. Connaissance de la morbidité. Communication à la session nationale de l'AFMHA, Paris, mai 1987.

Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy. Contrôles et validations des résultats obtenus sur le fichier 1986

LEGRAS B, TROMBERT B, MAYEUX D, NISAND G, PATRIS A

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1989, 28, 423-424

No 161

# Les groupes homogènes de malades au C.H.R.U. de Nancy

## Contrôles et validations des résultats obtenus sur le fichier 1986

par **B. LEGRAS, B. TROMBERT, D. MAYEUX, G. NISAND, A. PATRIS**

**RÉSUMÉ**

L'article détaille les principaux contrôles effectués sur les résumés médicaux de sortie (RMS) du CHRU de Nancy. Toutefois, les résultats en GHM (groupes homogènes de malades) pour l'année 1986 mettent en évidence des imperfections et notamment la non-observation de certaines règles de codage. Ces biais liés aussi à la non exhaustivité (plus de dix services ne remplissaient pas de RMS) peuvent masquer la spécificité de certains services et de l'établissement. Un effort accru d'information et de formation doit être entrepris.

**Mots-clés :**
PMSI,
Groupes homogènes de malades,
Classification de Fetter,
Contrôles,
Biais

**DIAGNOSIS RELATED GROUPS IN THE UNIVERSITARY HOSPITAL OF NANCY. CONTROLS AND VALIDATION ON RESULTS OBTAINED IN 1986**

***SUMMARY***

*This article details the main controls made on the outcome medical summaries (RMS in french) of the Universitary Hospital of Nancy. However, the results in diagnosis related groups (DRG = GHM in french) for 1986 show imperferctions and particularly the non observance of some coding rules. These defects linked also to the non exhaustivity (more than 10 departments did not fill of the RMS) may observe the specificity of some departments and of the hospital. An increased effort of information and training is required.*

***Key-words :***
*Medical management,*
*Diagnosis related groups,*
*Fetter classification,*
*Controls.*

Le PMSI (Programme de Médicalisation du Système d'Information) a débuté sur le pôle de Brabois, en janvier 1985, et a été étendu à tout le CHRU au début de l'année 1986. Depuis l'origine, près de 150 000 résumés médicaux de sortie (RMS) ont été saisis et exploités par le service d'informatique médicale (SIM). Pour une grande partie des sujets hospitalisés au CHRU de Nancy en 1986, on connaît, grâce au logiciel « groupeur » national, leur répartition en GHM (groupes homogènes de malades), selon la classification économico-médicale de Fetter (légèrement modifiée au niveau français). Les GHM sont obtenus à partir des RSS (résumés de sortie standardisés) anonymes. Pour l'année 1986, 36 425 RSS ont été fournis par 36 services du CHRU (sur un total de 49) et au vu des résultats, nous voulons nous interroger sur la qualité des informations.

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 9 mars 1988.

## CONTROLES EFFECTUÉS

### 1) contrôles sur les RMS

Au moment de la *saisie*, de nombreux contrôles ont lieu automatiquement :

— Existence des données obligatoires : nom, prénom, sexe, dates de naissance, d'entrée et de sortie, modes d'entrée et de sortie, diagnostic principal

— Appartenance des codes aux nomenclatures, principalement les diagnostics et les actes

— Format correct des dates et cohérence des dates entre elles

— Recherche d'impossibilité de certains éléments médicaux entre eux ; par exemple : une pathologie prostatique chez une femme, etc.

*Les listes* fournies en retour aux médecins des services permettent aussi de vérifier des informations importantes. C'est ainsi que les durées de séjour (calculées au moment de la saisie) qui dépassent le seuil proposé par le service, sont signalées par un astérisque.

**2) contrôles à la fabrication des RSS**

Les RSS fabriqués à partir des RMS peuvent être des *multi-séjours*, c'est-à-dire que le patient vient d'un service de l'établissement ou est transféré dans un autre ou les deux à la fois (notion précisée par le mode d'entrée et/ou de sortie). Il faut alors chaîner les parties cliniques des différents RMS. Si l'un des services concernés ne fournit pas de RMS, l'assemblage est impossible. De plus, les dates doivent correspondre exactement.

**3) contrôles ultérieurs à partir des GHM**

Nous avons complété le fichier des RMS 1986 par les GHM correspondants pour permettre des études plus approfondies. Nous avons notamment déterminé les histogrammes des durées de séjour (DS) des principaux GHM et les services fournisseurs. Nous avons pu ainsi repérer des DS « anormalement » grandes ou petites dont certaines étaient des erreurs ainsi que des RSS uni-séjours dont le GHM était incompatible avec le service.

## RÉSULTATS

Si les informations présentes dans les fichiers des RMS des services peuvent être considérées comme satisfaisantes pour la connaissance de l'activité médicale et de la recherche de certains dossiers (présentant telle pathologie, ayant subi tel geste chirurgical, etc.), elles présentent parfois des imperfections notables dans l'optique des GHM qui sont censés être *homogènes au niveau des ressources.*

C'est ainsi que, dans l'ensemble, on constate les points suivants : le nombre de RSS multi-séjours est très inférieur à la réalité ; les diagnostics secondaires sont insuffisamment indiqués (le nombre moyen est égal à 1,5). Le phénomène est encore plus franc pour les actes (en 1986, 6 services ne les remplissaient pas et pour les autres le nombre moyen d'actes est égal à 0,8). Ces absences peuvent biaiser certains GHM (cela est particulièrement vrai pour les actes chirurgicaux). Enfin certaines consignes de codage délicates (rappelées dans le tableau I) ont été parfois mal suivies : le diagnostic principal ne correspond pas toujours à la cause de l'hospitalisation en termes de ressources ; pour les traitements itératifs (dialyse, chimiothérapie...), les règles particulières (indication en diagnostic principal du code de la catégorie V, etc.) ont été souvent ignorées.

TABLEAU I

**Rappel de règles essentielles de codage dans l'optique des GHI**

1) diagnostic principal = diagnostic (une fois l'hospitalisation terminée) ayant motivé l'utilisation principale des ressources.

2) diagnostic(s) secondaire(s) : il faut comprendre diagnostic(s) associé(s).

3) acte le plus « lourd » (les ressources sont définies par l'ICR — index de complexité relative — qui figure dans le catalogue des actes) : il doit correspondre au diagnostic principal sinon le GHM est rangé dans la catégorie des « inclassables »

4) dans la classification internationale des maladies (CIM 9), les diagnostics ne doivent pas être codés par 3 chiffres (tête de chapitre) quand un 4e chiffre existe. En effet, dans ce cas, le RSS est rejeté par le logiciel « groupeur » et entre dans le GHM « erreurs médicales »

## COMMENTAIRES ET CONCLUSION

Comment évaluer valablement l'activité de l'hôpital si les informations ne sont pas fiables et exhaustives ?

Un des intérêts de l'étude réalisée a été d'attirer l'attention sur les imperfections du fichier 1986 qui peuvent fausser certaines conclusions en GHM. Pour améliorer les résultats, on peut intervenir sur plusieurs plans : les contrôles peuvent être perfectionnés (par exemple, le questionnaire RMS comprend une rubrique relative à la réalisation d'un geste chirurgical et il est aisé, si la réponse est positive, de vérifier la présence obligatoire d'un acte) ; on peut également accroître la compétence en codage des personnes concernées (médecins, infirmières, secrétaires, etc.) en leur proposant des formations adéquates. Plus fondamental (et plus difficile à obtenir pour l'ensemble) est la motivation des médecins pour produire des informations valables puis analyser et maîtriser les renseignements en retour.

Le PMSI est un changement important (une révolution ?) pour le CHRU de Nancy, établissement pilote dans ce domaine. Après ces 3 premières années qui peuvent être considérées comme nécessaires à l'apprentissage du corps médical et avant l'informatisation globale de tout l'hôpital, il convient, maintenant, d'améliorer, tous ensemble, la qualité de l'information.

Travail du service
d'informatique médicale
(Pr LEGRAS)

BIBLIOGRAPHIE

LEGRAS (B.), NISAND (G.), MAYEUX (D.), PATRIS (A.), KOHLER (F.). — Les groupes homogènes de malades au CHRU de Nancy en 1986. Comparaison avec la base nationale. *Annales Médicales de Nancy et de l'Est*, 1987, **26**, 443-449.

Le PMSI au Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Nancy

COLLOMBET A, KOHLER F, LEGRAS B, MAYEUX D, MONCHOVET S, NISAND G, PATRIS A

Informations Hospitalières, 1990, 27, 53-59

No 163

# Le Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Nancy

Alain Collombet, François Kohler,
Bernard Legras, Daniel Mayeux,
Sylvie Monchovet, Gabriel Nisand,
Alain Patris

**A Nancy le P.M.S.I. a fait l'objet d'une réflexion approfondie. Le recueil des informations a été amélioré par un logiciel d'aide au codage. L'équipe du S.I.M. insiste cependant sur les difficultés de mise en œuvre : contrôle de qualité des données et intégration des données économiques.**

Centre Hospitalier Régional Universitaire
- 7 établissements
- 52 services de court séjour
- 2 724 lits de court séjour
- 76 000 entrées annuelles en court séjour

La mise en place d'un système d'informations médicales minimales à l'ensemble du C.H.R.U de Nancy s'est déroulée à partir de 1984 à la suite d'expériences notables spécialisées à différents champs d'activité. Dès 1970, le professeur Jean Martin et son équipe avaient mis en place un recueil et un traitement des informations médicales concernant les anesthésies réalisées au C.H.R.U. Peu après, la

*INFORMATIONS HOSPITALIÈRES*
*NUMERO 27*
*AVRIL 1990*

représentation d'informations médicales temporelles a préoccupé cette équipe ; ceci a abouti à la mise en place d'un système d'identification permanente et de gestion des archives papier des patients dans un service. Parallèlement, de nombreux dossiers minimum de synthèse ont été mis en place dans différentes spécialités : cardiologie, maladies infectieuses...

En 1984, l'évolution de moyens informatiques et le Programme de Médicalisation du Système d'Informatisation (P.M.S.I.) ont amené le C.H.R.U. à créer le Service d'Informatique et Statistiques Médicales hospitalières (S.I.M.) et à mettre en place un système de données médicales minimales dont le noyau de base est le Résumé Standardisé de Sortie (R.S.S.) généralisé dès 1985 à l'un des plus gros établissement de l'entité : l'hôpital de Brabois. Certains systèmes de la première génération ont néanmoins continué à fonctionner et fonctionnent encore actuellement après diverses évolutions tant matérielles que logicielles. Une migration des dossiers existants vers le nouveau système a néanmoins été possible dans un certain nombre de cas cependant, cela a été vécu, par certains, comme une régression par rapport à l'existant. Le système d'informations de 1984 a subi peu de modifications depuis cette date et les grands principes de son organisation restent à ce jour valables.

## LES PRINCIPES DU P.M.S.I.

Le système repose sur les principes suivants :

1. Le résumé médical standardisé (R.M.S.) utilisé est un sur-ensemble du Résumé de Service Clinique (R.S.C.) nécessaire à la fabrication du R.S.S. Ce sur-ensemble concerne d'une part l'enrichissement du R.S.C. par des variables additionnelles standardisées pour tous les services, des variables additionnelles propres à chaque service et d'autre part, par des degrés de précision complémentaires pour les variables communes : 5e chiffre possible pour les diagnostics et pour les actes...

2. La confection du résumé médical de sortie est réalisée par les services cliniques selon un mode d'organisation qui leur est propre. L'extraction, la synthèse, la hiérarchisation avec le choix du diagnostic principal et le codage des informations sont réalisés par ces services selon des modalités que ceux-ci déterminent. L'utilisation de nomenclatures personnelles est possible mais dans ce cas, le transcodage dans les nomenclatures officielles est sous la responsabilité du service sauf pour l'utilisation de l'H.C.I.M.O. (adaptation Hospitalière de la Classification Internationale des Maladies et des Opérations).

3. La saisie et le traitement des R.M.S. sont effectués de façon centralisée au niveau du S.I.M., en particulier la constitution du R.S.S. en cas de séjours multiples. Outre la constitution des R.S.S. permettant l'élaboration de l'éventail de cas traités par l'hôpital, des exploitations personnelles avec de nombreux retours vers les services ont été possibles dès la mise en place du système. Le recueil des actes et l'implantation du groupeur ont permis différentes exploitations du case mix de l'hôpital et des services.

4. Le système doit permettre les flux d'informations aussi bien dans le sens service clinique - S.I.M. que dans l'autre sens. En particulier, la transmission des R.M.S. du service clinique vers le S.I.M. peut se faire sous forme bordereau papier avec saisie au S.I.M. ou sous forme numérique, actuellement par disquette, tous les mois. Inversement, lorsque le service clinique est équipé d'un système informatique, il peut bénéficier de l'implantation sur ce système de l'ensemble des informations qu'il a fournies.

5. Le système n'est pas installé de façon concurrente au schéma directeur informatique hospitalier mais en plein accord avec ce dernier. Il doit évoluer afin d'améliorer les contraintes d'exhaustivité et de cohérence notamment dans la définition des séjours entre le système administratif et les informations médico-administratives du R.S.C.

6. Le fichier anonyme des R.S.S. est un fichier public au sein du C.H.R.U. de Nancy et à ce titre, il est accessible, copiable et exploitable aussi bien par le corps médical que par la direction. Les fichiers nominatifs nécessaires à la fabrication de fichiers anonymes ne sont accessibles qu'au personnel médical.

# LE RÉSUMÉ MÉDICAL DE SORTIE EN PRATIQUE

Le Centre Hospitalier Régional Universitaire de Nancy (C.H.R.U.) est composé de sept établissements répartis en trois pôles géographiques principaux distants au maximum de trente kilomètres.

En 1984, un bordereau standard a été établi et a subi de légères modifications en 1986. Ce bordereau auto-copiant est réalisé sous deux formes : soit une chemise cartonnée permettant de contenir l'ensemble des éléments du séjour-service avec sur la première page le bordereau auto-copiant, soit sous forme d'une liasse auto-copiante.

Le circuit de l'information est le suivant :

— A l'arrivée du patient à l'hôpital, le bureau des entrées sélectionne la chemise cartonnée ou la liasse en fonction du service dans lequel est adressé le patient et l'identifie grâce à une étiquette autocollante issue de la gestion administrative des malades (chaîne GESMAL). Sur cette étiquette, on retrouve les éléments d'identité : nom, prénom du patient, le numéro d'hospitalisation ; les éléments médico-administratifs : sexe, date de naissance, date d'entrée et mode d'entrée.

— Le patient se rend dans le service d'hospitalisation avec le bordereau ainsi étiqueté. Le service s'organise selon ses propres modalités pour extraire, synthétiser et coder les autres éléments du R.M.S. Dans chaque service, il existe un correspondant qui assure la liaison avec le S.I.M. Une fois le bordereau rempli à la fin de l'hospitalisation, celui-ci est adressé au S.I.M. par le courrier interne.

— Au S.I.M., le bordereau est saisi grâce à une application informatique développée localement qui en est à sa troisième version depuis 1984 (version micro puis mini, puis sous Unix avec Informix, cf. note technique en annexe). La saisie conversationnelle est complétée par des contrôles de vraisemblance (les codes doivent appartenir aux nomenclatures,...) de cohérence (on ne peut faire une hystérectomie chez un homme,...) et pour les séjours hospitaliers se passant dans un seul service, par un groupage interactif. Certaines anomalies peuvent être immédiatement corrigées par le personnel du S.I.M. mais dans d'autres cas, le bordereau est renvoyé au service avec mention de l'anomalie détectée.

— A la suite de cette saisie, de nombreux retours d'informations sont effectués. Des retours immédiats sont faits vers les services qui en font la demande sous forme d'étiquettes autocollantes comportant l'ensemble des informations du R.S.S. avec édition en clair du libellé correspondant au diagnostic principal et à l'acte le plus lourd ou sous forme de bordereau sur lequel l'ensemble des codes sont associés à leur libellé en clair. Une forme de synthèse de texte a même été mise au point aboutissant à la constitution automatique de lettres-type mais aucun service n'a utilisé cette possibilité. Des retours périodiques fréquents sont effectués soit à intervalle de temps fixe (trimestres, semestres...) soit à la demande des services. Ils prennent la forme de listes triées selon des critères personnels à chaque service ou de bilans statistiques avec dénombrements des différents diagnostics, actes et autres codes concernant l'ensemble des séjours pour une période déterminée ou pour une sous-population correspondant à une requête logique multicritères utilisant les opérateurs usuels (ou, et...) formalisée par les services demandeurs. Enfin, des exploitations détaillées concernant l'ensemble de l'entité, basées notamment sur l'éventail de cas en G.H.M., sont effectuées de façon annuelle.

En pratique, le recueil des actes a débuté courant 1985 lors de la sortie du catalogue des actes médicaux. L'adhésion au système a été progressive, le tableau ci-dessous résume l'évolution du nombre de R.S.S. collectés au cours des années 1985 à 1988 :

1985 : 30 173 R.S.S. mais seulement 4 000 complets pas de groupage

1986 : 43 958 R.S.S. mais seulement 33 401 affectés en G.H.M.

1987 : 48 557 R.S.S. mais seulement 38 314 affectés en G.H.M.

1988 : 51 500 R.S.S. mais seulement 40 000 affectés en G.H.M.

Actuellement l'ensemble des services ne participe pas encore au système (46 services collectent des R.S.S. sur 52 services de court séjour au C.H.R.U.N.)

*INFORMATIONS HOSPITALIÈRES*
*NUMERO 27*
*AVRIL 1990*

# QUELQUES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

## A. EXHAUSTIVITÉ :

Par rapport aux 76 000 entrées directes justifiant d'un R.S.S., le C.H.R.U. doit fournir un effort pour :

— collecter tous les R.S.S. par service ;
— faire participer tous les services.

Pour la plupart des services, la mise à disposition d'un micro-ordinateur (une des priorités du nouveau Schéma Directeur) devrait faciliter l'adhésion au système. Il faut cependant relever qu'après trois années de travail sur le domaine, l'expérience inciterait à privilégier un circuit spécifique pour les R.S.S., si l'on veut obtenir rapidement l'exhaustivité, plutôt qu'un circuit où le R.S.S. serait un sous-produit du dossier médical informatisé.

## B. DIFFICULTÉS LIÉES AU CIRCUIT DE L'INFORMATION

Le circuit actuel a fait ses preuves, mais présente quelques inconvénients :

— difficultés dans le rapprochement des actes par rapport aux changements de situation administrative du patient,
— non chaînage par l'application administrative de séjours du même patient au cours de la même hospitalisation.

Une des plus grandes difficultés rencontrées concerne la cohérence des dates lors des multi-séjours. En effet, le circuit de l'information actuel aboutit à une cohérence extrêmement mauvaise. Dans ce cas, seulement 10 % environ des multi-séjours réussissent à être groupés après une rectification manuelle ou semi-automatique des dates afin que la correspondance entre date de sortie dans un service et date d'entrée dans un autre puisse être acceptée par le groupeur.

Afin de remédier à ces inconvénients, il est envisagé d'éditer un bordereau à la sortie du patient, issu de Gesmal, récapitulant toutes ses dates de mouvements, avec les informations administratives. Ce document pourrait se substituer à l'actuel bordereau pour les services qui le souhaitent. L'étude est en cours et devrait permettre d'introduire ces modifications pour l'exercice 1991. Pour les services informatisés, la transmission pourrait être automatique. Par ailleurs, le chaînage des séjours devra être réalisé au sein de Gesmal ou Sigma. La cohérence du système sera ainsi optimisée.

Toutefois, sur le plan méthodologique, certaines difficultés demeurent :

— nécessité de créer des habitudes de travail sur certains points en matière de collecte de données au niveau des équipes médicales (séances, permission, réhospitalisation) ;
— nécessité d'introduire des informations médicales complémentaires pour obtenir d'une part des regroupements de données significatifs et d'autre part une motivation des équipes médicales (type de situation de prise en charge, indice de gravité, infection) ; les seules informations prévues par la réglementation ne sont pas suffisantes.

## C. LA QUALITÉ DE LA DESCRIPTION MÉDICALE

Une autre difficulté majeure concerne la qualité de la description médicale. L'adhésion quantitative des services a été relativement facilement obtenue ; par contre, de nombreux services ne recueillent et ne codent que vis-à-vis d'un objectif d'indexation des dossiers médicaux dans les cadres pathologiques qui les intéressent. Il en est de même pour le recueil et le codage des actes. Le contrôle de qualité national nous a permis de prendre conscience de ce problème dont l'importance est extrêmement variable selon les services. En effet, dans certains services, l'extraction, la synthèse, la hiérarchisation et le codage sont réalisés par un nombre limité de personnes ; ce qui permet de réaliser des formations lorsque les utilisateurs adhèrent au système. Par contre, dans d'autres services, ces tâches sont confiées à du personnel temporaire comme les internes dont la motivation pour le P.M.S.I. n'est pas la première préoccupation et pour lesquels il est impossible d'envisager une réelle formation au codage.

### D. DIFFICULTÉS LIÉES AU MANQUE DE MOYENS

Il n'existe plus d'opposition systématique ; les services qui ne collectent pas encore de R.S.S. se disent dans l'impossibilité d'assurer celui-ci sans moyens complémentaires, essentiellement par manque de personnel médical et non médical du service. De la même manière, l'analyse de gestion, ne dispose pas des moyens nécessaires pour faire des exploitations fines. C'est pourquoi des demandes ont été formulées dans le cadre de la circulaire 303 du 24 juillet 1989.

## QUELQUES POINTS D'AVENIR

### A. QUALITÉ : OBJECTIF « ZÉRO DÉFAUT »

Une véritable politique de qualité (zéro défaut) doit prendre appui sur :

— la formation du personnel des services en sensibilisant notamment les chefs de services sur l'enjeu de cette réforme. Peu de chefs de service sont actuellement impliqués dans le processus (souvent un attaché, personnel temporaire...). Cette formation aux techniques de codage, au choix de l'information médicale pertinente devrait en priorité concerner le corps médical. Il semble en effet exclu de retenir le principe d'un codage centralisé trop coûteux en moyens humains (il peut toutefois sembler que le recueil d'information par du personnel spécialisé, le codage centralisé par des agents travaillant selon des normes bien définies et contrôlées, dans le cadre d'une gestion centralisée des dossiers médicaux par patient au niveau de l'entité juridique, offriraient des conditions optimales en matière de qualité des données) ;
— l'aide au codage : le rôle d'un spécialiste du codage se déplaçant dans les services devient une nécessité qui complètera les aides informatiques déjà utilisées ;
— des actions au sein des services pour contrôler sur un échantillon les données collectées ;
— la rédaction de deux guides méthodologiques :

- un guide à l'attention des services,
- un autre guide à l'attention des bureaux des entrées.

### B. DES EXPLOITATIONS FINES POUR DES INDICATEURS PERTINENTS

Les retours d'information actuels dans les services ne font pas l'objet d'exploitation suffisante (notamment faute d'éléments de comparaison, de méthodes de référence...). Aussi une analyse pourrait-elle être développée autour :

— des séjours longs par G.H.M. et service,
— des évaluations de diagnostics par rapport à l'orientation des services,
— des évaluations de diagnostics par rapport au coût des C.R. (centres de responsabilité).

Mais l'exploitation des données issues des R.S.S. nécessitera de rechercher des informations complémentaires, d'où :

— une exploitation en liaison avec les services ; en fait deux séries de contrôle ou exploitation seront nécessaires : d'une part au niveau de chaque service et d'autre part au niveau du S.I.M. ;
— le recueil d'informations complémentaires aux informations obligatoires ;
— à terme, le développement des moyens accordés au S.I.M. pour les traitements et exploitations.

### C. DES G.H.M. AU COÛT PAR G.H.M.

L'application de la comptabilité analytique implique (outre les préalables décrits ci-avant) :

— la réalisation du plan de compte des sections d'analyse et le déversement des informations issues de la comptabilité générale dans ces sections d'analyse (opérations réalisées au C.H.R.U.N. par la Direction des services financiers et le C.R.I.H. pour 1988).
— la collecte exhaustive des actes par nature : ceci nécessite l'informatisation des services médico-techniques, car il est difficile de demander aux laboratoires, aux services de radiologies, de collecter les actes par nature parallèlement au recueil des actes exprimés en cotation sécurité sociale. Une seule collecte

doit être envisagée avec transcodification automatique.

Plusieurs difficultés se posent :

— correspondance des actes par nature et des actes exprimés en nomenclature Sécurité Sociale (imprécisions, lacunes, hétérogénéité si chaque établissement est laissé libre de déterminer ses propres correspondances ce qui va à l'encontre du principe d'universalité de la réforme) ;
— relation à établir entre les D.I.M. et les C.R.I.H., afin d'obtenir en final l'intégralité des informations nécessaires pour que chaque partenaire de l'hôpital puisse travailler selon ses responsabilités. Des protocoles de travail devront être établis et réévalués périodiquement (problème de la circulation de l'information nominative, puis rendue anonyme) : recensement des charges directes par R.S.S. et des consommations d'unités d'œuvre de déversement par R.S.S. pour la ventilation des charges indirectes par G.H.M. Pour le C.H.R.U. de Nancy, un protocole annexé à son deuxième schéma directeur informatique prévoit ces liaisons.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'application de cette réforme sera plus longue qu'on ne peut l'envisager :

— le contrôle de la qualité et l'exploitation des informations médicales seront longs à mettre en place (notamment sensibilisation insuffisante du corps médical pour une réforme qui prend appui, de l'avis des médecins, sur des nomenclatures imprécises ou ne reflétant pas la réalité de la pratique médicale d'un C.H.U., mais peut-être plus une réalité économique) ;
— la détermination de coût complet par G.H.M. nécessite des partages de responsabilités dans la collecte et le traitement des informations qu'il y aura lieu d'affiner constamment ;
— la détermination de coût complet par G.H.M. semble très lourde et nécessite des moyens importants dont le traitement ne constitue qu'une partie par rapport à l'analyse, au contrôle, à l'aide et aux conseils à apporter aux services ;
— il y aura toujours nécessité de déterminer le coût de certaines pathologies très coûteuses à l'hôpital et qui ne s'identifient pas avec un ou plusieurs G.H.M. mais nécessitent des études ponctuelles sur échantillon (exemple du S.I.D.A.) ;
— limites internes à l'exploitation des indicateurs mis en évidence : le manque de références de normes ne permet pas une bonne analyse et une prise de décision en interne ;
— incertitude quant aux finalités externes dans les négociations avec la tutelle (absence de méthodologie).

En définitive et au vu des remarques qui précèdent, le P.M.S.I., du moins dans sa partie activité (R.S.S. et G.H.M.) constitue un bon élément pour lancer un dialogue plus précis sur l'activité médicale ; la partie coût reste cependant dans l'approche actuelle très lourde à mettre en place. □

## BIBLIOGRAPHIE


Nisand G., Mayeux D., Kohler F.
**Hospitalisation de jour en diabétologie. Compte rendu et codage des R.S.S. automatisé.**
Congrès Inf. Méd. Montpellier 1989.

Guerci A., Mayeux D., Kohler F.
**Harmonisation de la description médicale. Application au R.S.S. en Hématologie.**
Congrès Inf. Méd. Montpellier 1989.

Legras B., Nisand G., Mayeux D., Patris A., Kohler F.
**Les groupes homogènes de malades au C.H.R.U. de Nancy en 1986. Comparaison à la base nationale.**
Ann. Med. de Nancy 1987, 26, 443-449.

Kohler F., Colson M.-J., Patris A., Mayeux D., Barottin O.
**Étude des indicateurs de soins infirmiers une approche à la description de l'activité médicale en terme de groupe homogène de malades.**
Ann. Méd. de Nancy 1989, 28, 425-430.

Mayeux D., Nisand G., Girardier M., Heve D., Kohler F.

P.M.S.I. Application en diabétologie - Nancy. Gestion Hospitalières 1989, 284, 179-183.

Lacour B., François M.-C., Boulangé J., Patris A., Kohler F.
Évaluation de l'activité médicale d'un service de moyen séjour : Recherche de critères permettant d'expliquer la durée de séjour.
Soumis au journal d'économie médicale.

• Patris A., Vion E., Mouaddib N., Kohler F., Legras B.
Logiciel P.M.S.I. + .
Andihscopie (revue d'informatique hospitalière) 1988, 17, 16-22.

# ANNEXE

## MATÉRIELS UTILISÉS

1 UNISYS 5000/50

— Mémoire centrale de 4 méga-octets ;
— 2 disques de 140 méga-octets chacun ;
— 6 postes connectés ;
— 1 lecteur de cartouches ;
— 1 imprimante ;
— 1 lecteur de bandes magnétiques.

2 PC connectés au 5000/50 par ligne asynchrone.

1 PC et 1 Mac IIcx connectés par Ethernet.

## LOGICIELS

Systèmes d'exploitation :
— UNIX system V 3.0,
— MS DOS,
— Mac OS 6.03.

Systèmes de gestion de base de données :
— INFORMIX SQL version 2.0,
— INFORMIX L4G version 1.0.

Logiciel groupeur :
— CNEH

## FONCTIONNALITÉS

— Saisie des R.S.C. interfacée avec le logiciel groupeur.
— Éditions de listes, dénombrements, étiquettes.
— Groupage des R.S.S.
— Constitution de la bande ministérielle des R.S.S. groupés.
— Retour des informations vers les services sur supports magnétiques.
— Interrogation des applications du 5000/50 via le réseau Ethernet.

Le nouveau système d'informations PMSI du CHU. Quelques statistiques pour 1991

LEGRAS B, FELDMANN L, JEANNELLE D

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1994, 33, 5-11

No 188

# Le nouveau système d'informations PMSI du CHU Quelques statistiques pour 1991

## The new DRG medical information system - Some results from 1991

B. LEGRAS, L. FELDMANN, D. JEANNELLE

**RÉSUMÉ** : Un nouveau système de recueil des informations PMSI a été installé en 1991 au CHU de Nancy. De nouvelles données administratives sont venues enrichir la base en 1991 : l'adresse des patients, l'activité professionnelle, la catégorie professionnelle, le statut familial. Les données administratives sont transmises par fichier à la sortie des services des patients hospitalisés. La base comprend les données administratives de toutes les hospitalisations. Par contre, les données médicales remplies dans les services ne sont pas exhaustives mais le système a l'avantage de pouvoir avertir des dossiers incomplets. On peut réaliser aussi des statistiques plus complètes sur les séjours mais également les patients et les rehospitalisations. Quelques statistiques pour 1991 sont présentées.

**Mots-clés** : PMSI, système d'information hospitalier, données médicales.

***ABSTRACT*** *: A new DRG information recording system has been installed in 1991 at the Nancy University Hospital. It includes new data for : patients address, occupation, socio-economic and marital status. At discharge, each patient's administrative data is transfered on a file to the DRG database. This latter includes all the administrative data. However the medical data are not always noted in the departments but the system allows to remind for incomplete records. The new system allows statistics by hospitalization, as well as rehospitalization and patients. Some results for 1991 are shown.*

***Key-words*** *: DRG, hospital information system, medical data.*

Le PMSI (programme de médicalisation du système d'information) a débuté au CHU de Nancy en 1985 et, depuis cette date, le service d'informatique médicale (SIM) saisit et exploite les résumés d'hospitalisation.

Jusqu'à fin 1990, la base de données PMSI était indépendante de la base informatique administrative. Cette indépendance entraînait des inconvénients notables :

— On ignorait l'absence de fourniture d'un résumé.

— Il n'y avait pas une cohérence complète entre les données du système administratif et celles du PMSI, notamment pour la définition des séjours.

— Dans les services, on devait indiquer, pour chaque séjour, la date et le mode de sortie, ce qui constituait une contrainte.

— Au SIM, il fallait saisir des données administratives déja existantes dans une autre base informatique.

Pour pallier ces inconvénients, en janvier 1991, a été mis en place le nouveau système d'informations, objet de cet article.

### LE NOUVEAU SYSTÈME

#### a) Les principes

Le SIM est relié au CRIH (Centre Régional d'Informatique Hospitalier) et récupère sous forme de fichier informatique les informations administratives de tous les patients hospitalisés sortant des services de court-séjour (sauf la psychiatrie, hors du champ du PMSI).

Les services reçoivent les bordereaux (sur lesquels sont imprimés les données administratives) et remplissent uniquement les données médicales (diagnostics, actes...). Le SIM détecte aisément les séjours non complétés et en avertit les services.

#### b) Les différentes étapes du circuit

1 - Lors de la détection d'un changement de service ou de la sortie définitive d'un patient, le CRIH crée un dossier informatique PMSI.

2 - Télé-transmission régulière du fichier correspondant au SIM.

3 - Après un délai d'un jour, le CRIH édite des imprimés PMSI (avec les données administratives correspondantes) pour les hospitalisations « classiques ». Selon le choix des services, il s'agit d'exemplaires uniques ou de liasses autocopiantes. Pour les hospitalisations de jour, le délai de réception (2 à 3 jours) a été jugé trop long ; un bordereau particulier est utilisé dès l'entrée, sur lequel est collée l'étiquette administrative.

4 - Après réception dans le service, l'imprimé PMSI est complété (codage des données médicales).

5 - Un exemplaire est envoyé au SIM où ont lieu la saisie et le traitement.

*Travail du Service d'Informatique Médicale, Epidémiologie et Statistiques (P' B. LEGRAS) CHU de Nancy*

6 - Retour dans le service des bordereaux incomplets ou erronés (par exemple, les diagnostics incompatibles avec les actes : GHM 901).

7 - Relance périodique dans les services (fournisseurs) pour les séjours non renseignés médicalement.

**c) La nouvelle fiche PMSI**

Elle comprend :

*1 - Une partie administrative renseignée par le système informatique administratif*

La première ligne correspond à la clé d'indexation du fichier PMSI : service + numéro d'hospitalisation (sigma) + date d'entrée dans le service + type de séjour. Puis, on trouve le nom, le prénom, la date de naissance, le sexe, l'âge, l'adresse, le code postal, le statut matrimonial et la catégorie socio-professionnelle. Sont indiquées, ensuite, les dates d'entrée et de sortie avec les modes correspondants dans l'établissement et le service. S'il s'agit d'un transfert d'un service de même établissement, on connaît en outre la date d'entrée et le mode d'entrée pour ce service. Enfin, le système fournit le nombre de jours de permission (ce qui permet de corriger la durée de séjour) et calcule le nombre de séances en cas de traitements itératifs (dialyse, chimiothérapie...).

*2 - Une partie médicale à remplir dans le service, comprenant :*

— le service de soins s'il diffère du service d'hospitalisation,

— le numéro du dossier dans le service (facultatif),

— la notion ou non d'intervention chirurgicale (en cas de réponse positive, on vérifie la présence d'un acte chirurgical),

— le diagnostic principal,

— la notion ou non de première hospitalisation,

— les diagnostics associés (5 au maximum),

— les actes (10 au maximum) avec leur fréquence respective,

— le type de situation de prise en charge (facultatif),

— une zone de 6 « cases » permettant de noter d'éventuelles données spécifiques,

— le nom et l'adresse du médecin traitant (facultatif),

— enfin un emplacement est réservé pour la validation du résumé : nom, fonction et signature du responsable (ces informations ne sont pas saisies en ordinateur).

**d) Les outils informatiques**

La base informatique est stockée sur un mini-ordinateur (BULL DPX 200) et exploitée sous UNIX à l'aide du système de gestion de base de données INFORMIX. Les fichiers peuvent être exportés sur micro-ordinateur compatible Pc et analysés à l'aide d'un logiciel spécifique écrit en Turbo Pascal par l'auteur, bien adapté aux sélections multi-critères et aux statistiques (il a été proposé aux services pour exploiter leurs fichiers).

**e) Les critiques**

Selon l'enquête réalisée en juin 1992, un tiers des responsables des services (notamment en chirurgie) souhaiterait obtenir le bordereau PMSI dès l'entrée du patient. Cette modification est réalisée depuis mai 1993 (l'impression du document se fait directement à l'entrée dans le service).

Lorsqu'un patient est transféré d'un établissement du CHU à un autre, il change de numéro d'hospitalisation, ce qui déclenche la création d'un nouveau séjour. Cette situation entraîne un biais lorsqu'un service est réparti sur deux établissements (par exemple, le service de neuro-chirurgie qui est implanté sur les hôpitaux de St-Julien et Central, ce dernier servant souvent de lieu de convalescence).

Un problème épineux est celui des malades pris en charge par d'autres services que ceux où ils logent (« services-hôteliers »). Ces dossiers sont souvent non remplis.

**f) Les évolutions à court-terme**

Depuis janvier 1993, le SIM recoit du CRIH les cotations des actes chirurgicaux « lourds » (> 50K) ainsi que la date, dans un but de contrôle de qualité (on pourra vérifier le codage d'au moins un acte chirurgical pendant le séjour correspondant).

## RÉSULTATS

**a) Exhaustivité**

Le tableau ci-dessous indique les résumés reçus (complets sur le plan administratif) et ceux renseignés sur le plan médical. Le taux d'exhaustivité pour l'ensemble des hospitalisations « classiques » de court-séjour (hospitalisations de jour exclues) est d'environ 74 %. Il n'était que de 66 % en 1990. Les relances réalisées ont contribué en partie à cette augmentation. 24 services sur 50 ont un taux supérieur à 90 %. Six services n'ont rempli aucun résumé, ce qui biaise les statistiques de morbidité de l'établissement.

| Résumés | Reçus | Renseignés |
|---|---|---|
| Hospitalisations | 85 952 | 63 797 |
| Hosp. de jour | 10 937 | 5 918 |

**b) Quelques statistiques relatives aux séjours d'hospitalisation**

*Nombre* : 85 952

*Durée de séjour* (déterminée par : date de sortie – date d'entrée, ce qui correspond donc aux nombres de nuits)

— moyenne = 6,5 nuits

— médiane = 3,0 nuits (ce paramètre qui sépare la population en deux groupes identiques n'est pas sensible aux séjours « anormalement » longs, contrairement à la moyenne)

— 16,2 % de séjours de 2 nuits (fréquence maximale)

— 3,7 % de séjours de plus de 3 semaines

*Mode de sortie*

— 79,6 % de retour à domicile, 2,3 % de décès

*Mode d'entrée dans l'établissement*

— 32,3 % d'urgences

— 30,3 % de patients adressés par médecin extérieur

— 27,8 % de patients adressés après consultation

— 5,5 % de transferts d'un autre hôpital

— 3,9 % de transferts internes (autre établissement du CHU)

*Catégorie socioprofessionnelle*

— 0,7 % de cadres et professions supérieures

*Statut familial*

— 10,8 % de veufs et veuves

*Département d'habitation*

| M-et-M | Moselle | Vosges | Meuse | Haute-Marne |
|---|---|---|---|---|
| 60,3 % | 14,7 % | 9,2 % | 6 % | 3 % |

A partir du code postal, on peut-aussi déterminer la distance avec le CHU : 14 % des patients viennent de plus de 90 km.

**c) Quelques statistiques relatives aux patients**

Le nombre de malades différents hospitalisés en 1991 est de 54 558. Il a été obtenu après tri sur l'identifiant (nom, prénom, âge, sexe). Des validations nombreuses (suivies de corrections) ont porté sur les identifiants (ce controle est indispensable compte-tenu de fréquentes erreurs provenant du système informatique général).

*Sexe* : 56,2 % d'hommes

*Durée moyenne de séjour* (cumulée) : 10,3 nuits

*Age :*

— moyenne de 42,9 ans

— 14,2 % de 60 à 69 ans (tranche la plus fréquente)

— 7,5 % de 80 ans et plus

*Répartition par âge et sexe*

Les âges sont indiqués par tranche de 10 ans

| Age (ans) | H % | F % |
|---|---|---|
| 0-9 | 14,1 | 12,9 |
| 10-19 | 9,0 | 9,2 |
| 20-29 | 10,7 | 9,5 |
| 30-39 | 12,1 | 10,9 |
| 40-49 | 12,8 | 11,0 |
| 50-59 | 13,8 | 11,2 |
| 60-69 | 14,9 | 13,2 |
| 70-79 | 8,0 | 10,7 |
| 80-89 | 4,1 | 9,6 |
| > 89 | 0,5 | 1,7 |

Ces valeurs ne prennent leur sens que rapportées à la population.

**d) Comparaison aux données démographiques des patients hospitalisés domiciliés en Meurthe-et-Moselle**

Les valeurs concernent les seuls patients habitant en Meurthe-et-Moselle (33 600 sujets). Elles sont comparées aux statistiques INSEE 1990 du département. R est le rapport de la fréquence des sujets hospitalisés et de la fréquence des individus pour la même tranche d'âge : ex RH = % Hommes hosp. / % Hommes dans le département (numéro 54).

| Age (ans) | H hosp. % | F hosp. % | H 54 % | F 54 % | RH | RF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-9 | 16,0 | 13,7 | 13,3 | 12,0 | 1,20 | 1,14 |
| 10-19 | 9,9 | 9,8 | 15,1 | 13,8 | 0,65 | 0,71 |
| 20-29 | 10,7 | 9,4 | 17,3 | 15,9 | 0,62 | 0,59 |
| 30-39 | 11,6 | 9,9 | 15,4 | 14,8 | 0,75 | 0,67 |
| 40-49 | 11,6 | 9,6 | 12,9 | 11,9 | 0,90 | 0,81 |
| 50-59 | 12,0 | 9,3 | 10,6 | 10,4 | 1,13 | 0,89 |
| 60-69 | 13,5 | 11,7 | 9,1 | 10,3 | 1,48 | 1,14 |
| 70-79 | 8,7 | 11,7 | 4,1 | 6,0 | 2,12 | 1,95 |
| 80-89 | 5,3 | 12,7 | 1,9 | 4,2 | 2,79 | 3,02 |
| > 89 | 0,6 | 2,4 | 0,2 | 0,7 | 3,00 | 3,43 |

C'est entre 10 et 49 ans que la population du département fréquente le moins le CHU (R < 1). La proportion des hospitalisés augmente avec l'âge. Les femmes sont proportionnellement plus hospitalisées que les hommes entre 10 et 19 ans et au-delà de 79 ans.

**e) Rehospitalisations**

*Répartition du nombre moyen de séjours par patient selon l'âge*

| 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | > 89 ans |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,43 | 1,36 | 1,42 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,85 | 1,77 | 1,59 | 1,47 |

C'est pour les hommes de 60-69 ans que les rehospitalisations sont les plus fréquentes (1,85).

*Pourcentage de patients selon le nombre total de séjours*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 séjours |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 70,2 | 17,3 | 6,4 | 2,7 | 1,3 | 0,7 | 0,4 | 0,3 |

30 % des patients ont fréquenté plus d'un service en 1991.

*Intervalles de temps séparant deux hospitalisations successives :*

1 semaine : 18,6 %

2 semaines : 13,5 %

3 semaines : 9,7 %

La moyenne est de 54 jours.

Dans le cas de deux mono-séjours avec retour à domicile séparés par un intervalle compris entre 7 et 21 jours, 8 fois sur 10 les patients sont rehospitalisés dans le même service.

**f) Pathologies par « lignes de produits » selon l'âge et le sexe avec standardisation**

Les « lignes de produits » sont des regroupements (modifiables par les médecins) de groupes homogènes de malades (GHM). L'analyse des GHM est malaisée en raison de leur nombre élevé (471) et celle des catégories majeures de diagnostic en raison de leur trop forte agrégation (24 catégories). Aussi, la classification en une cinquantaine de groupes (distinguant notamment les GHM médicaux des chirurgicaux et éditables sur une page) facilite l'interprétation. Dans un premier temps (et avant une adaptation éventuelle par les médecins du CHU), nous avons choisi la classification utilisée par le Dr CURE (DIM de Mont-St-Martin) et établie par les médecins de l'établissement. Nous avons conservé les libellés, dont certains sont ambigus (par ex : « urologie » comprend les GHM chirurgicaux d'urologie et « néphrologie » les GHM médicaux de type néphrologique et urologique).

Le tableau I indique la répartition globale des lignes de produits. Après avoir séparé les hommes et les femmes, nous avons constitué des tableaux qui fournissent pour chaque ligne de produit la distribution des fréquences selon l'âge (par tranches de 10 ans). Pour tenir compte du fait que les tranches d'âge ont des effectifs variables (et notamment fort réduits pour les tranches les plus élevées), nous avons standardisé les pourcentages en les divisant par la fréquence générale de la tranche d'âge correspondante. Par exemple, pour les hommes de 80 à 89 ans (2 100 séjours sur 50 095 soit 4,2 %), on note 15,3 % d'accidents vasculaires, alors que pour ceux de 70 à 79 ans, il y en a 20 %

TABLEAU I

**Répartition des GHM selon les « lignes de produits » : nombres de résumés d'hospitalisation et pourcentages en 1991**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Neurochirurgie centrale | 505 | 0,79 |
| 2 | Neurochirurgie périphérique | 184 | 0,29 |
| 3 | Neurologie | 2 920 | 4,58 |
| 4 | Accidents vasculaires et encéphalophatie hypertensive | 996 | 1,56 |
| 5 | Traumatismes crâniens | 569 | 0,89 |
| 6 | Ophtalmologie chirurgicale | 2 811 | 4,41 |
| 7 | Ophtalmologie médicale | 864 | 1,36 |
| 8 | ORL chirurgicale | 1 816 | 2,85 |
| 9 | ORL médicale | 2 533 | 3,98 |
| 10 | Chirurgie thoracique | 312 | 0,49 |
| 11 | Pneumologie | 3 711 | 5,83 |
| 12 | Chirurgie cardiaque | 345 | 0,51 |
| 13 | Chirurgie vasculaire | 1 418 | 2,27 |
| 14 | Pose ou remplacement de Pace Maker | 159 | 0,25 |
| 15 | Cardiologie | 5 289 | 8,30 |
| 16 | Affections médicales vasculaires | 1 650 | 2,59 |
| 17 | Chirurgie viscérale | 956 | 1,50 |
| 18 | Chirurgie pour hernie | 577 | 0,91 |
| 19 | Chirurgie du système hépato-biliaire et du pancreas | 391 | 0,61 |
| 20 | Gastro-entérologie | 6 106 | 10,06 |
| 21 | Chirurgie orthopédique | 3 059 | 4,80 |
| 22 | Traitement orthopédique (fracture, luxation, entorse) | 703 | 1,10 |
| 23 | Rhumatologie et autres affections musculo-squelettiques | 3 574 | 5,61 |
| 24 | Chirurgie de la peau et des tissus sous-cutanés | 592 | 0,93 |
| 25 | Chirurgie et affections des seins | 96 | 0,15 |
| 26 | Chirurgie plastique peau et seins | 89 | 0,14 |
| 27 | Infections peau, tissus sous-cutanés et dermatologie | 2 224 | 3,49 |
| 28 | Chirurgie endocrinienne et de l'obésité | 330 | 0,52 |
| 29 | Affections médicales endocriniennes, métaboliques, nutrition | 2 995 | 4,70 |
| 30 | Urologie | 1 625 | 2,55 |
| 31 | Affections médicales de l'appareil génital masculin | 633 | 0,99 |
| 32 | Nephrologie | 2 194 | 3,44 |
| 33 | Chirurgie gynécologique | 61 | 0,10 |
| 34 | Gynécologie médicale | 151 | 0,24 |
| 36 | Affections obstétricales | 48 | 0,08 |
| 37 | Nouveaux-nés et prématurés | 133 | 0,21 |
| 38 | Hémopathies et affections myéloprolifératives | 1 985 | 3,12 |
| 39 | Chirurgie des hémopathies et des affections myéloproliféral | 120 | 0,19 |
| 40 | Maladies infectieuses et parasitaires | 361 | 0,57 |
| 41 | Maladies mentales | 2 205 | 3,46 |
| 42 | Toxicomanies et éthylisme | 810 | 1,27 |
| 43 | Polytraumatisés | 592 | 0,93 |
| 44 | Allergies et effets toxiques des médicaments | 1 247 | 1,96 |
| 45 | Brûlures | 232 | 0,36 |
| 46 | Autres motifs de recours à la santé | 2 606 | 4,09 |
| 47 | Suivis thérapeutiques et soins post-opératoires | 586 | 0,92 |
| 48 | Séances | 2 | 0,00 |
| | Total | 63 701 | |

TABLEAU II

**Résultats standardisés par « ligne de produit » et tranche d'âge pour les séjours d'hospitalisation des hommes en 1991**
**Les valeurs correspondent au rapport de la fréquence de la pathologie dans la classe d'âge et de la fréquence de la tranche d'âge pour l'ensemble des hospitalisations (explications dans le texte)**

| % du produit / % dans tranche d'âge | Hommes - Résultats standardisés | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | ⩾ 90 |
| 1 Neurochirurgie centrale | 1,23 | 1,33 | 1,18 | 1,09 | 1,27 | 0,88 | 0,92 | 0,42 | 0,38 | |
| 2 Neurochirurgie périphérique | 1,57 | 1,73 | 1,62 | 1,40 | 0,61 | 0,60 | 0,62 | 0,87 | 0,24 | |
| 3 Neurologie | 1,05 | 0,92 | 0,98 | 1,13 | 1,28 | 1,05 | 0,84 | 0,82 | 0,78 | 0,52 |
| 4 Accidents vasculaires et encéphalophatie hypertensive | 0,15 | 0,12 | 0,23 | 0,27 | 0,70 | 1,13 | 1,65 | 2,18 | 3,66 | 2,85 |
| 5 Traumatismes crâniens | 0,90 | 2,69 | 2,36 | 0,97 | 0,79 | 0,38 | 0,41 | 0,89 | 0,91 | 1,23 |
| 6 Ophtalmologie chirurgicale | 1,29 | 0,84 | 0,91 | 0,80 | 0,68 | 0,67 | 1,08 | 1,59 | 1,64 | 2,18 |
| 7 Ophtalmologie médicale | 1,66 | 0,88 | 1,38 | 0,73 | 0,77 | 0,74 | 0,93 | 1,13 | 0,95 | |
| 8 ORL chirurgicale | 1,79 | 1,43 | 1,44 | 1,14 | 0,98 | 1,04 | 0,53 | 0,30 | 0,13 | |
| 9 ORL médicale | 1,94 | 1,46 | 1,17 | 0,80 | 0,86 | 1,01 | 0,68 | 0,63 | 0,33 | 0,14 |
| 10 Chirurgie thoracique | 0,24 | 0,33 | 0,50 | 0,62 | 0,76 | 1,94 | 1,88 | 1,05 | 0,20 | |
| 11 Pneumologie | 1,16 | 0,32 | 0,33 | 0,44 | 0,75 | 1,26 | 1,45 | 1,41 | 1,61 | 2,75 |
| 12 Chirurgie cardiaque | 0,04 | 0,28 | 0,32 | 0,26 | 0,97 | 1,05 | 2,61 | 1,80 | | |
| 13 Chirurgie vasculaire | 0,07 | 0,04 | 0,16 | 0,31 | 0,96 | 1,66 | 1,95 | 1,90 | 1,01 | 0,22 |
| 14 Pose ou remplacement de Pace Maker | 0,09 | | 0,24 | 0,58 | 0,50 | 0,66 | 1,23 | 3,12 | 5,24 | 2,48 |
| 15 Cardiologie | 0,59 | 0,61 | 0,35 | 0,36 | 0,86 | 1,27 | 1,60 | 1,61 | 1,59 | 1,22 |
| 16 Affections médicales vasculaires | 0,10 | 0,30 | 0,36 | 0,73 | 0,94 | 1,45 | 1,64 | 1,80 | 1,11 | 0,95 |
| 17 Chirurgie viscérale | 1,23 | 1,31 | 1,18 | 0,69 | 0,86 | 0,87 | 1,07 | 0,90 | 1,11 | 0,81 |
| 18 Chirurgie pour hernie | 3,79 | 0,19 | 0,44 | 0,40 | 0,59 | 0,74 | 0,74 | 0,79 | 1,09 | 0,54 |
| 19 Chirurgie du système hépato-biliaire et du pancreas | 0,45 | | 0,33 | 1,06 | 1,07 | 1,39 | 1,37 | 1,40 | 1,60 | 1,38 |
| 20 Gastro-entérologie | 1,46 | 0,82 | 0,61 | 0,85 | 0,84 | 0,96 | 1,00 | 1,14 | 1,47 | 2,23 |
| 21 Chirurgie orthopédique | 0,89 | 2,41 | 1,83 | 1,63 | 1,42 | 0,60 | 0,30 | 0,20 | 0,16 | 0,37 |
| 22 Traitement orthopédique (fracture, luxation, entorse) | 2,23 | 4,45 | 1,30 | 0,77 | 0,44 | 0,34 | 0,20 | 0,25 | 0,28 | 2,09 |
| 23 Rhumatologie et autres affections musculo-squelettiques | 0,71 | 0,60 | 1,00 | 1,34 | 1,47 | 1,08 | 0,89 | 0,79 | 0,73 | 1,44 |
| 24 Chirurgie de la peau et des tissus sous-cutanés | 2,70 | 3,30 | 1,17 | 0,73 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,39 | 0,19 | |
| 25 Chirurgie et affections des seins | | 5,00 | 2,70 | 1,09 | 0,95 | 0,84 | | | | |
| 26 Chirurgie plastique peau et seins | 0,92 | 0,74 | 3,90 | 1,21 | 0,84 | 0,19 | 0,47 | 0,30 | 1,99 | |
| 27 Infections peau, tissus sous-cutanés et dermatologie | 1,10 | 1,44 | 1,15 | 1,21 | 1,45 | 0,67 | 0,67 | 0,77 | 0,68 | 1,32 |
| 28 Chirurgie endocrinienne et de l'obésité | 0,54 | 1,04 | 0,28 | 1,59 | 1,28 | 1,65 | 0,80 | 0,99 | | |
| 29 Affections médicales endocriniennes, métaboliques, nutrition | 0,48 | 1,08 | 0,61 | 1,00 | 1,04 | 1,26 | 1,10 | 1,29 | 1,13 | 0,76 |
| 30 Urologie | 2,36 | 0,98 | 0,59 | 0,45 | 0,52 | 0,59 | 1,03 | 1,33 | 1,58 | 1,02 |
| 31 Affections médicales de l'appareil génital masculin | 0,80 | 0,99 | 0,63 | 0,23 | 0,22 | 0,42 | 1,33 | 2,67 | 3,92 | 1,43 |
| 32 Nephrologie | 0,76 | 1,23 | 0,89 | 1,01 | 1,06 | 0,96 | 1,14 | 0,93 | 0,95 | 1,39 |
| 34 Gynécologie médicale | | | | 8,72 | | | | | | |
| 37 Nouveaux-nés et prématurés, affections congénitales | 6,48 | 1,01 | 0,23 | 0,19 | | 0,51 | 0,12 | | | |
| 38 Hémopathies et affections myéloprolifératives | 1,54 | 1,15 | 0,68 | 0,86 | 0,62 | 1,01 | 1,16 | 1,04 | 0,73 | 0,20 |
| 39 Chirurgie des hémopathies et affections myéloprolifératives | 0,19 | 1,25 | 0,51 | 0,82 | 0,89 | 1,66 | 1,52 | 0,90 | 0,56 | |
| 40 Maladies infectieuses et parasitaires | 3,31 | 1,47 | 0,28 | 0,60 | 0,76 | 0,49 | 0,32 | 0,86 | 1,88 | 1,19 |
| 41 Maladies mentales | 0,22 | 1,07 | 2,76 | 2,07 | 1,05 | 0,53 | 0,32 | 0,65 | 1,52 | 0,94 |
| 42 Toxicomanies et éthylisme | 0,01 | 0,49 | 1,23 | 2,66 | 2,11 | 1,19 | 0,40 | 0,12 | 0,11 | 0,35 |
| 43 Polytraumatisés | 5,01 | 2,73 | 1,00 | 0,30 | 0,15 | 0,14 | 0,08 | 0,03 | 0,14 | |
| 44 Allergies et effets toxiques des médicaments | 1,26 | 1,53 | 2,19 | 1,56 | 1,16 | 0,58 | 0,32 | 0,25 | 0,70 | 0,78 |
| 45 Brûlures | 5,09 | 4,23 | | 0,29 | 0,10 | 0,09 | 0,04 | | | |
| 46 Autres motifs de recours à la santé | 0,71 | 1,04 | 0,48 | 0,62 | 0,86 | 1,25 | 1,52 | 1,05 | 1,17 | 0,97 |
| 47 Suivis thérapeutiques et soins post-opératoires | 1,08 | 1,06 | 0,67 | 0,98 | 0,69 | 1,29 | 1,19 | 1,06 | 0,49 | 0,67 |
| 48 Séances | | | | | 3,80 | | 2,80 | | | |
| 49 Autres (GHM inconnus ou erronés) | 0,59 | 0,87 | 1,37 | 1,35 | 1,18 | 1,06 | 0,91 | 0,81 | 0,71 | 0,65 |

TABLEAU III

**Résultats standardisés par « ligne de produit » et tranche d'âge pour les séjours d'hospitalisation des femmes en 1991**
**Les valeurs correspondent au rapport de la fréquence de la pathologie dans la classe d'âge et de la fréquence de la tranche d'âge pour l'ensemble des hospitalisations (explications dans le texte)**

| % du produit / % dans tranche d'âge | Femmes - Résultats standardisés | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | ≥ 90 |
| 1 Neurochirurgie centrale | 1,07 | 1,18 | 0,58 | 0,77 | 1,72 | 1,19 | 1,50 | 0,57 | 0,26 | |
| 2 Neurochirurgie périphérique | 0,66 | 0,86 | 1,48 | 1,18 | 1,21 | 0,82 | 1,29 | 0,92 | 0,61 | 0,76 |
| 3 Neurologie | 1,19 | 1,02 | 1,25 | 1,02 | 1,12 | 1,05 | 0,88 | 0,92 | 0,65 | 0,59 |
| 4 Accidents vasculaires et encéphalophatie hypertensive | 0,07 | 0,16 | 0,20 | 0,47 | 0,73 | 0,62 | 1,09 | 2,11 | 3,15 | 2,88 |
| 5 Traumatismes crâniens | 1,38 | 1,55 | 1,68 | 0,79 | 0,41 | 0,42 | 0,34 | 1,18 | 1,62 | 1,89 |
| 6 Ophtalmologie chirurgicale | 1,06 | 0,56 | 0,49 | 0,93 | 0,49 | 0,80 | 1,18 | 1,78 | 1,46 | 0,84 |
| 7 Ophtalmologie médicale | 1,05 | 0,63 | 0,74 | 0,60 | 0,82 | 1,37 | 1,30 | 1,27 | 0,82 | 1,40 |
| 8 ORL chirurgicale | 2,10 | 1,92 | 1,71 | 1,29 | 1,12 | 0,74 | 0,43 | 0,14 | 0,10 | |
| 9 ORL médicale | 2,37 | 1,65 | 1,54 | 1,10 | 0,79 | 0,65 | 0,54 | 0,31 | 0,31 | 0,61 |
| 10 Chirurgie thoracique | 0,76 | 0,66 | 0,93 | 0,68 | 0,89 | 2,12 | 1,30 | 1,05 | 0,42 | |
| 11 Pneumologie | 1,29 | 0,51 | 0,52 | 0,68 | 0,90 | 1,00 | 1,29 | 1,06 | 1,31 | 1,48 |
| 12 Chirurgie cardiaque | 0,22 | 0,44 | 0,41 | 0,36 | 0,43 | 1,50 | 2,36 | 2,20 | 0,38 | |
| 13 Chirurgie vasculaire | 0,22 | 0,14 | 0,13 | 0,88 | 0,82 | 1,20 | 1,74 | 1,84 | 1,20 | 2,68 |
| 14 Pose ou remplacement de Pace Maker | 0,12 | 0,35 | 0,17 | 0,44 | 0,27 | 0,76 | 0,60 | 2,89 | 2,86 | 4,69 |
| 15 Cardiologie | 0,97 | 0,64 | 0,40 | 0,37 | 0,42 | 0,72 | 1,43 | 1,61 | 1,96 | 2,11 |
| 16 Affections médicales vasculaires | 0,20 | 0,36 | 0,76 | 0,61 | 0,52 | 1,16 | 1,61 | 1,57 | 1,87 | 1,36 |
| 17 Chirurgie viscérale | 0,84 | 2,06 | 0,85 | 0,95 | 0,63 | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 1,21 | 1,12 |
| 18 Chirurgie pour hernie | 2,66 | 0,07 | 0,28 | 0,61 | 0,97 | 0,95 | 1,17 | 0,74 | 0,82 | 1,18 |
| 19 Chirurgie du système hépato-biliaire et du pancreas | 0,04 | 0,27 | 1,14 | 1,05 | 1,47 | 1,51 | 1,46 | 0,98 | 0,90 | 0,84 |
| 20 Gastro-entérologie | 1,41 | 1,10 | 0,79 | 0,57 | 1,01 | 0,73 | 0,86 | 1,08 | 1,37 | 1,51 |
| 21 Chirurgie orthopédique | 1,01 | 2,08 | 0,95 | 1,20 | 1,23 | 1,01 | 0,68 | 0,56 | 0,67 | 0,93 |
| 22 Traitement orthopédique (fracture, luxation; entorse) | 2,11 | 2,57 | 0,29 | 0,18 | 0,37 | 0,32 | 0,52 | 0,91 | 1,47 | 4,69 |
| 23 Rhumatologie et autres affections musculo-squelettiques | 0,52 | 0,65 | 0,97 | 0,90 | 1,24 | 1,47 | 1,17 | 1,14 | 0,84 | 0,76 |
| 24 Chirurgie de la peau et des tissus sous-cutanés | 2,24 | 2,42 | 1,21 | 0,93 | 0,41 | 0,38 | 0,24 | 0,80 | 0,73 | 1,71 |
| 25 Chirurgie et affections des seins | 0,27 | 2,06 | 1,67 | 2,14 | 1,47 | 0,98 | 0,15 | 0,29 | 1,05 | |
| 26 Chirurgie plastique peau et seins | 0,15 | 1,59 | 1,70 | 1,69 | 2,45 | 1,62 | 0,26 | 0,16 | 0,19 | |
| 27 Infections peau, tissus sous-cutanés et dermatologie | 0,87 | 1,26 | 1,21 | 1,18 | 0,96 | 0,75 | 0,80 | 1,13 | 1,09 | 0,80 |
| 28 Chirurgie endocrinienne et de l'obésité | 0,13 | 0,05 | 0,89 | 2,28 | 2,49 | 1,73 | 1,10 | 0,24 | 0,12 | |
| 29 Affections médicales endocriniennes, métaboliques, nutrition | 0,37 | 0,64 | 0,79 | 1,01 | 1,12 | 1,41 | 1,39 | 1,10 | 1,07 | 0,32 |
| 30 Urologie | 1,75 | 1,06 | 0,84 | 1,14 | 1,03 | 0,69 | 1,07 | 0,63 | 0,76 | 0,43 |
| 32 Nephrologie | 1,52 | 1,25 | 1,11 | 1,17 | 0,62 | 0,87 | 0,92 | 0,87 | 0,76 | 0,64 |
| 33 Chirurgie gynécologique | 0,25 | 0,94 | 1,41 | 1,24 | 2,32 | 0,94 | 0,42 | 1,60 | 0,32 | |
| 34 Gynécologie médicale | 0,94 | 1,50 | 3,17 | 0,97 | 0,61 | 0,50 | 0,49 | 1,01 | 0,67 | |
| 36 Affections obstétricales | | 0,75 | 4,46 | 4,34 | 0,58 | 0,18 | 0,14 | | | |
| 37 Nouveaux-nés, prématurés, affections congénitales | 6,23 | 1,18 | 0,55 | 0,24 | | 0,21 | | 0,21 | | |
| 38 Hémopathies et affections myéloprolifératives | 1,66 | 1,24 | 0,67 | 0,50 | 0,79 | 0,89 | 1,22 | 1,03 | 0,87 | 0,37 |
| 39 Chirurgie des hémopathies et affections myéloproliféral | | 1,38 | 1,61 | 0,85 | 0,79 | 1,23 | 1,94 | 0,49 | 0,88 | |
| 40 Maladies infectieuses et parasitaires | 3,64 | 1,41 | 0,26 | 0,46 | 0,22 | 0,40 | 0,48 | 0,55 | 1,38 | 1,12 |
| 41 Maladies mentales | 0,17 | 1,22 | 2,35 | 1,99 | 1,08 | 0,75 | 0,40 | 0,66 | 1,19 | 0,77 |
| 42 Toxicomanies et éthylisme | 0,25 | 1,27 | 1,47 | 2,16 | 2,19 | 1,33 | 0,38 | 0,42 | 0,19 | |
| 43 Polytraumatisés | 5,83 | 1,43 | 0,32 | 0,32 | 0,15 | 0,14 | 0,03 | 0,21 | 0,29 | |
| 44 Allergies et effets toxiques des médicaments | 0,92 | 1,73 | 1,95 | 1,84 | 1,36 | 0,86 | 0,40 | 0,22 | 0,47 | 0,38 |
| 45 Brûlures | 5,60 | 1,15 | 0,13 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | 0,32 | 0,31 | 0,37 | |
| 46 Autres motifs de recours à la santé | 1,47 | 1,35 | 0,60 | 0,81 | 0,60 | 0,79 | 1,13 | 1,13 | 0,92 | 1,51 |
| 47 Suivis thérapeutiques et soins post-opératoires | 1,16 | 0,78 | 1,14 | 0,52 | 0,83 | 1,36 | 1,18 | 1,11 | 0,83 | 0,26 |
| 49 Autres (GHM inconnus ou erronés) | 0,65 | 0,87 | 1,14 | 1,21 | 1,26 | 1,20 | 1,03 | 0,91 | 0,78 | 0,89 |

(mais 9,2 % des séjours appartiennent à cette catégorie, soit un peu plus de 2 fois l'effectif de l'autre tranche). La standardisation permet de retrouver la fréquence accrue pour ceux de 80 à 89 ans : le coefficient (rapport des 2 fréquences) est de 3,66 contre 2,18.

Les tableaux II et III fournissent l'ensemble des valeurs normalisées pour les hommes et les femmes. Ils permettent de mieux apprécier les variations selon l'âge en neutralisant le facteur d'inégalité numérique des diverses catégories hospitalisées au CHU.

## CONCLUSION

Le nouveau système mis en place en janvier 1991 a apporté des améliorations notables. La connexion avec le système administratif actuel prévu pour la facturation laisse des imperfections. Il s'agit d'une étape avant la mise en place d'une informatisation globale centrée sur le malade et facilitant la communication des informations, qui devrait fonctionner avant l'an 2000.

BIBLIOGRAPHIE

LEGRAS (B.), MAYEUX (D.), PATRIS (A.), KOHLER (F.), NISAND (G.). — Bilan et perspectives du PMSI après 5 ans d'utilisation au CHRU de Nancy. *Ann. Méd. de Nancy,* 1991, **30,** 247-250.

Une expérience originale de valorisation des données du PMSI

LEGRAS B

Gestions Hospitalières, 1999, 400-401

No 216

Souvent, les données médicales du PMSI ne sont pas directement utilisables par les services producteurs de l'information. C'est la situation qui existait au CHU de Nancy depuis 1985, date de la mise en route du PMSI. Ceci nous a conduits à développer un logiciel d'exploitation des fichiers (PMSI-PC). Depuis 1997, les services peuvent « récupérer » leurs fichiers de résumés du PMSI sur micro-ordinateur et les exploiter avec ce logiciel. Les services utilisateurs (une vingtaine en juin 1998) l'utilisent largement pour la recherche de tous les dossiers d'un même patient, la sélection de tous les dossiers définis par une ou plusieurs sélections, les statistiques et l'aide au codage.

# Une expérience originale de valorisation des données du PMSI

**Bernard Legras**
Service d'informatique médicale, statistiques et épidémiologie, CHU de Nancy

## Historique du PMSI au CHU de Nancy

Le PMSI a débuté au CHU de Nancy en 1985. Le PMSI était « étendu », comprenant des informations complémentaires utiles aux services (notamment le numéro d'archivage du dossier dans le service), les services qui le souhaitaient pouvaient également prendre en compte les consultations (6 services ont utilisé cette possibilité).

Depuis 1990, les résumés d'hospitalisation sont « fabriqués » par le système informatique général (donc exhaustifs pour la partie administrative qui comprend des données intéressantes telles que l'adresse avec le code postal), ils sont transférés à la « base centrale PMSI », les services complètent et codent les diagnostics et les actes sur les cordereaux, ceux-ci sont transmis à la structure de saisie centralisée, les codes médicaux sont saisis et complètent les informations administratives transmises.

Les services possèdent donc des données à la fois médicales et administratives précieuses, anciennes (12 ans de recul) et importantes (environ 1,2 millions de résumés pour les 50 services, plus de 60000 résumés d'hospitalisation et de consultation pour le plus gros fichier de service).

## La restitution des fichiers et le logiciel utilisé

Nous avons proposé aux services de « récupérer » leurs fichiers de résumés et de les exploiter sur micro-ordinateur avec un logiciel développé par l'auteur (PMSI-PC fonctionnant sur PC sous DOS). Ce logiciel convient aussi bien aux laboratoires et aux plateaux techniques (utilisation depuis 1994 en médecine nucléaire) qu'aux unités de soins.

Le logiciel permet de « greffer » sur une partie fixe de type RUM (comportant des diagnostics et des actes codés selon les nomenclatures officielles du PMSI) un ou plusieurs questionnaires créés par l'utilisateur et modifiables par lui (ex : en chirurgie digestive, plusieurs questionnaires spécifiques sont adaptés aux diverses opérations et orientés vers l'antibioprophylaxie). Chaque questionnaire comprend un maximum de 100 variables (de types énumérées, numériques, calculées, dates, heures). Le logiciel permet aussi d'associer au dossier un compte rendu (éventuellement provenant d'un traitement de texte Word d'une autre machine), il existe un programme de recherche de mots dans ces textes libres.

Les services qui récupèrent leurs fichiers « historiques » utilisent le logiciel de façon limitée : uniquement en consultation (pas de saisie, ni de modifications) et sans questionnaire.

## Résultats

En 1998, vingt services du CHU possèdent le système décrit. Les utilisateurs se servent du logiciel essentiellement selon 3 modalités :

- la recherche et la visualisation des différents résumés d'un patient : ils obtiennent ainsi notamment les dates d'entrée et de sortie de chaque passage, l'adresse, le numéro d'archivage, les diagnostics et les actes (recherche quasi-instantanée) ;
- l'édition de listes des dossiers caractérisés par un ou plusieurs paramètres (ex le plus fréquent : un diagnostic ou un acte donné). La liste est paramétrable, l'utilisateur choisit les données à éditer (en clair ou sous forme codée). Ce programme de recherche multi-critères est très souple et rapide, la liste peut être triée ou non et exportée en fichier texte (récupérable par un autre programme éventuellement sur un autre micro) ;
- l'aide au codage (CIM 10 et CdAM), on tape le mot recherché (ou plusieurs avec des opérateurs booléens : et, ou). Après quelques secondes sur une machine récente, l'écran affiche tous les libellés possédant ce(s) terme(s).

D'autres programmes dénombrent les données médicales (diagnostics, actes) et générales (âge, sexe, origine, durée de séjour), sur la population générale ou une population sélectionnée ; ils sont utiles pour bien apprécier l'activité du service (on peut par exemple estimer l'attractivité du service en étudiant le département de domicile des patients). On peut aussi détecter les doublons, pour ne pas les prendre en compte dans des listes ou des statistiques. On peut également sélectionner des fichiers provenant de divers sites pour une étude commune.

Les fichiers sont mis à jour chaque semestre, après la clôture lorsque le DIM a fini les contrôles. Ainsi, les fichiers sont les doubles de la base centrale dont ils proviennent (ils sont extraits sous forme de fichier ASCII puis restructurés en fichier Pascal par programme).

**L'installation de fichiers uniques pour plusieurs services favorise la mise en place de dossiers informatisés communs.**

## Discussion et conclusion

Cette application motive les services pour le PMSI et l'informatique puisqu'ils récupèrent et exploitent leurs données personnelles, ce qui les pousse à améliorer la qualité, l'aide au codage leur fait gagner du temps (surtout pour les pathologies en dehors de leur discipline où ils ne possèdent pas habituellement de thesaurus préparés). Enfin ils se familiarisent avec l'outil informatique et deviennent plus compétents (mais aussi plus critiques) pour une informatisation globale. De plus, l'installation de fichiers uniques pour plusieurs services favorise la mise en place de dossiers informatisés communs.

Les utilisateurs sont très satisfaits du logiciel et de son utilité, comme l'a montré une enquête de satisfaction.

Le logiciel (tout ou seulement l'aide au codage) est proposé gracieusement aux hôpitaux intéressés. •


• **B. Legras, F. Kohler :** « Dix ans de PMSI au CRU de Nancy. » *Annales Méd. Nancy et Est,* 1995, 34, p. 107-110.

• **B. Legras, J. Legras, B. Hanesse, D. Jeannelle, M. Merle et coll :** « Un logiciel de dossiers médicaux basé sur le PMSI. » *Annales Méd. Nancy et Est,* 1995, 34, p. 97-98.

• **B. Legras, J.-M. Escanye :** « Un logiciel adapté au PMSI pour la saisie des actes des plateaux techniques. Utilisation en médecine nucléaire. » *Gestions hospitalières,* 1997, 1, p. 61-64.

# AUTRES

Premiers essais de traitement des rhumatismes par injection intra-articulaire de radium 224 (Thorium X)

LOUYOT P, MONTET Y, LEGRAS B, DIEBOLD F, POUREL J

Journal Belge de Rhumatologie et de Médecine Physique, 1969, 24, 6, 265-272

No 3

J. belge Rhum. Méd. phys. - B. T. Reum. Fys. Geneesk., 1969, 24, 265-272

# Premiers essais de traitement des rhumatismes inflammatoires par injection intra-articulaire de radium 224 (Thorium)

par P. LOUYOT, Y. MONTET, B. LEGRAS
P. DIEBOLD et J. POUREL

Les résultats encourageants apportés par la Ra 224 administré par voie générale contre la spondylarthrite ankylosante justifient un essai de traitement local par ce produit, d'autant plus que l'introduction de corps radio-actifs tels que l'or, l'ytrium ou le phosphore par voie intra-articulaire a été suivie de quelques succès.

Ces quelques lignes sont consacrées à un premier essai d'utilisation locale des propriétés radio-actives du Ra 224 ou Thorium.

## I. Propriétés physiques du Ra 224

Le Thorium X Buchler, employé dans notre essai thérapeutique (fig. 1), est du chlorure de radium 224 en solution aqueuse, solution débarrassée de ses impuretés, notamment du mésothorium, auteur des accidents observés autrefois par les premiers expérimentateurs.

Le rayonnement émis est complexe, se composant de : 4 particules alpha, 2 particules bêta, et de rayons gamma (schéma de désintégration du Thorium).

La période est courte, de 3,64 jours, rigoureusement contrôlée. La pénétration tissulaire dépend de la nature et de l'énergie du rayonnement émis :

— pour les particules alpha, l'énergie varie de 5,68 mEV à 8,78 mEV, ce qui correspond à un parcours tissulaire moyen de 50 r,

— pour les rayonnements bêta, l'énergie va de 0,085 mEV à 1,80 mEV, ce qui permet un parcours moyen de 8 mm.

Le métabolisme du Thorium est voisin de celui du calcium.

## II. **Utilisation thérapeutique**

L'administration du *produit exige,* non pas de techniques particulières, mais plutôt une surveillance assez rigoureuse.

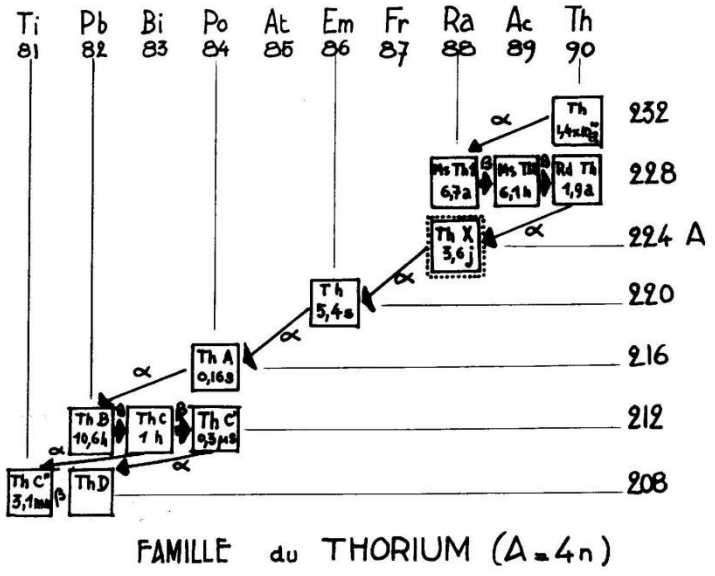



FIG. 1. — Schéma de la famille du Thorium.

### A. **Technique.**

Le Ra 224 se présente en ampoules dont le contenu (2 $cm^3$) représente 34,6 microcuries, soit 29 microgrammes de radium.

Sous le couvert des précautions d'asepsie, le produit est introduit dans la cavité synoviale. Jusqu'à présent, on s'est adressé aux genoux seulement en raison de la facilité du traitement autant que de la surveillance clinique et physique.

Au cours d'une même séance, on peut traiter soit un genou, soit les deux. Le rythme de répétition des injections ne peut pas être encore

précisé avant d'avoir acquis une expérience suffisante. Néanmoins, la courte période du Ra 224 a justifié un premier essai :

— 2 malades ont reçu deux injections dans le même genou,
— 3 malades ont reçu trois injections intra-articulaires.

L'intervalle entre deux injections dans le même genou a varié de vingt jours à trois mois.

Ainsi, 25 malades n'ont reçu qu'une seule injection intra-articulaire.

Si, dans le choix des malades, il n'est pas encore possible de préciser les indications et surtout les contre-indications, les sujets porteurs de lésions viscérales évidentes ont été écartés de cette première expérimentation.

B. **Choix des malades.**

Les sujets soumis au traitement, au nombre de 30, se répartissent en 10 hommes et 20 femmes, dont l'âge s'échelonne de 31 à 81 ans, Ils étaient généralement atteints de maladies rhumatismales inflammatoires, soit 27 polyarthrites rhumatoïdes parmi lesquelles :

— 5 étaient au stade I de Steinbrocker,
— 2 étaient au stade II de Steinbrocker,
— 11 étaient au stade III de Steinbrocker,
— 8 étaient au stade IV de Steinbrocker,
— 2 spondylarthrites ankylosantes à forme périphérique,
— 1 hydarthrose chronique récidivante.

Aujourd'hui, le recul maximum pour l'appréciation des effets thérapeutiques est de sept mois. Ce recul est de sept mois chez 6 malades, six mois chez deux autres, cinq mois chez deux autres, quatre mois chez 4 sujets, trois mois chez six autres, un à deux mois chez les dix derniers.

C. **Surveillance clinique et biologique.**

Seuls les malades hospitalisés ont été traités. Ils étaient ainsi astreints au repos, et à une surveillance suffisamment rigoureuse.

Au point de vue clinique, on a tenu compte des signes habituels, morphologiques et fonctionnels. Les paramètres biologiques furent relevés avant et plusieurs fois avec l'injection de Thorium.

La surveillance a consisté principalement en scintigraphie et thermographie (fig. de 2 à 6). La scintigraphie fut pratiquée au cours des heures qui ont suivi l'injection, pour établir d'une part la répartition topographique de la radio-activité, et d'autre part la vitesse de disparition de celle-ci. Compte tenu de la période courte du Thorium, la surveillance scintigraphique n'a porté que sur une durée de quatre jours.

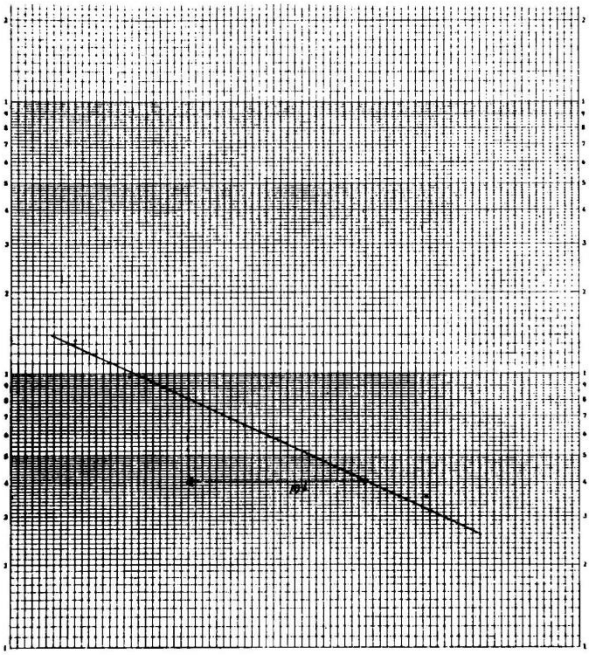


FIG. 2.
Vitesse de disparition du Thorium injecté *in situ* appréciée à la scintigraphie.

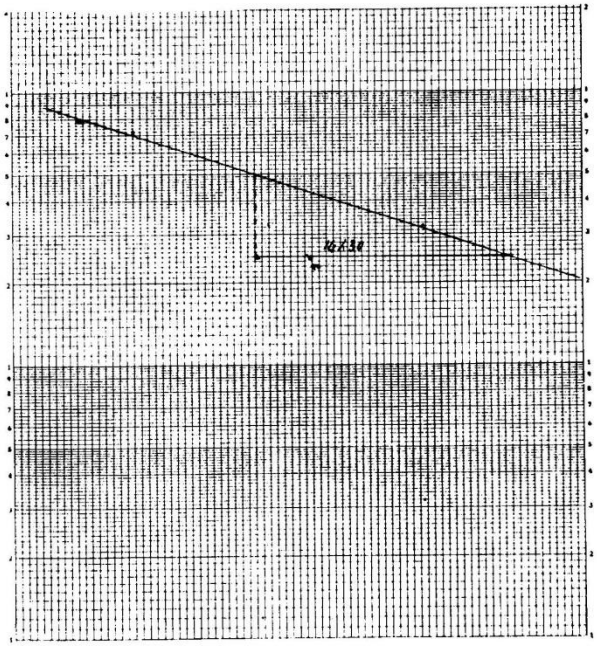


FIG. 3.
Vitesse de disparition du Thorium injecté *in situ* appréciée à la scintigraphie.

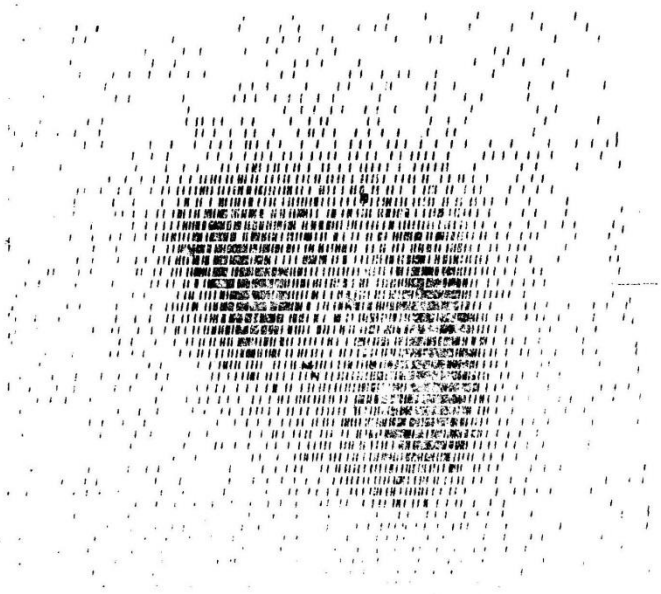


FIG. 4. — Aspect scintigraphique d'un genou droit en position de face, montrant la répartition du Thorium dans la cavité synoviale.

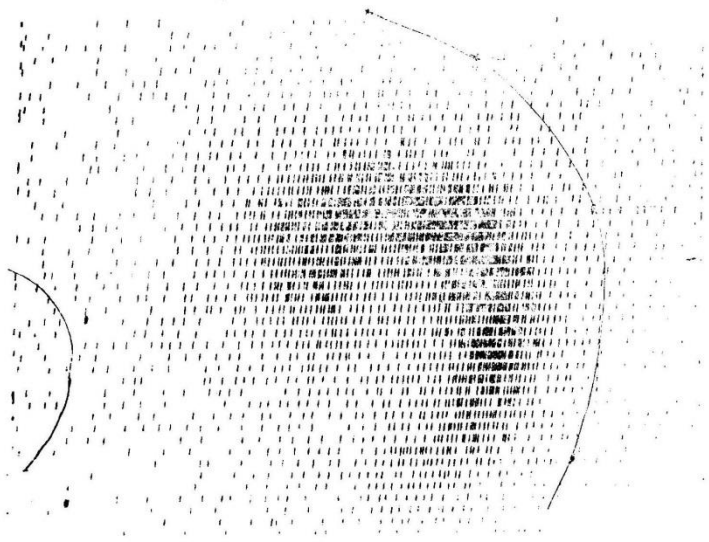


FIG. 5. — Genou de profil montrant la présence de Thorium en plus forte quantité dans les culs-de-sac sous-quadricipitaux.

La thermographie, une des coordonnées des moyens d'appréciation clinique de l'inflammation a été faite également avant et après traitement.

## III. Résultats

Ils sont satisfaisants dans leur ensemble et, en même temps, la tolérance à l'égard du Thorium fut excellente.

### A. Cliniques.

*Dans les suites immédiates,* l'effet de l'injection intra-articulaire apparaît un à quatre jours plus tard. L'arthralgie spontanée et provoquée,

*a)* 10 mai 1969 *b)* 4 juin 1969 *c)* 21 août 1969

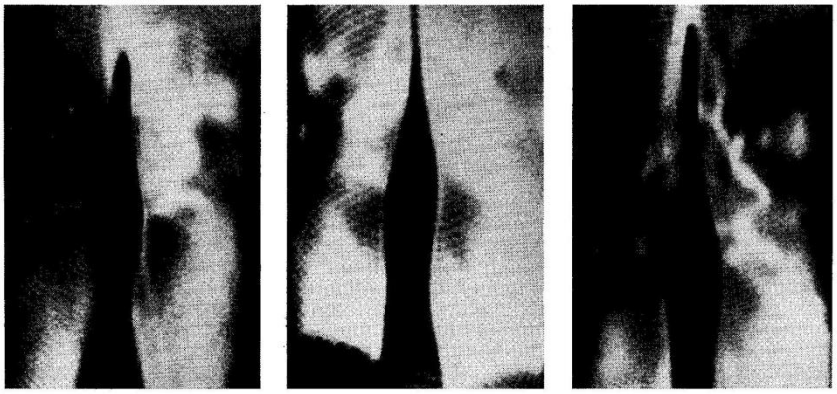


FIG. 6. — M.C... Polyarthrite rhumatoïde.

Exemple de thermographie montrant la réduction progressive de la température locale sous l'influence du Thorium injecté *in situ.*

première en date, s'atténue selon une progression et une importance variables. Dans un deuxième temps, l'épanchement et l'impotence s'amendent. L'hyperthermie locale diminue également.

Le bilan des résultats obtenus localement est le suivant :

— résultats très bons : 3 cas (2 spondylarthrites, 1 hydarthrose),
— résultats bons : 11 cas,
— résultats moyen : 10 cas,
— résultats nuls : 3 cas,
— aggravation passagère : 3 cas.

Comme d'autres auteurs l'ont observé avec l'or ou l'ytrium, le Ra 224 ne manifeste son activité que localement, et l'ensemble des rhumatismes inflammatoires traités n'a pas été influencé cliniquement.

*Les résultats lointains,* relevés chez les malades ayant répondu à notre convocation, montrent que, même après une seule injection de Thorium, le résultat clinique s'est maintenu. Il fut : bon dans 9 cas, moyen dans 6 cas, nul dans 2 cas.

Chez deux sujets, la répétition des injections a renforcé l'amélioration primitivement obtenue, tandis qu'un troisième n'a pas joui d'un semblable bénéfice.

En ce qui concerne les polyarthrites rhumatoïdes, les résultats figurent dans le tableau suivant :

| Stades de Steinbrocker | I et II | III | IV |
|---|---|---|---|
| Bons . . . . . | 4 cas | 6 cas | 3 cas |
| Moyens . . . . . | 2 cas | 2 cas | 4 cas |
| Nuls . . . . . | 1 cas | 3 cas | 1 cas |

Les deux malades signalés plus haut ayant bénéficié de très bons résultats n'ont pas été revus.

*La tolérance* locale fut excellente dans l'ensemble. Les injections sont parfaitement indolores. Une seule fois, une légère hémarthrose a gêné l'interprétation de la scintigraphie. Toutefois, chez quelques sujets, une légère recrudescence transitoire des arthralgies doit être signalée, ainsi qu'une augmentation passagère de l'hydarthrose dans un cas.

La tolérance générale est également très bonne. Un seul malade a présenté une élévation thermique à 38,5° durant quelques heures, rétrocédant vite spontanément, dont l'interprétation était très discutable. Cette parfaite tolérance a été le fait autant de ceux ayant reçu deux injections simultanées que de ceux n'en ayant reçu qu'une.

**B. Physiques.**

*Le contrôle scintigraphique,* pratiqué chez tous les malades, a été fait dans un délai variant de trente-cinq minutes à quatre heures, le plus souvent une heure après l'injection dans la plupart des cas. De face et de profil, il objective la répartition topographique des particules de radium dans la cavité articulaire. Cette répartition est plus ou moins homogène, prédominant au niveau de la moitié inférieure de l'articulation, au-dessous de l'étage des condyles fémoraux.

*Le temps de disparition de la radio-activité,* mesuré par les comptages externes, est variable d'un sujet à l'autre, allant de deux heures quinze à vingt heures, avoisinant volontiers le temps moyen de onze à douze heures.

Il n'est pas permis encore de donner la raison de ces variations. Elle paraît cependant inhérente à l'état anatomique et fonctionnel de la synoviale malade. Un fait mérite au moins d'être mentionné : chez les sujets ayant reçu plusieurs injections, la période d'élimination est plus longue à la deuxième et à la troisième injections, peut-être par diminution de la vascularisation locale engendrée par l'atténuation des phénomènes inflammatoires.

*La thermographie* des articulations traitées a objectivé la diminution de la chaleur locale, allant de pair avec les données de la clinique. Si l'interprétation des images obtenues n'est pas toujours aisée, en raison des modifications de la pénétration qui peuvent intervenir d'un film à l'autre, les variations franches sont bien en rapport avec celles de la clinique.

La thermographie est apparue comme un moyen complémentaire intéressant sur le plan analytique, mais non indispensable.

C. **Biologiques.**

Dans cette première expérience, modeste par les doses utilisées et leur trop rare répétition, les critères biologiques n'ont subi aucun changement significatif, et notamment la vitesse de sédimentation et les réactions immunologiques.

*
* *

En résumé, le Thorium ou Ra 224, au cours de cette première expérimentation clinique, a fourni des améliorations franches dans un nombre suffisant de cas pour justifier la poursuite de son application thérapeutique. Il est trop tôt encore pour préciser la place de ce produit dans le groupe des corps radio-actifs à action locale sur les tissus articulaires enflammés, à côté de l'or et de l'ytrium qui jouissent d'une expérience plus grande.

De nombreux points, d'ordre pharmacodynamique, doivent être précisés et constituent le canevas du travail actuellement poursuivi. Mais dès maintenant apparaît la possibilité d'un moyen d'action intéressant au titre de thérapeutique locale.

P. LOUYOT
Rue des Glacis 11
Nancy (France)

Appréciation par la thermographie de l'état inflammatoire d'une articulation

BERTRAND A, MONTET Y, ROBERT J, LEGRAS B, POUREL J, LOUYOT P

Journal Belge de Rhumatologie et de Médecine Physique, 1969, 24, 6, 265-272

No 4

J. belge Rhum. Méd. phys. - B. T. Reum. Fys. Geneesk., 1970, 25, 228-243

# Appréciation par la thermographie de l'état inflammatoire d'une articulation

par A. BERTRAND*, Y. MONTET**, J. ROBERT*,
B. LEGRAS*, J. POUREL** et P. LOUYOT**.

La thermographie est une nouvelle technique basée sur la détection du rayonnement infrarouge émis par un organisme vivant. L'intensité de ce rayonnement infrarouge est une fonction de la température de la surface émettrice, aussi son analyse permet-elle d'en déduire cette température.

Cette méthode intéresse des domaines très différents de la pathologie médicale et elle sera utile chaque fois qu'un état pathologique entraîne des variations de température d'une partie de la peau du corps humain. Ceci est le cas des rhumatismes inflammatoires tel que la polyarthrite rhumatoïde, où les manifestations articulaires s'accompagnent souvent d'une augmentation importante de la chaleur locale. La thermographie permettra d'avoir des données très précises d'une part sur la répartition thermique de l'articulation touchée, et d'autre part sur l'évolution de cette hyperthermie au cours du temps, après traitement par exemple (2).

## Bases techniques

Un territoire cutané, dont les tissus sous-jacents sont le siège d'une inflammation, a une température supérieure à celle des territoires cutanés voisins non pathologiques. Du fait de cette variation de température, le rayonnement infrarouge émis sera différent. En effet, l'énergie totale rayonnée est fonction de la puissance quatrième de la température absolue : c'est la loi de Stephan-Boltzmann.

Ainsi, une très légère variation de la température locale entraîne une variation relativement importante de l'énergie rayonnée.

* Laboratoire d'exploration fonctionnelle par Méthodes Physiques de la Faculté de Médecine de Nancy (Prof. BURG, Prof. MARTIN).
** Service de Rhumatologie du CHU de Nancy (Prof. LOUYOT).

Belgisch Tijdschrift voor Reumatologie en Fysische Geneeskunde, Vol. 25, Fasc. 5, 1970

La thermographie sera capable d'apprécier cette variation d'émission du rayonnement infrarouge grâce à un cristal d'antimoniure d'indium refroidi à —196°C, qui transformera l'énergie électromagnétique du rayonnement infrarouge en un signal électrique. Un système de balayage optomécanique permet d'analyser chaque point d'un territoire donné. Les signaux sont, après traitement électronique, appliqués sur l'oscilloscope qui restitue le balayage de la camera. Ce signal vidéo permet de voir l'aspect thermique qui apparaîtra sous forme d'une image en blanc, noir et gris intermédiaires. Des différences de température de un dixième de degré centigrade peuvent être mises en évidence.

Les caractéristiques de notre appareil (SEMS-CGR) permettent d'obtenir quatre images par seconde sur un écran de 6 × 8 cm.

Un système photographique peut prendre à chaque instant un cliché, sur un film radiologique 30 × 40 cm.

Les documents présentés dans ce texte sont tels que les régions chaudes apparaissent en blanc et les régions froides en noir.

## Conduite de l'examen

Le thermographe se trouve dans une salle dont la température est constante (21°C). Il est indispensable que la répartition de la température à l'intérieur de cette pièce soit homogène, aussi faut-il éviter toute canalisation d'eau chaude, toute fenêtre, etc.

Le sujet sera placé en décubitus dorsal et la partie de l'organisme à examiner sera libre de tout vêtement, ceci au moins dix minutes avant la prise des clichés afin que l'équilibre thermique entre la peau et le milieu ambiant soit réalisé.

Un miroir incliné à 45° réfléchit les rayons infrarouges vers la caméra.

La prise des clichés thermographiques demande une à deux minutes, la durée totale de l'examen étant d'environ douze minutes.

Chez les rhumatisants, ce sont surtout les articulations distales des membres qui nous ont intéressés. En effet, les articulations des membres sont faciles à explorer du fait, d'une part de la possibilité d'étude par symétrie, et d'autre part de leur situation peu profonde.

Une inflammation de l'articulation se traduit par une augmentation de la température cutanée en regard de celle-ci.

Les quatre articulations faciles à étudier par cette méthode sont celles du poignet, du coude, des genoux et des chevilles. Dans ce travail, c'est essentiellement l'articulation du genou qui a été étudiée.

Nous nous sommes intéressés à la comparaison de la température de l'articulation atteinte avec, d'une part celle des tissus sains avoisinants, et d'autre part celle de l'articulation controlatérale.

La thermographie sera capable d'apprécier cette variation d'émission du rayonnement infrarouge grâce à un cristal d'antimoniure d'indium refroidi à —196°C, qui transformera l'énergie électromagnétique du rayonnement infrarouge en un signal électrique. Un système de balayage optomécanique permet d'analyser chaque point d'un territoire donné. Les signaux sont, après traitement électronique, appliqués sur l'oscilloscope qui restitue le balayage de la camera. Ce signal vidéo permet de voir l'aspect thermique qui apparaîtra sous forme d'une image en blanc, noir et gris intermédiaires. Des différences de température de un dixième de degré centigrade peuvent être mises en évidence.

Les caractéristiques de notre appareil (SEMS-CGR) permettent d'obtenir quatre images par seconde sur un écran de 6 × 8 cm.

Un système photographique peut prendre à chaque instant un cliché, sur un film radiologique 30 × 40 cm.

Les documents présentés dans ce texte sont tels que les régions chaudes apparaissent en blanc et les régions froides en noir.

## Conduite de l'examen

Le thermographe se trouve dans une salle dont la température est constante (21°C). Il est indispensable que la répartition de la température à l'intérieur de cette pièce soit homogène, aussi faut-il éviter toute canalisation d'eau chaude, toute fenêtre, etc.

Le sujet sera placé en décubitus dorsal et la partie de l'organisme à examiner sera libre de tout vêtement, ceci au moins dix minutes avant la prise des clichés afin que l'équilibre thermique entre la peau et le milieu ambiant soit réalisé.

Un miroir incliné à 45° réfléchit les rayons infrarouges vers la caméra.

La prise des clichés thermographiques demande une à deux minutes, la durée totale de l'examen étant d'environ douze minutes.

Chez les rhumatisants, ce sont surtout les articulations distales des membres qui nous ont intéressés. En effet, les articulations des membres sont faciles à explorer du fait, d'une part de la possibilité d'étude par symétrie, et d'autre part de leur situation peu profonde.

Une inflammation de l'articulation se traduit par une augmentation de la température cutanée en regard de celle-ci.

Les quatre articulations faciles à étudier par cette méthode sont celles du poignet, du coude, des genoux et des chevilles. Dans ce travail, c'est essentiellement l'articulation du genou qui a été étudiée.

Nous nous sommes intéressés à la comparaison de la température de l'articulation atteinte avec, d'une part celle des tissus sains avoisinants, et d'autre part celle de l'articulation controlatérale.

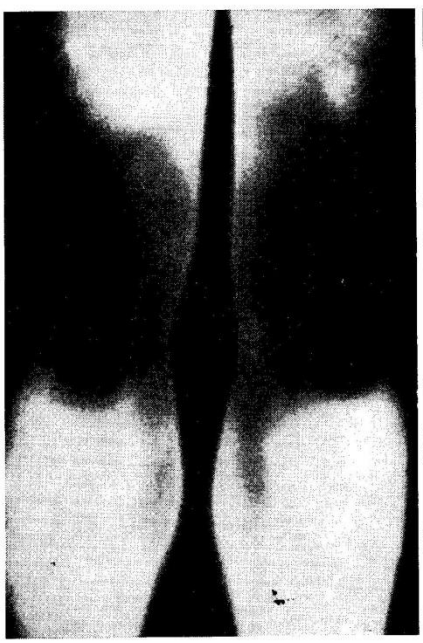


FIG. 1.

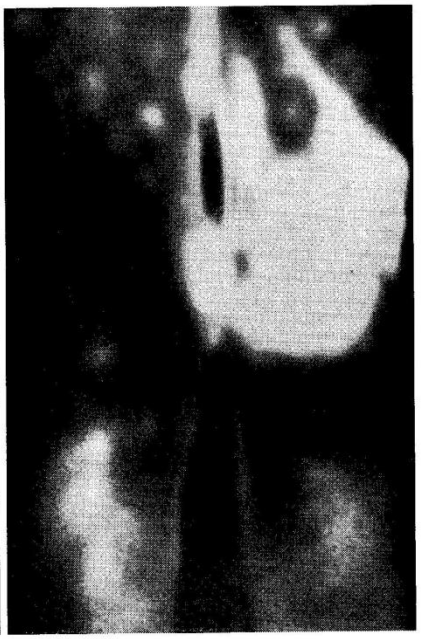


FIG. 2.

FIG. 1. — Thermographie de genoux non pathologiques. Les faces antérieures des genoux sont à une température plus basse que celle des tissus sus- et sous-jacents.

FIG. 2. — Cas d'une hyperthermie unilatérale chez un malade présentant une inflammation très importante du genou gauche.

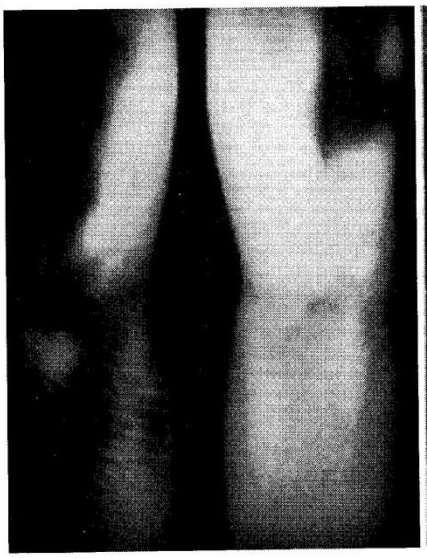


FIG. 3.

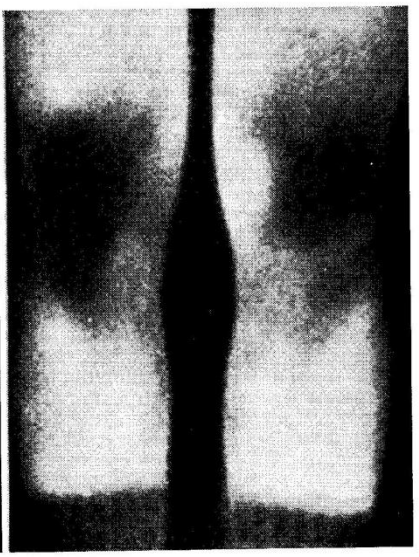


FIG. 4.

FIG. 3. — M. Dav... août 1969, hyperthermie globale du genou gauche et légère hyperthermie de la face interne du genou droit. Douleurs très violentes au niveau des deux articulations avec nette prédominance sur la gauche.

FIG. 4. — M. Dav... mai 1970. Thermographie sensiblement normale, les douleurs ont disparu.

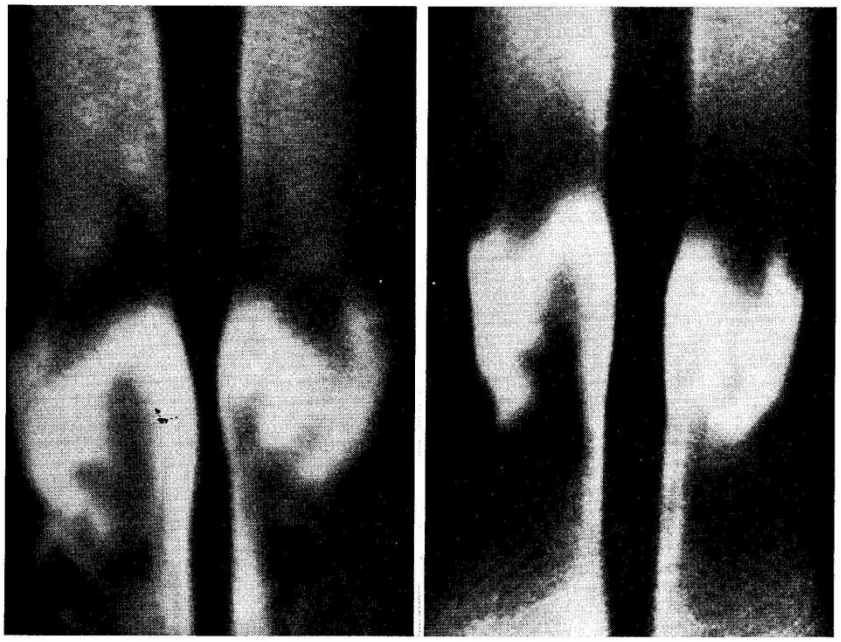


FIG. 5. FIG. 6.

FIG. 5. — Mme Pan... novembre 1969. Hyperthermie importante des deux genoux. Ceux-ci sont le siège d'une tuméfaction, d'une hydarthrose de douleurs très violentes. La marche est impossible.

FIG. 6. — Mme Pan... décembre 1969. Même aspect que précédemment. Pas d'amélioration clinique.



FIG. 15.

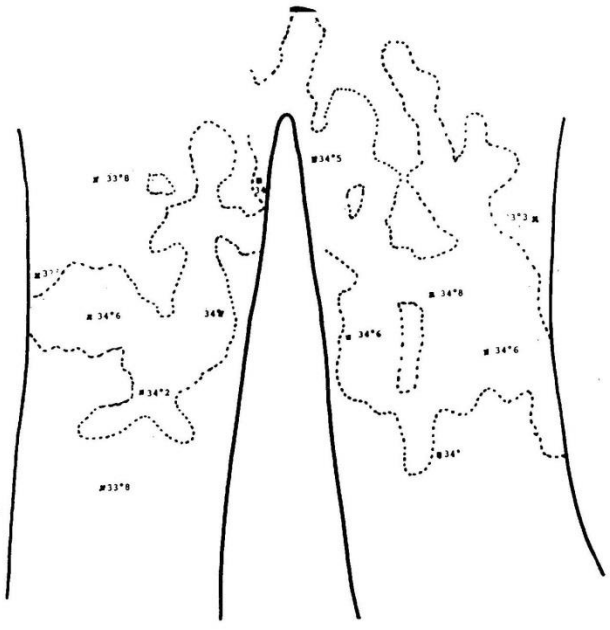



FIG. 16.

FIG. 15 et 16. — Comparaison d'un cliché thermographique avec une carte thermique obtenue avec un bolomètre.

*Obs. 3.* — M^me^ Pan...,: PR stade III, présente depuis novembre 1969 des douleurs très importantes au niveau des deux genoux. Ceux-ci sont tuméfiés et sont le siège d'une hydarthrose. La marche est très diffffficile. Cette malade est revue aux mois de décembre 1969 et de mai 1970 ; il n'existe aucune amélioration clinique.

Les thermographies faites en novembre 1969, décembre 1969 et mai 1970 ont toutes le même aspect : on note une hyperthermie globale du genou droit, ainsi qu'une hyperthermie des faces interne et externe du genou gauche (Thermographies 5, 6 et 7).

*Obs. 4.* — M. Fri...,: PR stade II, a, au mois d'octobre 1969 une impotence fonctionnelle des deux genoux. Ceux-ci sont tuméfiés, très douloureux, gonflés et chauds. La thermographie montre une hyperthermie très importante au niveau du genou droit ainsi que sur la face externe du genou gauche (Thermographie 8).

Dans les mois qui suivent, on note une nette amélioration clinique avec diminution des douleurs et du gonflement local. Les thermographies montrent alors des genoux thermiquement normaux (Thermographie 9).

M. Fri..., est revu au mois de mai 1970 : l'amélioration clinique demeure, mais on note de nouveau sur la thermographie une hyperthermie des deux faces internes des genoux (Thermographie 10). Cet exemple est un des rares cas où il semble exister une discordance entre la thermographie et la clinique.

*Obs. 5.* — M. Gla... Jean, 40 ans, présente une polyarthrite chronique évolutive depuis trois ans. L'atteinte est plus ou moins généralisée, mais prédomine au niveau des genoux. Une première thermographie est faite le 18 février 1969. A cette époque, au genou gauche on note une douleur provoquée et spontanée, une tuméfaction des parties molles et une hydarthrose très importante. Au genou droit, une douleur et une légère tuméfaction existent également, mais il n'y a pas d'hydarthrose. La marche est impossible. Sur le cliché thermographique (photo 11), on remarque une hyperthermie très importante du genou gauche, alors que celle du genou droit est très modérée.

Le 8 mai 1969, une injection intra-articulaire de Thorium X est faite au niveau du genou droit. L'amélioration clinique est très nette au niveau des deux genoux dans les semaines suivantes, la marche est de nouveau possible, et une thermographie faite le 5 juin 1969 (photo 12) ne montre plus de zone hyperthermique au niveau des genoux gauche et droit.

Le 21 août 1969, une nouvelle thermographie est faite à M. Gla..., alors en pleine poussée évolutive au niveau du genou gauche. La thermographie montre une zone hyperthermique très nette à ce niveau (photo 13). L'amélioration est rapide, mais moins spectaculaire que la première fois, et sur la thermographie faite le 3 septembre 1969 (photo 14), on note encore une légère hyperthermie de ce genou gauche.

## Discussion

Parmi les 41 malades examinés, la plupart ont eu plus de trois thermographies, et certains ont subi cet examen cinq ou six fois, ce qui fait au total environ deux cents clichés thermographiques, c'est-à-dire quatre cents articulations explorées par cette méthode, vu que les deux

| Nom | Date | Articulation | Données cliniques | | | Données thermographiques | Corrélation Thermo-Clinique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Douleur | Tumé-faction | Tr. de la mobilité | | |
| Mme BAZ... | 25 août 1969 | Genou droit | ++ | ++ | + | Hyperthermie modérée | Très bonne |
| | | Genou gauche | + | ++ | + | Hyperthermie moyenne de la face interne du genou | Très bonne |
| | 18 septembre 1969 | Genou droit | +++ | ++ | + | Hyperthermie importante | Bonne |
| | | Genou gauche | ++ | + | + | Hyperthermie modérée | Bonne |
| | 27 novembre 1969 | Genou droit | + | + | + | Thermographie normale | Médiocre |
| | | Genou gauche | + | + | + | Légère hyperthermie | Bonne |
| | 10 mars 1970 | Genou droit | + | + | + | Hyperthermie modérée | Bonne |
| | | Genou gauche | ++ | +++ | ++ | Hyperthermie importante | Très bonne |
| | 22 avril 1970 | Genou droit | 0 | + | + | Thermographie normale | Bonne |
| | | Genou gauche | 0 | + | + | Légère hyperthermie | Très bonne |
| | 10 juin 1970 | Genou droit | + | + | + | Légère hyperthermie | Très bonne |
| | | Genou gauche | ++ | + | ++ | Hyperthermie modérée | Très bonne |
| Mme BAI... | 4 septembre 1969 | Genou droit | ++ | ++ | ++ | Hyperthermie importante | Bonne |
| | | Genou gauche | 0 | + | ++ | Hyperthermie modérée | Bonne |
| | 7 janvier 1970 | Genou droit | + | + | + | Hyperthermie modérée | Bonne |
| | | Genou gauche | + | + | + | Légère hyperthermie | Très bonne |
| | 5 mai 1970 | Genou droit | + | 0 | + | Hyperthermie importante | Médiocre |
| | | Genou gauche | 0 | + | 0 | Thermographie normale | Bonne |
| M. BLO... | 1er août 1969 | Genou droit | ++ | +++ | ++ | Légère hyperthermie | Médiocre |
| | | Genou gauche | ++ | +++ | ++ | Hyperthermie modérée | Bonne |
| | 25 août 1969 | Genou droit | 0 | 0 | + | Thermographie normale | Bonne |
| | | Genou gauche | 0 | 0 | + | Hyperthermie importante | Bonne |
| Mme DEM... | 29 mars 1969 | Genou droit | +++ | ++ | ++ | Hyperthermie importante | Très bonne |
| | | Genou gauche | +++ | ++ | ++ | Hyperthermie importante | Très bonne |
| | 8 mai 1970 | Genou droit | + | 0 | + | Légère hyperthermie | Bonne |
| | | Genou gauche | +++ | ++ | ++ | Hyperthermie importante | Très bonne |
| M. GLA... | 18 février 1969 | Genou droit | ++ | 0 | 0 | Légère hyperthermie | Bonne |
| | | Genou gauche | ++++ | 0 | 0 | Hyperthermie très importante | Très bonne |
| | 5 juin 1969 | Genou droit | +++ | ++ | ++ | Légère hyperthermie | Bonne |
| | | Genou gauche | ++ | ++ | ++ | Hyperthermie modérée | Très bonne |

genoux d'un même sujet sont étudiés en même temps. Cinquante thermographies, soit cent articulations, ont été prises au hasard, et une comparaison a été faite entre les résultats thermographiques et les données cliniques recueillies le même jour.

Les différents degrés d'hyperthermie ont été classés en cinq catégories : thermographie normale, légère hyperthermie ( + ), hyperthermie modérée ( + + ), hyperthermie importante ( + + + ), hyperthermie très importante ( + + + + ).

Quant à l'étude clinique, trois éléments ont été retenus : la douleur, la tuméfaction et les troubles de la mobilité. Suivant leur valeur une quantification de 0 à 4 + leur est accordée, soit également cinq catégories.

Ensuite une corrélation entre ces résultats cliniques et thermographiques a été faite. La corrélation est dite très bonne quand la moyenne des données cliniques correspond à la même catégorie que celle des renseignements thermographiques. Cette corrélation est bonne s'il existe une différence d'une +, médiocre si celle-ci était de 2 + et mauvaise si la différence était supérieure à 2 +.

L'estimation des renseignements cliniques et thermographiques a été réalisée par deux médecins différents : les premiers par un rhumatologue, les seconds par un spécialiste en thermographie.

Sur 100 examens d'articulation du genou, la corrélation a été très bonne 45 fois, bonne 44 fois, médiocre 10 fois et mauvaise une fois. Donc dans 89 % des cas, la corrélation a été soit bonne soit très bonne. Ce résultat tend à montrer la validité de la méthode.

**Corrélation entre l'étude thermographique et l'étude clinique**

| | |
|---|---|
| Très bonne | 45 sur 100 |
| Bonne | 44 sur 100 |
| Médiocre | 10 sur 100 |
| Mauvaise | 1 sur 100 |

## Comparaison avec un bolomètre

L'exploration thermographique a été complétée par des mesures absolues de température effectuées à l'aide d'un bolomètre. Avec cet appareil, nous avons relevé point par point les températures des genoux d'une malade quelques minutes après avoir fait la thermographie. Nous avons pu quantifier d'une façon relativement précise les différentes tonalités de la thermographie. Sur le cliché 15, témoin d'une hyperthermie bila-

térale, les températures varient entre 33,3°C pour les points les plus froids et 34,8°C pour les plus chauds.

Le bolomètre donne des résultats quantitatifs très précis, mais il ne permet d'avoir une représentation fixe de la répartition thermique qu'au prix d'un très grand nombre de points de mesure, ce qui est difficilement réalisable en routine.

Le bolomètre peut être remplacé par une échelle de température placée à côté de l'organe dont on veut obtenir une thermographie. Cette échelle est constituée d'une quinzaine de plages de 2 cm de diamètre, chacune de ces plages étant à une température bien déterminée. En comparant les différentes tonalités obtenues sur le même cliché thermographique, avec d'une part la plage de l'échelle et, d'autre part l'organe étudié, il est possible d'avoir un aspect quantitatif.

On peut également étalonner le thermographe avec un corps noir.

Sur les clichés thermographiques, il est possible, grâce à un dispositif spécial, d'obtenir des courbes isothermes, c'est-à-dire une ligne rejoignant tous les points de même température.

Ce dispositif est très précieux dans certaines applications de la thermographie, mais il donne peu de renseignements supplémentaire en rhumatologie.

## Conclusion

La thermographie permet de mettre en évidence une hyperthermie articulaire et d'en suivre l'évolution, ceci en comparant l'articulation atteinte avec les tissus sains avoisinants. Cette méthode réalise un grand progrès, car il est difficile d'apprécier et de quantifier par le simple toucher de la main, l'hyperthermie d'une articulation. Cette difficulté est accrue, si les différents examens sont espacés dans le temps, et surtout s'ils sont pratiqués par différents médecins.

Les observations précédemment décrites, ainsi que l'étude comparative des données cliniques et thermographiques sur 100 cas, montrent qu'il existe une corrélation étroite entre l'état inflammatoire d'une articulation et son degré d'hyperthermie. Le cliché thermographique est comme une radiographie, un document qui demeure, aussi son étude peut être faite par différents médecins, et ceci à différentes époques. Il sera donc possible en comparant les différentes thermographies faites durant un traitement, d'avoir une appréciation objective de l'évolution de l'état inflammatoire et de l'efficacité de la thérapeutique.

## BIBLIOGRAPHIE

1. *Medical thermography.* Congrès de Leiden des 28-30 mars 1968. Edit. S. Karger, Basel (Switzerland).
2. NORMAN F., BOAS. Thermography in rheumatoid arthritis. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1964, *121,* 223-234.
3. LOUYOT P., MONTET Y., LEGRAS J., DIEBOLD P., POUREL J. Premiers essais de traitement des rhumatismes inflammatoires par injections intra-articulaires de Radium 224. XIIe Congrès International de Rhumatologie, Prague, 6-11 octobre 1969. *J. belge Méd. Phys.*, 1969, *24,* 265-272.
4. LOUYOT P., LEGRAS B., MONTET Y., DIEBOLD P., POUREL J., BERTRAND A. Utilisation du Radium 224 (Thorium X) en injections intra-articulaires dans les rhumatismes inflammatoires. *Ann. méd. Nancy,* juin-juillet 1970, IX, 423-430.
5. BERTRAND A. *A propos des principales applications médicales de la thermographie.* Thèse, Nancy, 1969.
6. GROS Ch., GAUTHERIE M., BOURJAT P., VROUSOS C. Les applications médicales de la thermographie infra-rouge. *Acta Electronica, 12,* no 1, 63-119.

P. LOUYOT
Service de Rhumatologie du CHU
de Nancy
Nancy (France)

**Imprimé en Belgique**

Journal Belge de Rhumatologie et de Médecine Physique, Vol. 25, Fasc. 5, 1970

Effets d'une hypouricémie aigue sur la synthèse endogène des purines

LEGRAS B, ROYER R-J, THOMAS J-L

Annales Médicales de Nancy, 1972, 11, 517-526

No 12

Extrait des Annales Médicales de Nancy
Tome XI — Mars 1972

# Effets d'une hypo-uricémie aiguë sur la synthèse endogène des purines

par **B. LEGRAS (*), R.J. ROYER, J.-L. THOMAS (*)**

**RÉSUMÉ**

*Chez l'homme, l'administration d'une urate oxydase provoque en général une élimination urinaire accrue des purines. L'étude isotopique de la biosynthèse purinique endogène chez deux sujets goutteux a montré une augmentation modérée, peu significative, de l'incorporation de la glycine C14, sous traitement. La quantité supplémentaire de purines éliminées ne semble pas être explicable par un excès de synthèse. Il s'agit peut-être d'une mobilisation accrue de l'acide urique des tophus.*

## INTRODUCTION

La mise à la disposition des médecins d'une enzyme, bien tolérée et remarquablement efficace, l'urate oxydase dégradant l'acide urique en allantoïne, substance dix fois plus soluble, permet la réalisation rapide d'hypo-uricémies importantes. Cette hypo-uricémie s'accompagne d'une augmentation de l'élimination globale des purines urinaires et l'on peut se demander si cette déplétion provient des réserves de l'organisme, phénomène dans ce cas favorable, ou si elle est dépendante d'un accroissement de la production endogène des purines. Une dernière possibilité serait que cette augmentation de l'élimination purinique soit due à une modification des mécanismes rénaux et les travaux de FONTENAILLE, de ROYER sont en faveur d'une excrétion tubulaire de l'acide urique démasquée aux basses concentrations plasmatiques.

Pour pouvoir affirmer la valeur thérapeutique réelle de l'urate oxydase dans les états hyper-

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 10-3-1971.

(*) Service d'Exploration Fonctionnelle par les radio-isotopes (Pr C. BURG et J. MARTIN).
(**) Département de Pharmacologie (Pr M. LAMARCHE) et Clinique Médicale B (Pr P. KISSEL) - Université de Nancy I - France.

uricémiques et la goutte, il était important de déterminer l'évolution de la synthèse endogène des purines au cours d'un traitement par urate oxydase. Nous avons eu recours à une méthode isotopique qui consiste à employer un précurseur de l'acide urique, la glycine marquée au C14. De façon idéale, la synthèse endogène des purines pourrait être caractérisée par l'incorporation de la glycine dans le pool des urates. En pratique, on en obtient une valeur approchée en déterminant le « pourcentage d'incorporation urinaire (cumulé) » c'est-à-dire le pourcentage de la radioactivité retrouvée sous forme d'acide urique et éventuellement d'allantoïne dans les urines, sur une période déterminée faisant suite à l'injection. Cette période est en général de 7 ou 10 jours suivant les auteurs.

Nous avons comparé ce pourcentage avant et au cours du traitement par l'urate oxydase chez deux goutteux et nous présentons ici les résultats de cette étude.

## MATERIEL ET METHODES

La mesure du pourcentage d'incorporation urinaire nécessite l'isolement préalable de l'acide urique et de l'allantoïne à l'état pur. On détermine la quantité totale d'acide urique et d'allantoïne éliminée quotidiennement dans les urines, par dosage sur un volume aliquot. Il suffit alors de mesurer la radioactivité d'une certaine masse de ces deux substances pour connaître la radioactivité éliminée par jour sous forme d'acide urique et d'allantoïne; on en déduit l'incorporation.

### 1) Dosages

L'uricémie et l'uricurie sont mesurées selon la méthode de LIDDLE à l'urate oxydase. La précision est d'environ 5 %, et chaque échantillon est dosé deux fois.

L'allantoïne urinaire est dosée par la méthode de GROS et RAVEUX. L'acide urique est séparé de l'allantoïne par passage sur colonne Dowex. L'allantoïne est transformée par hydrolyse acide en acide allantoïque, lui-même transformé en urée et en acide glyoxylique par hydrolyse alcaline. Après traitement par ferri-cyanure en milieu très acide, la phénylhydrazone de l'acide glyoxylique est oxydée et on détermine les variations de la densité optique à 518 mμ. La précision étant d'environ 20 %, chaque échantillon est dosé trois fois.

### 2) Extraction de l'acide urique et de l'allantoïne urinaires

#### a) Extraction de l'allantoïne

La technique est voisine de celle employée par SOERENSEN. L'allantoïne est précipitée à froid sous forme d'un complexe mercurique insoluble obtenu par action d'un mélange acétate mercurique et acétate de sodium sur un certain volume connu d'urine enrichi au besoin en allantoïne non radioactive. Le complexe métallique est décomposé par l'hydrogène sulfuré qui donne un précipité de sulfure de mercure et remet les purines et l'allantoïne en solution. Le filtrat est alors traité par l'acide phosphotungstique qui précipite l'acide urique et d'autres purines mais laisse l'allantoïne en solution. La solution est successivement traitée par une solution d'acétate de plomb qui élimine l'excès d'acide phosphotungstique, d'acide sulfurique concentré qui élimine l'excès de plomb, de soude concentrée pour neutraliser la solution. L'allantoïne est de nouveau précipitée sous forme d'un complexe mercurique. Le précipité remis en solution est décomposé à pH 7 par l'hydrogène sulfuré qui libère l'allantoïne. Après élimination du gaz, l'allantoïne est insolubilisée par évaporation sous vide. Recueillie sur verre fritté, elle est lavée à l'eau froide et à l'alcool.

#### b) Extraction de l'acide urique

La technique est proche de celle décrite par KRÜGER et SCHMIDT. L'acide urique est précipité à chaud sous forme d'un complexe cuivreux insoluble obtenu par l'action d'un mélange sulfate de cuivre et acétate de sodium sur un certain volume connu d'urine enrichi au besoin en acide urique non radioactif. Le complexe est décomposé par l'hydrogène sulfuré et le filtrat est traité par une solution d'acide phosphotungstique qui précipite l'acide urique sous une forme plus pure. Il est dissout à chaud dans une solution de carbonate de lithium. La solution obtenue est ensuite filtrée puis traitée par l'acide acétique versé goutte à goutte, à chaud. L'acide urique précipite par refroidissement. On procède enfin à une nouvelle purification en effectuant deux recristallisations : la première en dissolvant l'acide urique dans de l'acide sulfurique concentré chaud et en le faisant précipiter par dilution, la seconde en le redissolvant dans le carbonate de lithium et en le faisant recristalliser par l'acide acétique. Les cristaux sont finalement recueillis sur verre fritté, lavés puis séchés. La pureté de

l'acide urique et de l'allantoïne ainsi obtenue est en général supérieure à 95 %, à la précision des dosages près.

### 3) Comptages

L'acide urique et l'allantoïne sont comptés dans du gel scintillant obtenu par l'emploi de dioxide de silice (Cab-O-Sil) à environ 8 % dans une solution scintillante classique. Les mesures sont réalisées à 7° C dans un appareil à scintillation liquide : Nuclear Chicago (Mark). L'efficacité de comptage (« quenching ») est déterminée par la méthode du « standard externe » utilisant une source radioactive extérieure de Baryum. Les tubes sont comptés un temps suffisant pour que l'erreur statistique soit inférieure à quelques pour-cents.

### 4) Injection et recueils

La glycine 1-C14 (CEA Saclay) d'activité spécifique entre 10 et 30 µCi/mM, est dissoute dans du sérum isotonique. Un standard est préparé par dilution de 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau. Il sert à déterminer la radioactivité injectée. La quantité de la solution radioactive contenue dans la seringue est soigneusement déterminée par pesée. L'injection intra-veineuse est faite par l'intermédiaire d'un tuyau de perfusion. Les parois de la seringue sont ensuite lavées plusieurs fois par le liquide de perfusion.

Les urines des 24 heures sont recueillies quelques jours avant l'injection puis les 7 à 10 jours suivants. Pendant la journée, elles sont conservées au frigidaire dans un flacon renfermant un antiseptique n'interférant pas avec les méthodes de dosage pour éviter la dégradation de l'acide urique par les bactéries urinaires. Durant toute cette période, un échantillon de sang prélevé chaque jour à la même heure sur anticoagulant, permet de déterminer l'uricémie.

### 5) Protocole

Les deux patients, M. LER... et M. DID..., goutteux primaires, âgés respectivement de 51 et 61 ans furent soumis à un régime pauvre en purines plusieurs jours avant l'injection de glycine et durant toute la période d'étude. Les sujets, mis en état d'équilibre, reçurent alors environ 15 µCi de glycine C14 et on détermina leur pourcentage d'incorporation urinaire, après extraction de l'acide urique urinaire.

Après cette première phase et un arrêt de quelques mois, pour que l'activité spécifique de l'acide urique urinaire devienne négligeable, les sujets furent réhospitalisés, soumis à nouveau à une diète purinique identique à la première puis traités par urate oxydase à raison de 2 injections intramusculaires quotidiennes totalisant 2 000 ou 3 000 unités. Après équilibre à un taux stable et bas de l'uricémie, les patients reçurent de nouveau la même dose de glycine C14 et on détermina le pourcentage d'incorporation selon la méthode décrite après extraction de l'acide urique et de l'allantoïne urinaire.

## RESULTATS

Ils apparaissent sur les figures 1 et 2.

Signalons que, dans l'étude pratiquée chez M. DID..., nous avons déterminé, par extrapolation, les valeurs d'incorporation du 7e jour, dans la première phase (erreur technique) et du 6e jour, dans la seconde (urines non conservées). Un mauvais recueil nous a conduit également, à deux reprises, à mélanger les urines de deux jours consécutifs.

Indiquons aussi que nous avons admis que la faible quantité d'allantoïne retrouvée dans les urines en l'absence de traitement provenait de la dégradation de l'acide urique par les bactéries urinaires. Nous en avons tenu compte dans la mesure de l'activité de l'acide urique urinaire en faisant intervenir en réalité la somme des purines (acide urique + allantoïne).

Les pourcentages d'incorporation rapportés à la dose injectée sont, en l'absence de traitement, égaux à 0,18 % chez M. LER... (pour une période de 6 jours) et 0,046 % chez M. DID... (pour une période de 8 jours). La première valeur est légèrement supérieure aux valeurs obtenues chez le sujet normal par SEEGMILLER et d'autres auteurs. Elle traduit sans doute une synthèse augmentée des purines. La deuxième valeur, légèrement inférieure aux valeurs normales habituelles, prouve qu'il ne s'agit pas, chez ce sujet, d'une goutte due à une synthèse endogène excessive mais bien plutôt à une élimination rénale insuffisante de l'acide urique, ainsi que le montrent les chiffres d'uricurie. Sous traitement, les pourcentages d'incorporation deviennent respectivement égaux à 0,21 % (M. LER...) et 0,06 % (M. DID...).

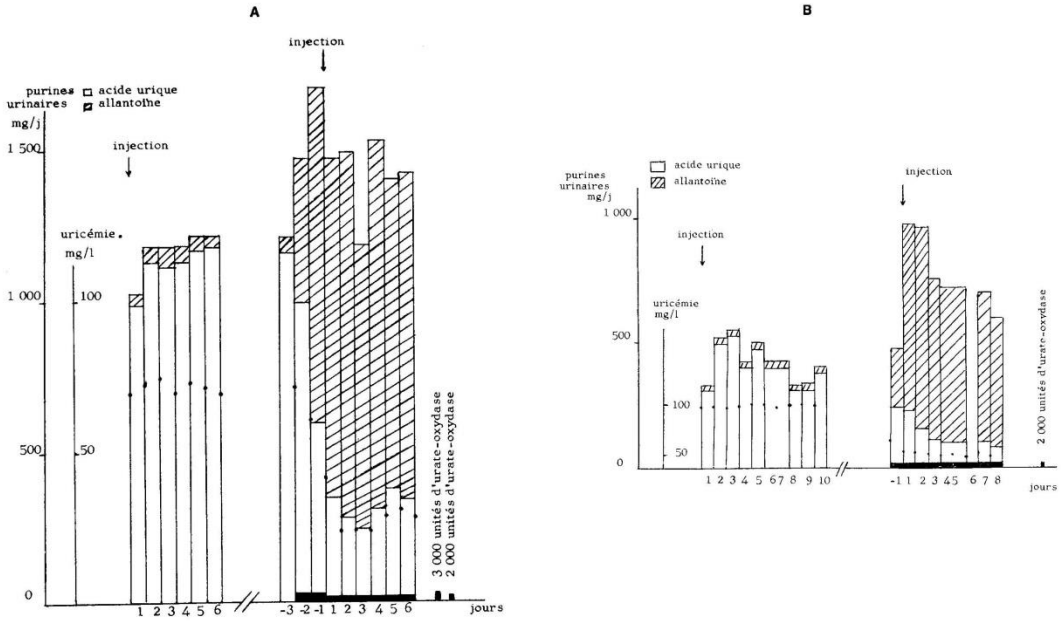



FIGURE 1. — **Valeurs de l'uricémie, l'uricurie et l'allantoïnurie sans traitement et sous urate oxydase, chez M. LER... (fig. A) et M. DID... (fig. B.).**

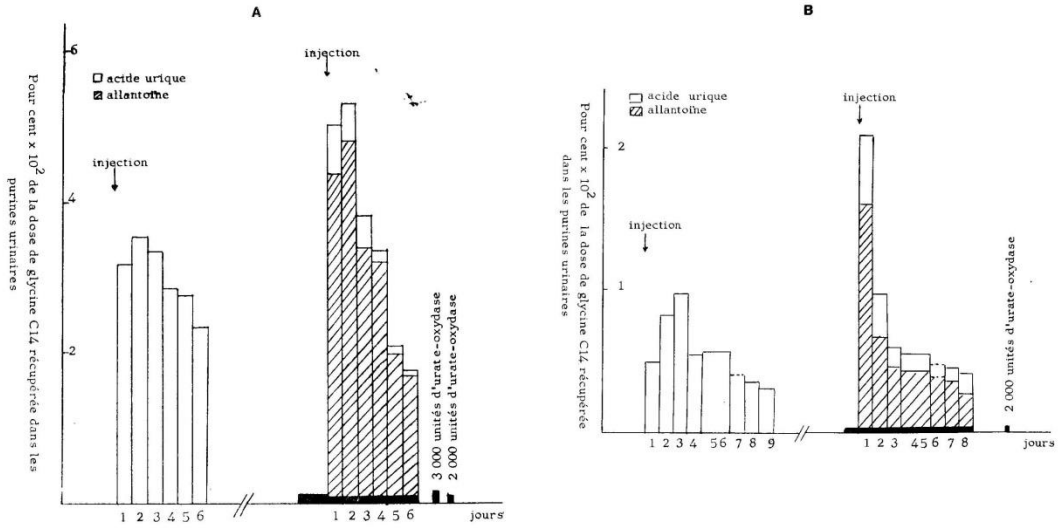



FIGURE 2. — **Incorporation urinaire de la glycine C14 sans traitement et sous urate oxydase, chez M. LER... (fig. A) et M. DID... (fig. B.).**

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le pourcentage d'incorporation de la glycine dans les purines urinaires (acide urique + allantoïne) augmente légèrement durant le traitement par urate oxydase d'environ 20 p. 100 pour M. LER... et 35 p. 100 pour M. DID...

Ces augmentations sont modérées et fort peu significatives. En effet, existent des raisons techniques et théoriques pour expliquer des variations de cet ordre :

### Raisons techniques d'imprécision

La précision de la méthode ne permet pas d'apprécier de tels écarts. En effet :

- La radioactivité des échantillons est souvent faible et la différence de leur mesure avec celle du bruit de fond est très réduite ; la correction d'efficacité de comptage est peu précise.
- La pureté des corps extraits n'est pas égale à 100 p. 100.
- La précision des mesures concernant l'allantoïne est d'environ 10 p. 100.
- L'équilibre cinétique ne peut pas être absolument parfait tout au long de la période de mesure.

### Raisons théoriques d'imprécision

Le pourcentage d'incorporation urinaire de la glycine marquée n'est pas identique au pourcentage d'incorporation dans le pool des urates. Une fraction de l'acide urique synthétisé peut servir à la formation de tophus et ne pas être éliminée par les urines pendant la période d'étude suivant l'injection. Cette fraction, variable d'un individu à l'autre et dont la détermination exacte est délicate, dépend en partie de l'uricémie et diminue en cas d'hypo-uricémie. A synthèse purinique identique, il est donc normal de trouver un pourcentage d'incorporation urinaire plus grand sous urate oxydase qu'en l'absence de traitement.

### Analyse des deux courbes d'incorporation

Les deux diagrammes d'incorporation de M. LER... sont très comparables, avec un maximum au deuxième jour. Dans le cas de M. DID..., on note, avant traitement, un maximum plus tardif au troisième jour, qui témoigne d'une synthèse endogène faible et corrobore la valeur obtenue de l'incorporation cumulée. Sous traitement, il apparaît un maximum net dès le premier jour mais dès le troisième, la décroissance radioactive paraît très voisine de celle de la première phase. La synthèse ne serait pas modifiée. On peut donc penser que l'hypo-uricémie importante induite par le traitement enzymatique mobilise l'acide urique des tophus. Ceux-ci en libéreraient des quantités notables surtout pendant les premiers jours (on constate par ailleurs, des valeurs importantes d'élimination urinaire). Le pic radioactif serait donc dû à une libération d'acide urique tophique (marqué par la glycine C14 de la première expérience) se surajoutant à une quantité relativement faible d'acide urique radioactif nouvellement synthétisé. Cette libération serait plus faible chez M. LER... et/ou masquée par la quantité très supérieure d'acide urique synthétisé.

**En conclusion,** cette première expérience va à l'encontre d'une augmentation significative de la synthèse des purines, induite par l'hypo-uricémie importante engendrée par urate oxydase. Ceci peut être rapproché des résultats obtenus pour d'autres substances hypo-uricémiantes par POTDEVIN qui a étudié par des méthodes isotopiques l'action d'origine rénale du Niridazole et du Benziodarone. Il est possible (mais cela reste à démontrer) que l'augmentation fréquente de l'élimination urinaire des purines, lors des traitements par urate oxydase, soit due, en grande partie, à une mobilisation des dépôts uratiques.

Travail de la Clinique du Laboratoire
de Parmacologie médicale BV
et du Laboratoire des Isotopes

BIBLIOGRAPHIE

FONTENAILLE (Ch.), ROYER (R.), BOULANGE (M.). — Mise en évidence chez l'homme de l'absence de seuil d'excrétion de l'acide urique aux très basses concentrations plasmatiques.
*Réunion de l'Association des Physiologistes. Lausanne* 1969. *A paraître dans J. Physiol. (Paris)* supplément.

GROS (P.) et RAVEUX (P.). — Etude de la réaction de Schryver. Application aux microdosages du formaldehyde de l'acide glyoxylique et de leurs précurseurs.

*Bull. Soc. Chimique France*, 1967.

KISSEL (P.), LAMARCHE (M.), ROYER (R.). — Modification of uricaemia and the excretion of uric acid nitrogen by an enzyme of fungal origin.
*Nature* 1968, **217** (N° 5123) 72.

KRUGER et SCHMIDT. — Hawk's physiological chemistry (14 th édit.), p. 1241.

LIDDLE (L.), SEEGMILLER (J.E.) et LASTER (L.). — The enzymatic spectrophotometric method for determination of uric acid.
*Lab. Clin. Méd.*, 1959, **54**, 903.

PODEVIN (R.), PAILLARD (F.), VOUDICLARI (S.) et RICHET (G.). — Action du Niridazole (CIBA 32.644 Ba) sur le métabolisme de l'acide urique chez l'homme.
*Rev. Franç. Etudes Clin. et Biol.*, 1968, **13**, 624.

ROYER (R.), LAMARCHE (M.), KISSEL (P.). — Etude de l'action d'une urate oxydase fongique sur l'uricémie et l'excrétion de l'azote urique chez l'homme.
*Thérapie*, 1967, **22**, 1113.

ROYER (R.), VINDEL (J.), LAMARCHE (M.) et KISSEL (P.). Modalités d'élimination des purines au cours du traitement enzymatique de la goutte et des états hyper-uricémiques par une urate oxydase.
*La Presse Médicale* 1968, **76**, 49.

ROYER (R.), FONTENAILLE (Ch.), LAMARCHE (M.). — Etudes sur la réabsorption tutulaire rénale de l'acide urique aux très basses concentrations plasmatiques.
*C.R. Soc. Biol.*, 1971 (à paraître).

SEEGMILLER (J.E.), GRAYZEL (A.L.), LASTER (L.), and LITTLE (L.). — Uric acid production in gout.
*J. Clin. Invest.* 1962, **41**, 5.

SOERENSEN (L.B.). — The elimination of uric acid in man.
*Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 1960, **12** (suppl. 54), I.

Les mesures du potassium et du sodium échangeables par la méthode radioisotopique

GEORGES F, LEGRAS B

Le Pharmacien Biologiste, 1974, 7, 91, 881-888

No 21

# LES MESURES DE POTASSIUM ET DE SODIUM ECHANGEABLES PAR LA METHODE RADIOISOTOPIQUE

par F. GEORGES * et B. LEGRAS *

## I. — INTRODUCTION

L'utilisation des isotopes radioactifs en biologie a permis d'immenses progrès dans la connaissance des divers métabolismes, en particulier celui du potassium et du sodium. Les dosages chimiques de la kaliémie et de la natrémie ne donnent en effet qu'une image réduite et statique de ces électrolytes chez l'individu. Ainsi, la fraction plasmatique du potassium ne représente que 0,4 % du pool potassique et la valeur de la natrémie n'atteint que 11,2 % du sodium corporel total.

Nous verrons que les masses échangeables sont beaucoup plus représentatives du capital électrolytique (10) et, surtout, qu'elles correspondent à la fraction dynamique, immédiatement utilisable.

Toute méthode isotopique repose sur les principes suivants :

— l'organisme ne fait pratiquement pas de différence entre le corps radioactif et son homologue stable ** ;

— la quantité pondérale de l'isotope introduit ne modifie pas la masse du produit stable contenu dans l'organisme, car elle est en général négligeable ;

— le radioisotope est détecté, grâce au rayonnement qu'il émet, c'est un « traceur » ;

— les variations d'activité renseignent sur la dynamique de l'ion ou de la molécule stable « tracée » correspondante.

Dans le cas présent, les mesures de radioactivité se font sur échantillons de plasma ou d'urines et sont donc facilement réalisables en clinique.

## II. — MÉTHODE DE MESURES DES MASSES ÉCHANGEABLES

### 1° Principe

Le principe de base est celui de la dilution isotopique. L'ion radioactif injecté par voie intraveineuse va se mélanger au pool * stable de l'ion correspondant d'autant plus rapidement que les échanges entre le plasma et le ou les compartiments utilisateurs sont plus intenses. Une fois la dilution réalisée, on aboutit à un état d'équilibre : la répartition est sensiblement homogène et l'activité spécifique (AS), c'est-à-dire la quantité de radioactivité rapportée à la masse d'ion stable correspondante, est constante et identique dans chaque compartiment.

* On appelle pool, la masse de l'isotope naturel dans laquelle l'isotope radio-actif se dilue d'une manière homogène (3).

* Service de Médecine nucléaire. C.H.U. Nancy-Brabois (54500).

** Sauf dans le cas du Tritium.

Pendant le temps nécessaire à la dilution, une partie du traceur peut quitter l'organisme par les urines, les selles, la sueur, etc. Il importe de mesurer aussi exactement que possible cette quantité perdue.

**2° Mesure globale de la masse échangeable**

On appelle masse ou pool échangeable la fraction de la masse ou du pool de l'isotope naturel accessible à l'isotope radioactif traceur en un temps donné.

Connaissant la quantité exacte de traceur injecté, la radioactivité éliminée pendant la dilution et la radioactivité spécifique d'un échantillon de plasma ou d'urine à l'équilibre, la masse échangeable (ME) se calcule comme suit :

$$ME = \frac{\text{traceur injecté} - \text{traceur excrété}}{\text{activité spécifique à l'équilibre}}$$

Il existe des incertitudes liées d'une part au temps nécessaire à la dilution, d'autre part à la radioactivité excrétée.

Pour le sodium et le potassium, dans la plupart des cas, l'échange avec l'isotope naturel est réalisé à 90 % au bout de 24 heures, si bien que l'on choisit couramment cet intervalle comme période d'équilibration : on mesure alors « la masse échangeable 24 heures ». Chez les sujets œdémateux ou cirrhotiques, l'équilibre est plus lent (environ 30 heures).

S'il est facile de mesurer la radioactivité des urines, il est difficile, sinon même impossible, de mesurer les pertes électrolytiques fécales et surtout sudorales ; elles sont, sauf exception, faibles et considérées comme négligeables vis-à-vis de la radioactivité injectée.

En outre, la mesure globale ne tient pas compte de la fixation irréversible du traceur sur certains tissus de l'organisme (fixation du sodium sur l'os par exemple).

**3° Etude dynamique**

Le traceur introduit dans le sang s'y dilue et, de là, gagne les différents secteurs de répartition : liquide extracellulaire, milieu cellulaire, etc. Il est possible, en suivant l'évolution de la radioactivité plasmatique au cours du temps, de connaître l'importance de ces divers compartiments et la valeur des flux d'échange.

La courbe expérimentale obtenue, aussi précise que possible grâce à la multiplicité des échantillons, correspond, en première approximation, à une somme de fonctions exponentielles, chacune d'elles étant liées à la répartition de l'ion marqué dans les secteurs successivement occupés.

L'analyse systématique de la courbe expérimentale fournira les masses de ces compartiments et les vitesses d'échange. Cette analyse peut être facilitée par l'emploi d'un ordinateur, comme nous le faisons couramment.

Ainsi, la seule évolution de l'ion radioactif dans le plasma, milieu facilement accessible chez l'homme, fournira des renseignements précieux sur des milieux inaccessibles, les liquides extra-cellulaires par exemple, comme nous le verrons plus loin.

## III. — LE POTASSIUM ÉCHANGEABLE

Le potassium total de l'organisme évalué sur le cadavre (2) (4) correspond à 1,8 % du poids corporel chez l'homme, 1,6 % chez la femme. On retrouve à peu près les mêmes chiffres lorsque l'on s'adresse à la méthode isotopique de comptage du potassium 40 naturellement présent dans l'organisme (0,0118 % du potassium total). La majorité de ce potassium fait partie de la masse échangeable 24 h.

**1° Technique de mesure du potassium échangeable**

a) **Traceur**

— Le Rubidium 86 a été utilisé il y a une dizaine d'années, comme traceur du potassium. Il appartient en effet à la même classe chimique des alcalino-terreux. Sa période de 18,7 jours en facilitait d'ailleurs l'emploi (6).

— Actuellement, on lui préfère un traceur beaucoup plus physiologique : le Radio-Potassium ($^{42}K$), radioisotope artificiel de période 12,4 heures, émetteur bêta et gamma. Seul le rayonnement gamma d'énergie 1,1 Mev est utilisé. Il est fourni par le Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.), avec une activité spécifique de 0,02 à 0,40 mCi * et avec une concentration radioactive de 0,5 à 5 mCi par ml.

b) **Dose utilisée**

Elle varie de 50 à 250 microcuries, ce qui correspond à une masse de potassium de 1 à 10 mg

* mCi : millicurie.

au maximum. Cette faible quantité ne peut pas perturber le métabolisme potassique du sujet, puisqu'elle va se mêler à un pool de masse au moins mille fois supérieur.

Le produit radioactif dilué dans 10 ml de sérum physiologique est injecté par voie intraveineuse. On garde un échantillon de la dilution comme valeur de référence pour le calcul de la radioactivité injectée. Les résidus radioactifs restant dans la seringue après injection sont comptés également.

c) **Le sujet**

Il est à jeun et reçoit l'injection intraveineuse après vidange de la vessie. On note son âge, son poids, sa taille, les renseignements cliniques intéressants, en particulier l'existence d'œdème ou d'ascite. Il ne devra ni manger, ni boire entre la 21e et la 26e heure.

d) **Prélèvements**

On récolte la totalité des urines des 23 heures suivant l'injection pour y mesurer la radioactivité éliminée pendant le temps nécessaire à la dilution (29 heures au lieu de 23 heures chez le sujet œdémateux ou cirrhotique).

Trois échantillons d'urine sont recueillis au cours de trois mictions successives, 24, 25 et 26 heures après l'injection ou 30, 31, 32 heures). Un comptage en radioactivité et un dosage de potassium par photométrie sont réalisés sur chaque échantillon, ce qui permet de connaître l'activité spécifique de chacun d'eux (AS). Elle s'exprime en unité de radioactivité par milli-équivalent (meq). Si la dilution est homogène, les trois valeurs doivent être sensiblement égales.

**2° Résultats et valeurs normales**

La masse échangeable se calcule à partir de l'équation suivante :

$$\text{K échangeable} = \frac{^{42}\text{K injecté} - {}^{42}\text{K excrété}}{\frac{^{42}\text{K}}{\text{K total}} = \text{moyenne des AS des 3 échantillons d'urine à l'équilibre}}$$

Elle est en général divisée par le poids du sujet et le potassium échangeable s'exprime alors en meq par kilogramme.

Les valeurs moyennes normales empruntées à G. François (5) et J. Bernier (1) sont les suivantes :

| GROUPE D'AGE | SEXE MASCULIN TOTAL 151 | SEXE FÉMININ TOTAL 108 |
|---|---|---|
| 16 - 30 ans | 48,1 meq/kg | 38,3 meq/kg |
| 31 - 60 ans | 45,1 meq/kg | 34,2 meq/kg |
| 61 - 90 ans | 37,3 meq/kg | 29,7 meq/kg |

Le potassium échangeable diminue avec l'âge. Il est toujours plus élevé chez l'homme que chez la femme, en raison de l'inégalité des masses musculaires dans les deux sexes. Chez l'obèse normal, le rapport Ke/kg diminue en proportion inverse du degré d'obésité, le tissu adipeux étant pauvre en potassium. Il existe d'assez nombreuses variations individuelles, c'est pourquoi on a proposé de rapporter la valeur du potassium échangeable au poids théorique, à la masse maigre ou encore à l'eau totale (Moore).

**3° Intérêt par rapport aux dosages du potassium plasmatique.**

Le potassium plasmatique est une infime partie du pool potassique, alors que le potassium échangeable 24 heures en représente 85 à 95 % (7), il ne donne donc qu'un reflet parfois trompeur du capital potassique de l'organisme. On a pu constater des hyperkaliémies au cours des déplétions potassiques manifestes, ou inversement des hypokaliémies chez des sujets tout à fait normaux (9).

Actuellement, avec MM. François et Gouin (5), nous pouvons considérer que l'« appréciation correcte du capital potassique d'un organisme repose sur l'utilisation des isotopes » permettant de mesurer le potassium échangeable.

Sa connaissance et celle du potassium intracellulaire permettent une classification des kaliopénies en trois groupes selon le mécanisme qui leur a donné naissance (5) :

— les pseudo-déplétions ;

— les déficits ;

— les déplétions.

## IV. — LE SODIUM ÉCHANGEABLE

Le schéma général de l'examen est le même que celui du potassium échangeable.

Le sodium corporel total mesuré sur deux cadavres, par Forbes et Lewis (4) atteint 3.575 meq, soit 57,1 et 67,6 milli-équivalents par kilogramme ; il se répartit entre les liquides extra-cellulaires (LEC) et les tissus, os en particulier (environ 40 % du sodium total est osseux). Le sodium échangeable correspond à 70 à 80 % environ du sodium total (7). Tout le sodium extra-osseux et un tiers du sodium osseux sont en équilibre avec le sodium radioactif 24 heures après son injection intraveineuse.

### 1° Technique de mesure du sodium échangeable 24 heures

a) **Traceur**

Deux isotopes peuvent être utilisés :

— le sodium 22 ($^{22}Na$), période 2,6 ans, émetteur bêta$^+$ et gamma d'énergie 1,27 Mev ;

— le sodium 24 ($^{24}Na$), période 15 heures, émetteur bêta$^-$ et gamma d'énergie 1,37 Mev.

Pour la mesure du sodium échangeable simple, c'est le sodium 24 qui est le plus souvent utilisé. Il est fourni par le C.E.A. avec une concentration radioactive de 1 à 20 mCi par millilitre et une activité spécifique de 0,05 à 1 mCi par milligramme.

b) **Dose utilisée**

50 à 250 microcuries de sodium 24 dilués dans 10 ml de sérum physiologique sont injectés par voie intraveineuse ; ceci représente un apport de 91 à 96 mg de sodium, négligeable vis-à-vis de la valeur totale du pool sodé (environ 96 g chez l'adulte).

c) **Le sujet**

Il est à jeun, la dose est injectée par voie intraveineuse après vidange de la vessie. On note l'âge, le poids, la taille, les renseignements cliniques, la présence d'œdème ou d'ascite.

d) **Prélèvements**

— Les urines des 24 heures (ou 30 heures chez le sujet œdémateux ou ascitique) permettent la mesure de la radioactivité éliminée.

— Trois échantillons de 10 ml de sang sont prélevés sur un anticoagulant aux 24e, 25e et 26e heures (ou 30e, 31e et 32e heures chez le sujet œdémateux). Ils permettront la mesure des radioactivités plasmatiques et celle du sodium stable des échantillons correspondants.

— Les mêmes mesures peuvent être effectués à titre de contrôle sur un échantillon d'urine de la 25e ou de la 26e heure. Les activités spécifiques de ces quatre prélèvements sont identiques si la dilution est homogène.

### 2° Résultats et valeurs normales

Le sodium échangeable se calcule à partir d'une équation semblable à celle du potassium échangeable :

$$\text{Na échangeable} = \frac{^{24}\text{Na injecté} - {}^{24}\text{Na excrété}}{\dfrac{^{24}\text{Na}}{\text{Na total}} \text{ (moyenne des AS des échantillons de sang ou d'urine à l'équilibre)}}$$

Il est en général exprimé en meq et rapporté au poids.

Les valeurs moyennes normales sont, selon Bland (2), 2.950 meq chez l'homme et 2.250 meq chez la femme et, selon Moore (8), 40,5 meq par kg chez l'homme et 37,1 meq par kg chez la femme. Elles sont indépendantes de l'âge.

Le sodium échangeable est un peu plus élevé chez l'homme que chez la femme. De même que pour le potassium, il existe des différences individuelles nettes, le tissu adipeux par exemple étant pauvre en sodium. Ainsi, le sodium échangeable des obèses masculins, rapporté par Moore (8), varie entre 28,7 et 36,5 meq.

### 3° Etude dynamique

La diffusion progressive du sodium radioactif du plasma vers les liquides extra-cellulaires et les différents secteurs transcellulaires et cellulaires s'accompagne d'une diminution de la radioactivité plasmatique. Si l'on suit cette décroissance en fonction du temps, grâce à des prélèvements sanguins suffisamment rapprochés, la courbe obtenue peut être décomposée en plusieurs exponen-

tielles dont l'une, en particulier, correspond à la répartition dans les liquides extra-cellulaires (Cremer, Toussaint) (3). La diffusion dans ce compartiment est mise en évidence entre la 20e et la 120e minute environ (Fig. 1).

Le Sodium 22 est utilisé préférentiellement au Sodium 24 pour éviter de trop nombreuses correction de décroissance.

Cette méthode de mesure des LEC n'est pas la seule. Des sucres (mannitol, inuline, glucose), des ions (chlore, sulfate, thiocyanate, brome) sont utilisés, mais leur espace de diffusion ne correspond pas obligatoirement au volume des liquides extracellulaires, surtout en ce qui concerne les sucres, qui peuvent être métabolisés.

La mesure dynamique de l'espace de diffusion du $^{22}Na$, nous semble plus physiologique, mais aussi plus fidèle, car elle utilise l'extrapolation d'une droite tracée à partir de nombreux points expérimentaux.

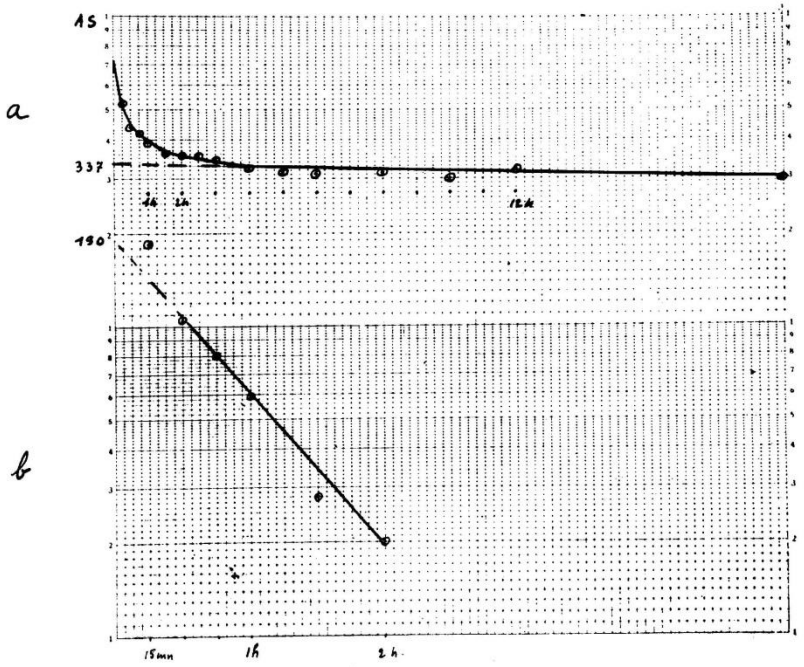



**Fig. 1.** — Décroissance en coordonnées semi-logarithmiques, de l'activité spécifique du $^{22}Na$ dans le plasma en fonction du temps.
a) Courbe globale.
b) 2e exponentielle isolée. Elle permet l'étude des liquides extra-cellulaires.

**4° Intérêt**

Non seulement le dosage du sodium échangeable permet une meilleure connaissance du métabolisme sodé du sujet normal ou pathologique, mais il peut être couplé avec d'autres mesures.

## V. — MÉTHODES DE MESURES COUPLÉES

**1° Mesure simultanée de l'eau totale, du sodium échangeable et du potassium échangeable (3).**

Si l'on utilise le Sodium 22, il est possible de mesurer, en même temps grâce aux différences de période et d'énergie, le sodium échangeable, les liquides extra-cellulaires, le potassium échangeable ($^{42}K$) et l'eau totale (eau tritiée), ce qui fournit un « instantané » du métabolisme électrolytique du sujet.

**2° La dissection isotopique** (1)

La mesure des sodium et potassium échangeables, permet lorsqu'elle est couplée avec la détermination des volumes globulaires et plasmatiques, de l'eau totale et des liquides extra-cellulaires, la « dissection isotopique ».

En effet, la connaissance des quantités d'eau et d'électrolytes contenus dans un organisme, celle de leur répartition intra ou extra-cellulaire, permet de déterminer le poids des constituants solides de cet organisme.

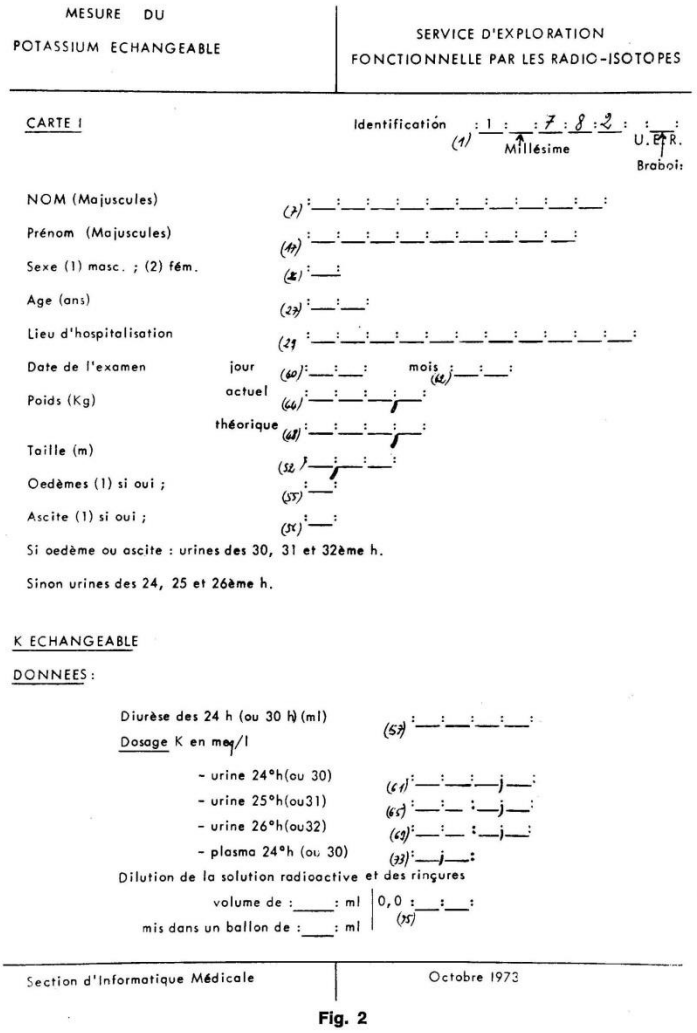
A titre d'exemple, de nombreuses méthodes chimiques ont permis de constater que, dans le tissu cellulaire, à 1 meq de potassium corespondent 3 g de protéines, 12 g de tissu noble protéique, 9 g d'eau. Il devient alors possible de calculer le poids de protéine et de tissu noble d'un individu, connaissant la valeur de son potassium échangeable en grande majorité intracellulaire.

On pourra également déterminer la masse maigre, le poids des graisses et du tissu gras d'un sujet.

Il s'agit donc véritablement d'une « dissection isotopique ».

## VI. — INTÉRÊT DE L'UTILISATION DE L'ORDINATEUR POUR LA DÉTERMINATION ET L'IMPRESSION DES RÉSULTATS

La détermination des masses échangeables est relativement longue. Elle nécessite la mesure précise de l'activité :



MESURE DU POTASSIUM ECHANGEABLE

SERVICE D'EXPLORATION FONCTIONNELLE PAR LES RADIO-ISOTOPES

CARTE I

Identification (1) : 1 : ___ : 7 : 8 : 2 : ___ : ___ : U.E.R. Millésime Braboi:

NOM (Majuscules) (7) : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ :

Prénom (Majuscules) (17) : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ :

Sexe (1) masc. ; (2) fém. (26) : ___ :

Age (ans) (27) : ___ : ___ :

Lieu d'hospitalisation (29) : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ :

Date de l'examen jour (60) : ___ : ___ : mois (62) : ___ : ___ :

Poids (Kg) actuel (66) : ___ : ___ : ___ : ___ :

théorique (68) : ___ : ___ : ___ : ___ :

Taille (m) (52) : ___ : ___ : ___ : ___ :

Oedèmes (1) si oui ; (55) : ___ :

Ascite (1) si oui ; (56) : ___ :

Si oedème ou ascite : urines des 30, 31 et 32ème h.

Sinon urines des 24, 25 et 26ème h.

K ECHANGEABLE

DONNEES :

Diurèse des 24 h (ou 30 h) (ml) (57) : ___ : ___ : ___ : ___ :

Dosage K en meq/l

- urine 24°h(ou 30) (61) : ___ : ___ : ___ j ___ :
- urine 25°h(ou31) (65) : ___ : ___ : ___ j ___ :
- urine 26°h(ou32) (69) : ___ : ___ : ___ j ___ :
- plasma 24°h (ou 30) (73) : ___ j ___ :

Dilution de la solution radioactive et des rinçures

volume de : ____ : ml | 0,0 : ___ : ___ : (75)

mis dans un ballon de : ____ : ml

Section d'Informatique Médicale | Octobre 1973

**Fig. 2**

— injectée, calculée à partir des échantillons et des rinçures ;

— éliminée dans les urines pendant le temps de l'épreuve ;

— des différents échantillons biologiques plasmatiques ou urinaires.

Il faut, de plus, tenir compte de la décroissance physique du traceur pendant les comptages lorsque ceux-ci sont longs et la période de l'isotope courte (cas du $^{42}K$ et du $^{24}Na$).

L'ordinateur permet de réaliser rapidement et avec une grande sécurité ces différents calculs. En outre, il procure une présentation typographique agréable et complète, en plusieurs exemplaires, facilitant l'interprétation clinique.

Ces raisons ont conduit à mettre au point plusieurs programmes relatifs à la mesure du potassium échangeable, du sodium échangeable et de l'eau totale.

Ces programmes passent sur le mini-ordinateur 10.010 C.II de seulement 16 K-octets de mémoire centrale, ce qui permet d'avoir les documents à un coût très modéré et rapidement (Section d'Informatique médicale, Groupe INSERM U 115, Facultés de Médecine A et B de Nancy).

Les figures 2, 3, 4 montrent, à titre d'exemple, une page d'un bordereau de données et les résultats obtenus chez un sujet présentant une déplétion du pool potassique.

DONNEES (suite)

- Précompte (nb de MILLIERS de coups)
  - des dilutions (22) : : :
  - des rinçures, échantillons et MP (39) : : :

CARTE II (1) : 2 :

- Volume injecté de solution RA (ml) (2) j : :

RESULTATS DES COMPTAGES

| | | |
|---|---|---|
| - Dilutions 1 | temps de Comptage(mn) | (4) : : j : : |
| 2 | | (9) : : j : : |
| - Rincures 1 | | (12) : : j : : |
| 2 | | (17) : : j : : |
| - Urines 0 à la 24° - 1 | | (20) : : j : : |
| (ou 0 à la 30° h) - 2 | | (24) : : j : : |
| - Urine à la 24° h - 1 | | (28) : : j : : |
| (ou 30° h) - 2 | | (32) : : j : : |
| - Urine à la 25 ° h - 1 | | (36) : : j : : |
| (ou 31 ° h) - 2 | | (40) : : j : : |
| - Urine à la 26 ° h - 1 | | (44) : : j : : |
| (ou 32 ° h) - 2 | | (48) : : j : : |
| - Plasma à la 24 ° h - 1 | | (52) : : : j : |
| (ou 30 ° h) - 2 | | (56) : : : j : |
| - Urine Premix - 1 | | (60) : : : j : |
| - 2 | | (64) : : : j : |
| - Plasma Premix - 1 | | (68) : : : j : |
| - 2 | | (72) : : : j : |
| - MP(tube vide) | | (76) : : : j : |
| RESERVE | | (80) : : |

**Fig. 3**

C. H. U. NANCY

**SERVICE D'EXPLORATION FONCTIONNELLE PAR LES RADIO-ISOTOPES**

**Mesure du potassium échangeable**

C... Martial : 68 ans

Maringer 2

10-07-73

Poids actuel (kg) : 66,1

Poids théorique (kg) : 61,2

Taille : 1,65

Diurèse des 24 h (ml) : 1.400

**Résultats**

K échangeable (meq) : 1.013,06

K éch./poids act. (meq/kg) : 15,32

K éch./poids the. (meq/kg) : 16,55

**Valeurs moyennes (d'après Bernier)**

| Sexe | Age | K. éch. (meq/kg th) |
|---|---|---|
| H | 16-30 | 48 ± 3 |
| | 31-60 | 45 ± 3 |
| | 61-90 | 37 ± 3 |
| F | 16-30 | 38 ± 3 |
| | 31-60 | 34 ± 3 |
| | 61-90 | 29 ± 3 |

**Fig. 4**

## BIBLIOGRAPHIE


1. BERNIER J.-J., VIDON N.
   La dissection isotopique.
   **Bull. et Mémoires de la Soc. Méd. des Hôp. de Paris.** 1965, **116,** 1035-1060.

2. BLAND J.H.
   Clinical metabolism of body water and electrolytes.
   1963. WB Saunders Company Edit. Philadelphia and London.

3. CREMER M., TOUSSAINT Ch.
   Mesure simultanée de l'eau totale, du sodium échangeable et du potassium échangeable en clinique.
   **Acta Clinica Belgica.** 1964, **19,** 116-151.

4. FORBES G.B. et LEWIS A.M.
   Total sodium, potassium and chlorid in adult man.
   **J. Clin. Invest.** 1956, **35,** 596.

5. FRANÇOIS G.
   Le potassium. Aspects physiologiques et pathologiques. 1973. Masson et Cie éd.

6. MABILLE H., MARTIN J., BURG C.
   Répartition et dynamique du Rubidium 86 chez une souche de rats « imbred » de race « Wistar ».
   **C.R. Soc. Biologie.** 1961, **155,** 561-565.

7. MILHAUD G., LOIZEAU E., NAGANT de DEUX-CHAISNES
   Etude du métabolisme des électrolytes chez l'homme à l'aide des radio-isotopes. Rapports présentés au XXXII[e] Congrès français de Médecine.
   Lausanne, 1959. Masson et Cie, 18-41.

8. MOORE F.D.
   The body cell mass and its supporting environment. Body composition in health and disease.
   WB Saunders Company Edit. 1963, Philadelphia London.

9. PERNOT C., HENRY M., JACOB F.
   Syndrome « QT long - torsade de pointes » avec baisse du potassium échangeable, sans hypokaliémie, d'étiologie indéterminée.
   **Ann. Méd. Nancy.** 1972, **II,** 1803-1810.

10. SADOUL P., AUG-LAXENAIRE M.-C., SAUNIER C., THIEBAUT E., GEORGES F.
    Retentissement de l'insuffisance respiratoire sur l'équilibre électrolytique.
    **Le Poumon et le Cœur.** 1968, **24,** 441-457.

Le test de dégranulation des basophiles humains. Leucoconcentration et calcul statistique appliqué au taux de dégranulation

GERARD H, LEGRAS B, MONERET-VAUTRIN D-A

Annales Médicales de Nancy, 1980, 19, 383-387

No 50

# Le test de dégranulation des basophiles humains Leucoconcentration et calcul statistique appliqué au taux de dégranulation

par **H. GÉRARD, B. LEGRAS, D.A. MONERET-VAUTRIN**

**RÉSUMÉ**

La technique d'hémolyse et coloration vitale des basophiles de BENVENISTE permet l'étude de la dégranulation des basophiles humains dans les allergies réaginiques à IgE spécifiques (TDBH). En raison d'une basopénie inférieure à 25 cellules/mm$^3$, le test n'est pas réalisable dans 25 % des cas environ.

La pratique d'une leucoconcentration (centrifugation de 100 à 200 g pendant 10 minutes) suivie d'un prélèvement tangentiel, a permis de faire le TDBH sur 700 prélèvements.

L'obtention d'un nombre plus élevé des basophiles observables nous a conduit à un calcul statistique du taux de dégranulation significatif selon le nombre de cellules observables ($p < 0,05$) (test statistique unilatéral supposant une distribution selon la loi de Poisson). Ceci, outre une meilleure fiabilité, assure une interprétation plus rapide des tests effectués.

**Mots-clés :**

Test de dégranulation des basophiles humains.
Leucoconcentration.
Allergie alimentaire immédiate.
Allergie médicamenteuse immédiate.

**A HUMAN BASOPHIL DEGRANULATION TEST LEUCOCYTE ENRICHMENT AND STATISTICAL CALCULATION APPLIED TO DEGRANULATION RATE**

***SUMMARY***

*The technique of hemolysis and vital staining of basophils of BENVENISTE allows studies of human basophil degranulation in reaginic allergies (to specific IgE's) (HBDT), but when basopenia is less than 25 cells/mm$^3$, the test is not realizable in about 25 % of the cases.*

*Through leucoconcentration (centrifugation at 100-200 g for-10 mn) followed by a tangential sampling, HBDT'g were performed on 700 samples.*

*By obtaining an increased number of observable basophils, a statistical calculation of the degranulation rate was obtained, which was significant according to the number of cells observed ($p < 0,05$) (unilateral statistical test supposing a Poisson distribution). This, in addition to being more realizable, assures a more rapid interpretation of the tests performed.*

**Key-Words :**
*Human basophil degranulation test.*
*Leucoconcentration.*
*Food allergy.*
*Drug allergy (immediate type).*

## I - INTRODUCTION

Les basophiles sont les cellules cibles des "conflits" antigènes-IgE spécifiques dans le sang circulant (BECKER). Ils réagissent in vivo par une dégranulation suivie de libération d'histamine. Cette dégranulation qui peut-être également provoquée in vitro et révélée grâce à la technique de BENVENISTE permet de détecter la présence d'IgE spécifiques (test de dégranulation des basophiles humains ou T D.B.H.). Toutefois, dans un quart environ des tests pratiqués, le sang prélevé et traité par les réactifs est trop basopénique pour qu'une signification puisse-t-être dégagée ; c'est pourquoi nous avions été amenés à proposer dans ces cas, une leucoconcentration de technique simple permettant d'élargir le champ d'application du T.D.B.H.

Nous rapportons ici les enseignements résultant de l'utilisation depuis près d'un an de cette technique de leucoconcentration ainsi que les aménagements nécessaires dans l'interprétation statistique de tests effectués sur sangs enrichis en basophiles ; il serait en effet illogique d'appliquer les mêmes critères de positivité (test positif lorsque le

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy, le 11 avril 1979.

pourcentage de dégranulation dépasse 30 %) alors que le nombre beaucoup plus important de cellules comptées grâce à la leucoconcentration laisse prévoir qu'un pourcentage plus faible de dégranulation permettra de conclure à la positivité du test avec la même sécurité statistique.

## II - TECHNIQUES

### 1°) *Technique de BENVENISTE*

5 ml de sang veineux sont prélevés sur anticoagulant (mélange d'HEPARINE et d'EDTA DI et TETRASODIQUE). Le matériel utilisé est le baso-kit des laboratoires Stallergènes. 20 µl de sang sont introduits dans les 8 puits d'une colonne verticale de la micro-plaque « test » (chaque puits contient une concentration d'haptène médicamenteux, ou d'antigène alimentaire, préalablement fixé par absorption après incubation, sur de la sérum-albumine humaine).

La plaque est placée 10 minutes à 37°. Puis on ajoute 180 µl de réactif. Ce réactif hémolyse les globules rouges et colore spécifiquement les basophiles en rouge (bleu de Toluidine à 0,025 % dans l'Ethanol à 30 % amené à pH 3,2 par 4 ml/ml d'acide acétique glacial).

Le mélange est prélevé et mis dans une cellule de Nageotte (1 $mm^3$). Après une attente de 10 minutes, celle-ci est observée et les basophiles sont comptés. En cas de diminution supérieure à 30 % pour l'une des concentrations testées, un témoin supplémentaire est pratiqué, avec l'antigène, en milieu décalcifié : le chiffre des basophiles doit être normal.

### 2°) *Technique de leucoconcentration*

L'enrichissement en basophiles est obtenue par 10 minutes de centrifugation lente (accélération comprise entre 100 et 200 g) suivie de prélèvements tangentiels au niveau de la couche leucocytaire (10 à 20 prélèvements de 20 µl) : les différents prélèvements instituent une pool que l'on mélange très soigneusement ; dans ces conditions, le facteur d'enrichissement que l'on peut espérer est de l'ordre de 3 à 10 (fig. 1).

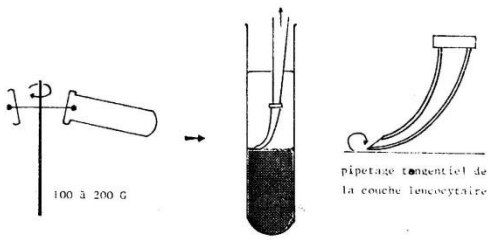



**Figure 1 : Technique d'enrichissement en basophiles.**

### 3°) *Détermination du pourcentage de dégranulation significatif ($p < 0,05$) selon le nombre de cellules comptées.*

Les tests à appliquer sont fonction du mode de distribution des basophiles sur le fond de l'hématimètre et des modifications utiles à tester (on ne s'intéresse en effet qu'aux valeurs inférieures à celle du prélèvement témoin).

Classiquement pour les dilutions importantes, la distribution des cellules dans l'hématimètre suit une loi de POISSON, c'est-à-dire que l'écart-type est égal à la racine carrée de la moyenne (HELLER).

Nous avons donc décidé d'appliquer un test statistique unilatéral supposant la distribution Poissonnière (SCHWARTZ).

Si n est le nombre de basophiles comptés dans le puits témoin et n' le nombre de basophiles comptés en présence de l'antigène et qu'il n'y a pas d'effet dégranulant, il n'a seulement que 5 chances sur 100 d'être inférieur à $n - 1,65 \sqrt{n}$. : 1 chance sur 100 d'être inférieur à $n - 2,32 \sqrt{n}$. Nous emploierons la sécurité classique en biologie de 95 %.

En réalité de multiples comptes effectués sur différentes bandes de l'hématimètre avec des prélèvements diversement enrichis en basophiles montrent que la distribution est Gaussienne avec un écart-type inférieur à la racine carrée de la moyenne, ceci surtout pour les enrichissements importants (tableau I) ; cependant pour simplifier (dispersion inconnue dans le cas Gaussien) nous avons préféré conserver le modèle Poissonnien ce qui veut dire que dans tous nos tests, surtout après forte leucoconcentration, la sécurité réelle sera supérieure à celle indiquée.

## II - RÉSULTATS

### 1°) *Efficacité de la leucoconcentration :*

— *Aspect quantitatif* : l'enrichissement est toujours suffisant pour réaliser le T.D.B.H. selon la méthode de BENVENISTE et sur un an nous n'avons eu qu'un prélèvement dont la basopénie n'a pu être suffisamment compensée par cette technique.

Comme on pourrait s'y attendre et comme nous l'avons déjà observé le temps de centrifugation et le nombre de g influencent directement la sédimentation des basophiles et donc leur concentration à un étage précis de la couche leucocytaire, mais il faut souligner qu'en pratique courante (faibles vitesses de centrifugation) la réussite de l'enrichissement dépend surtout de la précision du pipetage tengentiel et de la sûreté de l'opérateur.

— *Aspect qualitatif* : contact de l'allergène avec des basophiles d'un même sujet avant et après leucoconcentration. L'étude nous avait permis de constater qu'une centrifugation lente n'altérait pas l'aptitude à la dégénération de ces cellules ; nous n'avons cependant pas multiplié ce type d'approche qui reste en partie criticable.

TABLEAU I

**Effet de la leucoconcentration sur le nombre de basophiles et leur distribution dans l'hématimètre (Étude réalisée à partir d'un même prélèvement de sang). A et H : leucoconcentration d'efficacité croissante ; 20 bandes comptées par hématimètre de Nageotte.**

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $\bar{m}$ | $\sigma^2$ | Enrichissemen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2,25 | 2,6 | |
| B | 2 | 6 | 1 | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 4 | 1 | 4 | 8 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2,50 | 3,5 | 1,1 |
| C | 8 | 4 | 7 | 5 | 2 | 5 | 5 | 7 | 3 | 5 | 7 | 2 | 2 | 5 | 9 | 6 | 7 | 6 | 6 | 4 | 5,25 | 3,8 | 2,3 |
| D | 9 | 8 | 4 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | 6 | 8 | 1 | 3 | 4 | 4 | 10 | 8 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5,00 | 5,6 | 2,2 |
| E | 15 | 17 | 15 | 14 | 17 | 10 | 17 | 19 | 25 | 15 | 16 | 16 | 21 | 19 | 17 | 21 | 12 | 17 | 28 | 16 | 17,35 | 16,0 | 7,7 |
| F | 15 | 16 | 18 | 16 | 15 | 11 | 24 | 18 | 20 | 16 | 17 | 15 | 18 | 19 | 23 | 20 | 11 | 20 | 10 | 15 | 16,85 | 12,9 | 7,5 |
| G | 54 | 47 | 54 | 58 | 58 | 61 | 60 | 55 | 68 | 55 | 58 | 53 | 60 | 62 | 59 | 58 | 64 | 61 | 54 | 69 | 58,45 | 25,4 | 25,9 |
| H | 72 | 74 | 69 | 74 | 72 | 81 | 84 | 70 | 73 | 75 | 72 | 80 | 73 | 69 | 82 | 76 | 75 | 78 | 71 | 81 | 75,05 | 20,4 | 33,3 |

Hématimètre - Nombre de basophiles par bande de l'hématimètre.

B, C, D, E = 100 g pendant 1, 3, 6, 12 minutes - F, G, H : 300 g pendant 3, 6, 12 minutes

m : moyenne des valeurs - $\sigma^2$ : variance

Mais le recul d'un an nous permet de constater en outre (tableau II) que le pourcentage de tests positifs obtenu dans la « bonne » population de malades (prélèvements non basopéniques) n'est jamais supérieur à celui obtenu dans la « mauvaise » population (prélèvements basopéniques) ceci prouve que dans la pratique quotidienne, la technique de leucoconcentration appliquée ne détruit pas l'efficience normale du test pratiqué selon la méthode de BENVENISTE.

2°) *Modifications du pourcentage de dégranulation permettant de conclure à la positivité ou non du test réalisé sur un allergène donné*

La figure 2 montre que le pourcentage de dégranulation significatif, s'il est bien de 30 % environ lorsque la basophilémie est normale et que l'on a donc la possibilité de compter une quarantaine de basophiles (ce qui indique la lecture assez longue d'une dizaine de bandes de la cellule de Nageotte), et diminue d'autant plus que le nombre de cellules comptées est élevé (avec l'avantage en cas de bon enrichissement de pouvoir obtenir un total élevé sur seulement deux ou trois bandes de la cellule de Nageotte). Il faut remarquer que le profil asymptotique de la courbe indique que le gain en pourcentage n'est plus à la mesure du temps perdu en compte au-delà de 100 cellules.

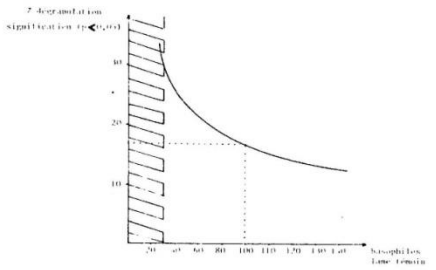


Figure 2 : **Variation du pourcentage de dégranulation significatif ($p < 0,05$) en fonction du nombre de basophiles comptés sur la lame témoin.**

TABLEAU II

**Comparaisons entre le pourcentage des tests positifs obtenus sur sang non leucoconcentré (basophilémie normale) et sur sang leucoconcentré (sang basopénique) ; résultats obtenus sur la totalité des tests réalisés entre avril 1978 et avril 1979.**

| | Médicaments | Aliments | Insectes | Total tests |
|---|---|---|---|---|
| Sang non leucoconcentré | 118 / 580 = 20 % | 14 / 57 = 24 % | 18 / 86 = 20,2 % | 143 / 738 |
| Sang leucoconcentré | 127 / 562 = 23 % | 27 / 87 = 31 % | 17 / 77 = 22 % | 181 / 734 = 24 % |

Cette relation statistique peut être également traduite sous la forme d'une abaque commode (fig. 3) permettant de déterminer, dès le nombre de basophiles du puit témoin connu, le seuil en-dessous duquel un puits contenant l'allergène sera positif. Ceci permet :

— 1) D'arrêter les comptes de basophiles d'un puits donné dès lors que ce seuil est dépassé, d'où gain de temps,

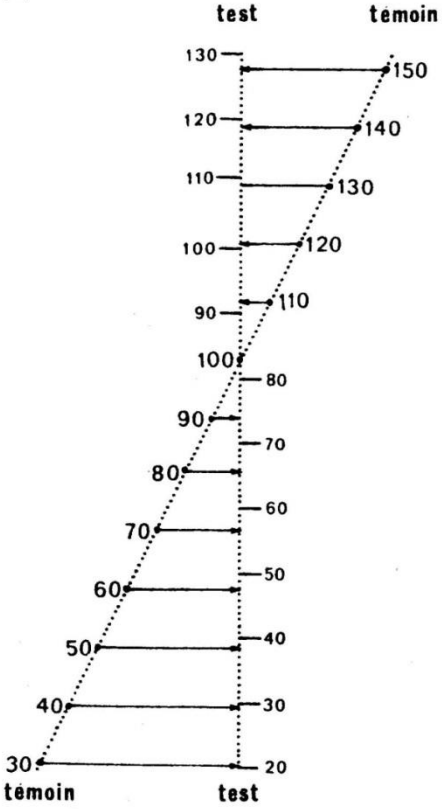



Figure 3 : **Échelle des correspondances entre le nombre de basophiles compté sur la lame témoin et le nombre de basophiles en-dessous duquel une lame test présente un taux de dégranulation significatif ($p < 0,05$)**

— 2) De procéder a un deuxième compte de basophiles sur une même surface de l'hématimètre dès lors que le chiffre obtenu et inférieur à ce seuil, d'où gain de sécurité.

## IV - CONCLUSIONS

La technique d'enrichissement en basophiles par centrifugation douce du sang suivie d'un pipetage tangentiel de la couche leucocytaire que nous avions proposé pour corriger la basopénie de certains prélèvements, préjudiciable à la réalisation d'un T.D.B.H. selon la méthode de BENVENISTE a prouvé son mérite puisqu'après un an d'utilisation et plus de 700 tests réalisés après leucoconcentration, nous constatons :

— 1 Que ces tests ont toujours pu être réalisés dans de bonnes conditions d'interprétation statistique malgré la basopénie de départ (sauf une fois).

2 — Que le pourcentage de réponses positives obtenu dans cette population qui aurait dû échapper à l'investigation du T.D.B.H. est voisin de celui d'une population normalement testable.

En outre, l'obtention de comptes cellulaires plus élevés que dans les conditions habituelles du T.D.B.H. nous a conduit à adapter le pourcentage de dégranulation significatif ($p < 0,05$) au nombre total de basophiles comptés sur l'hémocytomètre correspondant au puits témoin ; au-dessus de quarante cellules comptées le pourcentage est toujours inférieur à la limite de trente pour cent habituellement utilisée ce qui permettrait de considérer comme positifs des tests jusqu'à présent considérés comme négatifs.

Si les rapprochements avec la clinique et les autres tests., d'allergologie permettent de confirmer que, outre le gain de temps évident, la leucoconcentration permet un gain de finesse dans l'interprétation statistique, cette technique devrait s'imposer non plus seulement comme solution palliative en cas de basopénie mais encore comme préparation indispensable du sang avant tout test de dégranulation des basophiles humains.

Travail du Service de Médecine D
(Professeur GRILLIAT)
du Laboratoire d'Embryologie
et du Service d'Informatique Médical
des Facultés de Médecine de NANCY.

BIBLIOGRAPHIE

BECKER (K.E.), ISHIZAKA (T.), METZGER (H.)
Surface IgE on human basophils during histamine release.
*J. Exp.*, 1973, **138**, 394-409.

BENVENISTE (J.)
Test de dégranulation « In Vitro » des basophiles.
*Ouest-Médical*, 1977, **8**, 467-469.

BENVENISTE (J.), EGIDO (J.), GUTIERREZ-MILLET (V.), CAMUSSI (G.)
Detection of immediate hypersensitivity in rabbits by direct basophil degranulation.
*J. Allergy Clin. Immunol.*, 1977, **59**, 271-279.

HELLER (R.)
Manuel de Statistiques biologiques, PARIS, 1968.
GAUTHIER VILLARS, p. 106.

MONERET-VAUTRIN (D.A.), GERARD (H.), CEINOS (R.)
Intérêt actuel du test de dégranulation des basophiles humains.
*Ann. Med. NANCY*, 1979, **18**, 251-256.

SCHWARTZ (D.)
Méthodes statistiques à l'usage des Médecins et Biologistes.
*PARIS*, 1963, Flammarion.

STALLMAN (P.J.), AALBERSE (R.C.)
Estimation of Basophil-Bound IgE by Quantitative Immuno fluorescence Microscop.
*Int. Archs Allergy appl. Immun.*, 1977, **54**, 9-18.

Le test de dégranulation des basophiles humains (TDBH). Intérêt d'une leucoconcentration et du calcul statistique appliqué au taux de dégranulation

GERARD H, LEGRAS B, MONERET-VAUTRIN D-A

Pathologie et Biologie, 1981, 29, 137-142

No 54

# LE TEST DE DÉGRANULATION DES BASOPHILES HUMAINS (TDBH)

## Intérêt d'une leucoconcentration et du calcul statistiqne appliqué au taux de dégranulation

H. GERARD [1], B. LEGRAS [2]
D.A. MONERET-VAUTRIN [3]

**RÉSUMÉ**

**La technique d'hémolyse et coloration vitale des basophiles de Benveniste permet l'étude de la dégranulation des basophiles humains dans les allergies réaginiques (TDBH). En raison d'une basopénie inférieure à 20 cellules/mm³, le test n'est pas réalisable dans 25 % des cas. La pratique d'une leucoconcentration par centrifugation de 100 à 200 g pendant 10 mn, suivie d'un prélèvement tangentiel, a permis de faire le TDBH sur 700 prélèvements. L'obtention d'un nombre plus élevé de basophiles conduit à un calcul statistique du taux de dégranulation significatif selon le nombre de cellules observables par un test statistique supposant une distribution selon la loi de Poisson. Ceci assure une interprétation plus rapide et une meilleure fiabilité des tests. La comparaison des résultats obtenus sans ou après leucoconcentration dans différents types d'allergies réaginiques (médicaments, hyménoptères, aliments) ne montre aucune fragilisation cellulaire. On peut conclure à une fiabilité de la dégranulation observée en présence d'antigène.**

**MOTS-CLÉS : Basophile humain. — Dégranulation spécifique. — Leucoconcentration. — Calcul statistique. — Allergie de type immédiat. — Allergie alimentaire. — Allergie médicamenteuse. — Allergie aux hyménoptères.**

**SUMMARY**

**The human basophils degranulation test (HBDT). Leucoconcentration and statistical calculation applied to the degranulation rate**

The technique using hemolysis and vital coloration described by Benveniste permits the human basophils to be studied in immediate type allergies : HBDT. In almost 25 % of the cases, the test cannot be carried out because the basophils are less than 20 per mm³. In 700 but one case, the HBDT could be carried out using a leucoconcentration technique by means of a 100 to 200 g centrifugation of 10 mn duration, followed by tangential extraction, thus obtaining an increased number of basophils. The authors were lent to apply a statistical calculation to a significant degranulation rate due to the number of observable cells by means of an unilateral statistical test suggesting a distribution according to Poisson's law. Thus tests are interpreted more rapidly and are more reliable. On the other hand, comparison with the results obtained with or without leucoconcentration in different types of allergies due to reagins (drugs, hymenoptera, foods) do not show any cellular fragilization. It may be concluded to the reliability of the degranulation observed in presence of an antigen.

**KEY-WORDS : Human basophil. — Specific degranulation. — Leucoconcentration. — Statistical calculation. — Immediate type allergy. — Food allergy. — Drug allergy. — Hymenoptera allergy.**

## INTRODUCTION

Les basophiles portent des récepteurs membranaires spécifiques du fragment $F_c$ d'IgE, et fixent à leur surface de 30 000 à 300 000 molécules [1, 9, 15, 16]. Le pontage antigénique des molécules IgE entraîne une dégranulation, phénomène morphologique

**Manuscrit reçu à la Rédaction le 13 juin 1980. Accepté modifié le 29 septembre 1980.**

1. *Laboratoire d'Embryologie (Pr Grignon), Faculté de Médecine, route de la Forêt-de-Haye, 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY.*
2. *Section d'Informatique Médicale, U 115 (Pr Martin), Faculté de Médecine, route de la Forêt-de-Haye, 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY.*
3. *Service de Médecine « D » (Pr Grilliat), CHU de Brabois, route de Neufchâteau, 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY (France).*

GÉRARD H., LEGRAS B., MONERET-VAUTRIN D.A. — Le test de dégranulation des basophiles humains (TDBH). Intérêt d'une leucoconcentration et du calcul statistique appliqué au taux de dégranulation. **Path. Biol.**, 1981, **29**, n° 3, 137-142.

correspondant à la libération des médiateurs de l'allergie de type immédiat, dont l'histamine est le plus important. Ce phénomène morphologique peut être également provoqué *in vitro*. Différentes techniques d'observation ont été proposées [2, 3, 4, 5, 7, 9]. Parmi elles, la technique que propose Benveniste, pour réaliser un test de dégranulation des basophiles humains (TDBH), est sensible, reproductible et fiable. La pratique se heurte cependant à une basopénie inférieure à 20/mm³ dans 10 % des cas en général (plus en matière d'allergie alimentaire), ne permettant pas d'interpréter un taux de dégranulation comme significatif d'un processus d'allergie réaginique. C'est pourquoi nous proposons une leucoconcentration de technique simple permettant d'élargir le champ d'application du TDBH [12].

Nous rapportons, ici, les enseignements résultant de l'utilisation de cette technique et l'interprétation statistique des tests effectués sur sangs enrichis en basophiles.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Choix des sujets

Les TDBH ont été réalisés vis-à-vis d'allergènes alimentaires, extrait total d'Hyménoptères, et d'haptènes médicamenteux, chez des sujets suspects de présenter une allergie de type I. Les 144 tests aux allergènes alimentaires correspondent à :

— 38 cas d'allergie alimentaire (AA) certaine prouvée par d'autres tests (tests cutanés [TC], RAST, tests de provocation) ;
— et 106 cas où l'AA n'est pas retenue.

### TDBH (technique de Benveniste [2, 3]

On prélève 5 ml de sang veineux sur un mélange d'héparine et d'EDTA di et tétrasodique et on introduit 20 µl de sang dans les 7 puits d'une microplaque. 5 puits contiennent la substance étudiée additionnée de calcium, à 5 doses : extrait alimentaire à 10 µg, 1 µg, 0,1 µg, 10 ng, 1 ng ; médicament (lié à la sérumalbumine humaine) à 1 µg, 0,1 µg, 10 ng, 1 ng, 0,1 ng. 2 puits servent à la détermination du compte de basophiles/µl. La plaque est placée pendant 10 mn à 37 °C. Puis on ajoute 180 µl de réactif (bleu de toluidine à 0,025 % dans l'éthanol à 30 % amené à pH 3,2 par 4 µl d'acide acétique glacial/ml). Le mélange est prélevé et mis dans une cellule de Nageotte. Après une attente de 10 mn, le compte des basophiles est effectué. Le réactif hémolyse les globules rouges et colore spécifiquement l'héparine contenue dans les granules des basophiles en rouge. Les basophiles dégranulés ne se colorent pas : on observe donc une diminution nette du nombre des basophiles, pour une ou plusieurs concentrations d'antigène. S'il existe un effet dégranulant vis-à-vis de l'antigène à une certaine concentration, un témoin est pratiqué, mettant en présence les basophiles, et l'antigène à même concentration, en milieu décalcifié.

Le taux de dégranulation correspond à $\frac{n - n'}{n} \times 100$

(n = nombre de basophiles en présence de l'antigène à même concentration + calcium).

### Technique de leucoconcentration

L'enrichissement en basophiles est obtenu par 10 mn de centrifugation lente (accélération comprise entre 100 et 200 g) suivie de prélèvements tangentiels au niveau de la couche leucocytaire. On utilise une pipette automatique (Brand, 20 µl) munie d'un embout plastique (Treff) courbé à chaud sur un mandrin, puis biseauté. 10 à 20 prélèvements de 20 µl sont réalisés et mélangés très soigneusement ; dans ces conditions, le facteur d'enrichissement est de l'ordre de 3 à 10 (fig. 1).

### Tests statistiques

Les tests à appliquer sont fonction du mode de distribution des basophiles sur le fond de l'hématimètre et des modifications utiles à tester (valeurs inférieures à celle du prélèvement témoin).

Classiquement, pour les dilutions importantes, la distribution des cellules dans l'hématimètre suit une loi de Poisson, la moyenne est égale au carré de l'écart-type [6].

Nous appliquons un test statistique unilatéral supposant la distribution poissonnienne [14].

Si n est le nombre de basophiles comptés dans le puits-témoin (B + Ag sans calcium), et n' le nombre de basophiles comptés en présence de calcium et qu'il n'y a pas d'effet dégranulant, n' a seulement 5 chances sur 100 d'être inférieur à $n - 1{,}62\sqrt{n}$. Nous emploierons la sécurité classique en biologie, de 95 %.

En réalité, de multiples comptes effectués sur différentes bandes de l'hématimètre avec des prélèvements diversement enrichis en basophiles montrent que la distribution est gaussienne avec un écart-type inférieur à la racine carrée de la moyenne, ceci surtout pour les enrichissements importants (tableau I) ; cependant, pour simplifier (dispersion inconnue dans le cas gaussien), nous avons préféré conserver le modèle poissonnien, ce qui veut dire que, dans tous nos tests, surtout après forte leucoconcentration, la sécurité réelle sera toujours supérieure à celle indiquée.

## RÉSULTATS

### Effets quantitatifs de la leucoconcentration

La durée de la centrifugation et l'accélération influencent directement la sédimentation des basophiles : pour un même échantillon de sang, l'enrichissement obtenu s'élève lorsqu'on augmente ces 2 paramètres (tableau I). Toutefois, l'importance de l'enrichissement dépend également de la précision du pipetage tangentiel qui doit être réalisé à la partie la plus profonde de la couche leucocytaire. Des comptes de basophiles réalisés à titre de contrôle sur différents prélèvements centrifugés dans les mêmes conditions et provenant d'un même échantillon de sang, ont montré que le taux d'enrichissement pouvait varier du simple au double ; c'est pourquoi il est nécessaire de constituer d'emblée un pool de sang leucoconcentré suffisant pour la réalisation d'un test entier.

### Détermination du pourcentage de dégranulation significative ($p < 0{,}05$) selon le nombre de basophiles comptés sur la lame témoin (B + Ag sans calcium)

Le compte des basophiles, en présence d'antigène, en milieu décalcifié (n) a pour but de vérifier qu'il n'existe pas de dégranulation non spécifique liée à

l'antigène. Aux doses considérées, le compte est toujours égal au compte de base des basophiles. Rarement, il témoigne d'un effet dégranulant de la substance testée (certains médicaments histamino-libérateurs à la concentration la plus forte). Le test est alors ininterprétable.

Le test statistique unilatéral, supposant la distribution poissonnienne des basophiles dans l'hématimètre, permet de déterminer la relation entre le nombre de cellules comptées sur la lame témoin (= n) et le pourcentage de dégranulation significatif ($p < 0,05$) (fig. 2).

La courbe montre que, pour 30 basophiles comptés sur la lame témoin, le pourcentage significatif est de 30 % ce qui correspond aux valeurs habituellement préconisées dans la réalisation du TDBH [12] ; pour 120 basophiles, le pourcentage de dégranulation significatif avec le même coefficient de sécurité n'est plus que de 15 % ce qui constitue un gain très appréciable de sensibilité ; à l'inverse, en dessous de 30 basophiles, le pourcentage de dégranulation exigé devient vite supérieur à 50 % et le test perd toute sensibilité.

**Comparaisons entre TDBH réalisés avec et sans leucoconcentration**

*a) Vis-à-vis d'un même allergène, avant et après leucoconcentration d'un même échantillon de sang* (tableau II)

10 patients ont été testés (3 allergies aux pollens et poussières de maison ; 5 allergies alimentaires ; 1 allergie médicamenteuse au triméthoprime sulfaméthoxazole). On observe 8 concordances et 2 discordances (négativation après leucoconcentration). Dans un cas. la discordance est apparente : il s'agit d'un test « limite » (37 %), qui passe à 23 % (14 % d'écart) après leucoconcentration.

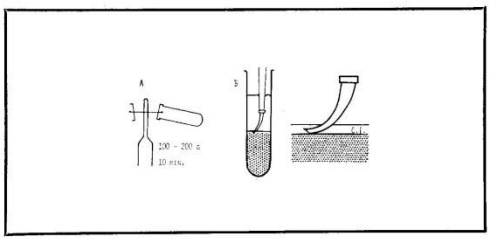


**Fig. 1. — Technique d'enrichissement en basophiles. A : centrifugation à 100 ou 200 g pendant 10 mn ; B : pipetage tangentiel de la partie profonde de la couche leucocytaire (cl).**

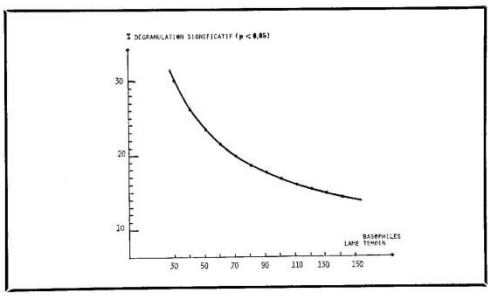



**Fig. 2. — Taux de dégranulation significatif en fonction du nombre de basophiles.**

*b) Vis-à-vis d'allergènes variés et à partir d'échantillons de sang différents* (tableau III)

Cette étude compare le pourcentage de TDBH positifs vis-à-vis d'allergènes courants obtenus chez des patients dont les tests ont pu être effectués sans leucoconcentration (plus de 30 basophiles par $mm^3$)

TABLEAU I. — **Effet de la leucoconcentration sur le nombre de basophiles et leur distribution dans l'hématimètre. Etude réalisée à partir d'un même échantillon de sang subdivisé en 8 fractions de 2 ml. A : sans leucoconcentration ; B à H : après leucoconcentration d'efficacité croissante.**

| Hématimètre | Centrifugation | | Nb de basophiles par bande de l'hématimètre de Nageotte - 20 bandes comptées | | | | | | | | | | | | | | | | | | | m | $\sigma^2$ | Enrichissement |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Accélération | Durée (mn) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | 1 | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2,25 | 2,6 | |
| B | 100 | 1 | 2 | 6 | 1 | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 4 | 1 | 4 | 8 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2,50 | 3,5 | 1,1 |
| C | 100 | 3 | 8 | 4 | 7 | 5 | 2 | 5 | 5 | 7 | 3 | 5 | 7 | 2 | 2 | 5 | 9 | 6 | 7 | 6 | 6 | 4 | 5,25 | 3,8 | 2,3 |
| D | 100 | 6 | 9 | 8 | 4 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | 6 | 8 | 1 | 3 | 4 | 4 | 10 | 8 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5,00 | 5,6 | 2,2 |
| E | 100 | 12 | 15 | 17 | 15 | 14 | 17 | 10 | 17 | 19 | 25 | 15 | 16 | 16 | 21 | 19 | 17 | 21 | 12 | 17 | 28 | 16 | 17,35 | 16,0 | 7,7 |
| F | 300 | 3 | 15 | 16 | 18 | 16 | 15 | 11 | 24 | 18 | 20 | 16 | 17 | 15 | 18 | 19 | 23 | 20 | 11 | 20 | 10 | 15 | 16,85 | 12,9 | 7,5 |
| G | 300 | 6 | 54 | 47 | 54 | 58 | 59 | 61 | 60 | 55 | 68 | 55 | 58 | 53 | 60 | 62 | 59 | 58 | 64 | 61 | 54 | 69 | 58,45 | 25,4 | 25,9 |
| H | 300 | 12 | 72 | 74 | 69 | 74 | 72 | 81 | 84 | 70 | 73 | 75 | 72 | 80 | 73 | 69 | 82 | 76 | 75 | 78 | 71 | 81 | 75,05 | 20,4 | 33,3 |

m = moyenne des valeurs. σ = écart-type.

TABLEAU II. — **Variation du taux de dégranulation en fonction de la leucoconcentration.**

| Clinique | Allergène | Test cutané | Basophiles/mm³ Avant leucoconcentration | Basophiles/mm³ Après leucoconcentration | Facteur d'enrichissement | Taux de dégranulation Avant leucoconcentration | Taux de dégranulation Après leucoconcentration | Quantité réactive (µg) (*) Avant leucoconcentration | Quantité réactive (µg) (*) Après leucoconcentration |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Pollinose | Pollens Graminées | +++ | 22 | 91 | × 4 | 70 | 56 | 0,01 | 0,01 |
| 2 Rhinite perannuelle | Poussières de maison | +++ | 20 | 42 | × 2 | 37 | 52 | 0,1 | 1 |
| 3 Pollinose | Pollens Graminées | +++ | 40 | 186 | × 5 | 50 | 37 | 10 | 10 |
| 4 Choc anaphylactique | Poisson | +++ | 37 | 191 | × 6 | 55 | 53 | 1 | 10 |
| 5 Choc anaphylactique | Céleri | ++ | 26 | 94 | × 3 | 30 | — | 0,1 | — |
| 6 Urticaire, œdème de Quincke | Céleri | ++ | 99 | 812 | × 8 | — | — | — | — |
| 7 Urticaire, œdème de Quincke | Poisson | ++ | 32 | 201 | × 6 | 60 | 50 | 1 | 1 |
| 8 Urticaire | Chocolat | ++ | 20 | 78 | × 4 | 37 | — (23) | 10 | 10 |
| 9 Choc anaphylactique | Hyménoptères | — | 26 | 152 | × 6 | 38 | 38 | 10 | 10 |
| 10 Œdème de Quincke | Triméthoprime Sulfaméthoxazole | | 13 | 81 | × 6 | 58 | 70 | 0,1 | 0,001 |

(*) Quantité de l'extrait sec d'allergène (fixe sur sérumalbumine humaine) correspondant à la dégranulation maximale.

TABLEAU III. — **Comparaison entre le pourcentage de tests positifs obtenus sur sang non leucoconcentré (basophilémie normale) et sur sang leucoconcentré (sang basopénique).**

| Mode d'étude | Médicaments | Hyménoptères | Aliments | Total tests |
|---|---|---|---|---|
| Sang non leucoconcentré | $\frac{118}{580} = 20\ \%$ | $\frac{18}{86} = 21\ \%$ | $\frac{14}{57} = 24\ \%$ | $\frac{150}{723} = 20\ \%$ |
| Sang leucoconcentré | $\frac{127}{562} = 23\ \%$ | $\frac{17}{77} = 22\ \%$ | $\frac{27}{87} = 31\ \%$ | $\frac{171}{726} = 23{,}7\ \%$ |

et le pourcentage de TDBH positifs vis-à-vis des mêmes groupes d'allergènes obtenus chez des patients à basophilémie basse, après leucoconcentration.

TABLEAU IV. — **Effet de la leucoconcentration sur la positivité des TDBH à des extraits alimentaires.**

| | Positivité totale | Sans leucoconcentration | Après leucoconcentration |
|---|---|---|---|
| AA cutanée | 27/38 (71 %) | 8/9 | 19/29 |
| Recherche systématique | 15/106 (14,1 %) | 6/48 (12,5 %) | 9/58 (15,5 %) |

Les résultats montrent que la proportion de TDBH trouvés positifs est similaire dans les 2 populations (différence non significative pour les allergènes alimentaires).

En cas d'AA prouvée par d'autres tests, le TDBH est positif 29 fois sur 38 soit 71 % des cas. Chez les sujets ne présentant pas d'AA, le TDBH est positif 15 fois sur 106 soit 14,1 % des cas (tableau IV).

D'autre part, en cas d'AA, il faut recourir à la leucoconcentration 29 fois sur 38 (76 % des cas) ; dans le groupe des sujets ne présentant pas d'AA, la leucoconcentration n'a été nécessaire que 58 fois sur 106 (54 % des cas). Cette différence est significative ($p = 0{,}02$).

## DISCUSSION

La technique que nous proposons permet d'obtenir un enrichissement toujours suffisant, en réalisant une centrifugation de 100 à 200 g pendant 10 mn. En un an, nous n'avons eu qu'un prélèvement sur 727 dont la basopénie n'a pas pu être compensée par cette technique. D'autre part, notons qu'en cas de basophilémie normale, le nombre de basophiles par bande de l'hématimètre de Nageotte est de 3 à 5, ce qui exige la lecture de 6 à 10 bandes pour atteindre au moins le chiffre indispensable de 30 cellules. L'utilisation d'une méthode d'enrichissement en basophiles permet de bénéficier du gain de sensibilité qu'autorise le compte d'un nombre important de basophiles sur la lame témoin. Elle permet également un gain de temps (de 20 % environ) chaque fois que l'allergène testé reste sans action. En effet, l'abaque de la figure 3 construit sur la relation entre le nombre de basophiles de la lame témoin et le taux de dégranulation significatif, permet de déterminer, dès que la numération de lame témoin est achevée, le nombre de basophiles au-dessus duquel la différence avec la lame témoin ne sera pas statistiquement significative ; en pratique, dès que la valeur est atteinte lors de la lecture d'une lame test, il devient inutile de poursuivre la lecture, le résultat du test étant, dès cet instant, obligatoirement négatif.

Cette méthode ne fragilise pas les cellules : la comparaison des taux de dégranulation, avant et après leucoconcentration, chez un même sujet, montre un résultat similaire à 15 % près. Ceci correspond aux variabilités de lecture par un même technicien et pose certainement un problème théorique si, avant leucoconcentration, le taux est voisin de 30 %. En pratique, le second chiffre (après leucoconcentration) est beaucoup plus fiable, puisqu'établi sur un plus grand nombre de cellules. Elle est particulièrement utile chez les sujets porteurs d'AA, qui ont une fréquente basopénie (la leucoconcentration a dû être effectuée beaucoup plus souvent : $p = 0{,}02$). Cette basopénie plus fréquente chez les sujets porteurs d'AA, pourrait témoigner d'une particulière fragilité constitutionnelle de leurs basophiles : en effet, May [11] a montré que plus de 50 % de ces sujets présentent une histamine release leucocytaire spontanée importante, supérieure à 25 % de l'histamine leucocytaire. Elle ne dépasse pas normalement 8 % dans les contrôles à partir de sujets témoins ou ayant d'autres allergies. La leucoconcentration ne paraît pas nocive dans ces cas : le taux de TDBH positifs avec ou sans leucoconcentration dans les 2 groupes (AA et sujets témoins), est équivalent.

Les résultats d'ensemble du TDBH aux allergènes alimentaires montrent un taux de positivité de 71 % dans les AA confirmées : ceci rejoint les constatations de Benveniste et est similaire au chiffre obtenu par d'autres tests mettant en évidence les IgE spécifiques [2, 8].

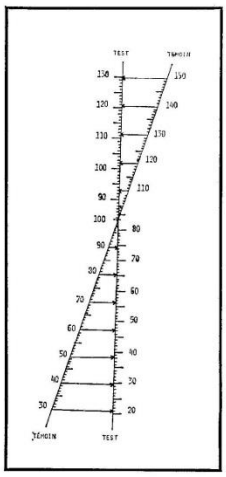



**Fig. 3. — Taux de dégranulation significatif en fonction du nombre de basophiles (diagramme d'application pratique). Exemple : si on lit 60 cellules sur la lame témoin, la limite de significativité est 47. On peut donc arrêter la lecture de la lame-test si on atteint ce chiffre. Le test est alors négatif.**

Le chiffre de 14 % de TDBH positifs aux antigènes alimentaires chez des sujets sans AA clinique, est intéressant. Il s'agit de patients atopiques (porteurs de rhume des foins ou d'eczéma constitutionnel). Il est connu qu'ils peuvent synthétiser des anticorps anti-aliments (IgE spécifiques circulantes) sans allergie clinique [8, 13]. Il faut noter qu'*in vitro*, ils sont capables d'induire une dégranulation des basophiles sensibilisés en présence d'antigène.

## CONCLUSION

La technique d'enrichissement en basophiles par centrifugation douce du sang, suivie d'un pipetage tangentiel de la couche leucocytaire semble particulièrement utile. Elle permet toujours la réalisation du TDBH malgré la basopénie de départ, dans de bonnes conditions d'interprétation statistique. Le pourcentage de réponses positives dans cette population qui aurait dû échapper à l'investigation du TDBH, étant voisin de celui d'une population normalement testable (y compris dans le cas particulier de l'AA), on peut affirmer qu'elle ne fragilise pas les cellules. En outre, l'obtention de comptes cellulaires plus élevés permet d'admettre un pourcentage de dégranulation significatif ($p < 0{,}05$) inférieur à 30 %, ce qui représente un gain de finesse. Les rapprochements avec la clinique et les autres tests d'allergologie permettent de valider le TDBH ainsi réalisé, qui se révèle un excellent test de détection des allergies de type immédiat.

## RÉFÉRENCES


1. BECKER K.E., ISHIZAKA T., METZGER H. — Surface IgE on human basophils during histamine release. *J. Exp. Med.*, 1973, *138*, 394-409.
2. BENVENISTE J. — Test de dégranulation « in vitro » des basophiles. *Ouest Méd.*, 1977, *8*, 467-469.
3. BENVENISTE J., EGIDO J., GUTIERREZ-MILLET V., CAMUSSI G. — Detection of immediate hypersensitivity in rabbits by direct basophil degranulation. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 1977, *59*, 271-279.
4. DAY R.B. — Basophil leucocyte separation from human peripheral bloods : a technique for their isolation in high purity and high yields. *Clin. Allergy*, 1972, *2*, 205-212.
5. DRY J., LEYNADIER F., LUCH H. — Le test de dégranulation des basophiles humains : comparaison avec les tests cutanés aux pollens de Graminées chez 72 sujets. *Ann. Immunol. (Inst. Pasteur)*, 1979, *130 C*, 39-48.
6. HELLER R. — *In* : « Manuel de statistiques biologiques », Gauthier-Villars, Paris, 1968, 1-206.
7. HIRSCH S.R., RIMM A.A., ZASTROW J.E. — The absolute peripheral basophil count. A new and more precise method. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 1974, *53*, 303-310.
8. HOFFMAN D.R., HADDAD Z.H. — Diagnosis of IgE-mediated reactions to food antigens by radioassay. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 1974, *54*, 165-173.
9. ISHIZAKA T., SOTO C.S., ISHIZAKA K. — Mechanism of passive sensitization. III. Number of IgE molecules and their receptor sites on human basophil granulocytes. *J. Immunol.*, 1973, *111*, 500-511.
10. LEYNADIER F., LUCE H., DRY J. — Une technique simple d'isolement et de fixation des polynucléaires basophiles humains. *Rev. franç. Allergol.*, 1977, *17*, 215-218.
11. MAY C.D. — The spontaneous release of histamine. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 1976, *58*, 432-437.
12. MONERET-VAUTRIN D.A., GERARD H., CEINOS R. — Intérêt actuel du test de dégranulation des basophiles humains. *Ann. Méd. (Nancy)*, 1979, *18*, 251-256.
13. MONERET-VAUTRIN D.A., GERARD H., GRILLIAT J.P. — Allergie alimentaire de type immédiat : évaluation critique du radioallergo-sorbent test et du test de dégranulation des basophiles. *Nouv. Presse méd.*, 1979, *8*, 3176.
14. SCHWARTZ D. — *In* : « Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes », Flammarion, Paris, 1963.
15. STALLMAN P.J., AALBERSH R.C. — Estimation of basophil-bound IgE by quantitative immunofluorescence microscopy. *Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.*, 1977, *54*, 0-18.
16. WILSON A.B., MARCHAND R.M., WILSON D.V., DEVEY M., COOMBS R.R.A. — Reaginic antibodies on basophils in grass pollen allergy as shown by rosette formation. *Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.*, 1972, *42*, 668-680.

L'évaluation objective des techniques de diagnostic. Application à la captation thyroïdienne à la 20ème minute dans l'hyperthyroïdie traitée par les antithyroïdiens de synthèse

LEGRAS B, LECLERE J, THOMAS J-L

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 721-725

No 84

# L'évaluation objective des techniques de diagnostic

## Application à la captation thyroïdienne à la 20e minute dans l'hyperthyroïdie traitée par les antithyroidiens de synthèse

par **B. LEGRAS, J. LECLERE, J.L. THOMAS**

**RÉSUMÉ**

Les auteurs rappellent la méthodologie d'évaluation des signes et des techniques de diagnostic, et insistent sur le cas plus délicat où la réponse du test est quantitative. Ils illustrent cette modalité par l'étude de la captation thyroidienne à la 20e minute comme moyen prédictif de la guérison ou des rechutes précoces à 4 ans chez les hyperthyroidiens traités médicalement.

**Mots-clés :**
Captation thyroidienne,
Antithyroidiens de synthèse,
Hyperthyroidie.

**OBJECTIVE ESTIMATION OF THE TECHNIQUES OF DIAGNOSIS**
**Application to the 20 min-thyroid uptake by antithyroid drugs in the treatment of thyrotoxic patients**

***SUMMARY***

*The authors explain the methodology of assessment of the signs and techniques for diagnosis and particulary insist on the more delicate case when the result of the test is quantitative. They illustrate it by the study of the 20 min-thyroid uptake as a predictive means to recover or early relapses 4 years later among the thyrotoxic patients, treated medically.*

***Key-words :***
*Thyroid uptake,*
*Antithyroid drug,*
*Thyrotoxic patient.*

Les médecins doivent prendre l'habitude d'évaluer objectivement les techniques de diagnostic mais la méthodologie pourtant relativement simple est encore souvent mal connue.

Après un rappel des indices de base (sensibilité, spécificité, valeurs prédictives), nous envisageons le cas où la réponse du test est quantitative et où l'on cherche à définir la valeur seuil la plus appropriée pour séparer les sujets malades des autres. Nous illustrerons cette modalité par la captation thyroïdienne précoce dans l'hyperthyroïdie traitée par les anti-thyroïdiens de synthèse.

### LES DONNÉES FONDAMENTALES

Nous nous placerons d'abord dans le cas le plus simple où l'on considère un test dont le résultats est binaire : normal (test négatif) ou anormal (test positif). On applique ce test à un groupe de N sujets dont on sait que N1 ont une maladie M et N2 = N − N1 ne l'ont pas. Les résultats peuvent se placer sous forme d'une « matrice de décision » à 4 cases (voir tableau I ci-dessous)

TABLEAU I

| | M | M− |
|---|---|---|
| T + | VP | FP |
| T− | FN | VN |

T + = test positif
M = maladie
T − = test négatif
M− = absence de la maladie

VP : « vrais positifs » : nombre de sujets pour lesquels le test est Positif et le diagnostic est Vrai (maladie).

FP : « faux positifs » : nombre de sujets pour lesquels le test est Positif et le diagnostic est Faux (absence de maladie.

VN : « vrais négatifs » : nombre de sujets pour lesquels le test est Négatif et le diagnostic est Vrai (absence de maladie.

FN: « faux négatifs » : nombre de sujets pour lesquels le test est Négatif et le diagnostic est Faux (maladie).

Communication présentée à la séance de la Société de Médecine de Nancy (économie médicale et évaluation des soins) 22 avril 1981.

On a : VP + FN = N1 nombre de sujets porteurs de la maladie.

FP + VN = N2 nombre de sujets indemnes de la maladie.

A partir de ce tableau, on peut définir un certain nombre d'indices pour mesurer la valeur diagnostique.

**Sensibilité et spécificité**

La sensibilité (Se) est la fréquence du test positif chez tous les sujets malades.

La spécificité (Sp) est la fréquence du test négatif chez tous les sujets indemnes.

Avec les notations du tablau I

$$Se = \frac{VP}{VP + FN}$$

$$Sp = \frac{VN}{FP + VN}$$

Il est évident qu'un bon test doit avoir une sensibilité et une spécificité élevées. On a proposé un certain nombre d'indices qui tiennent compte simultanément des deux paramètres. On peut citer l'indice de YOUDEN Y = Se + Sp-I.

Et la puissance diagnostique ou fréquence des bien classés égale à

$$= \frac{VP + VN}{N}$$

**Valeurs prédictives**

La valeur prédictive positive (VP +) est la fréquence de la maladie quand le test est positif. Elle représente « le risque » d'avoir la maladie si le test est positif.

La valeur prédictive négative (VP -) représente les « chances » de ne pas avoir la maladie si le test est négatif.

Avec les notations du tableau I

$$VP + = \frac{VP}{VP + FP}$$

$$VP - = \frac{VN}{FN + VN}$$

**Possibilités d'utilisation**

Les valeurs prédictives sont des estimations de la probabilité d'avoir ou non la maladie selon le résultat du test. Elles ne sont valables que si la population observée est « représentative » de la population que l'on souhaite étudier, c'est à dire que la fréquence de la maladie dans la population observée est assez « proche » de celle de la population que l'on souhaite étudier (prévalence).

Dans cette situation on peut calculer ces probabilités dites conditionnelles par la relation établie par BAYES au 18e siècle. Ainsi la probabilité de la maladie si le test est positif P(M/T +) qu'estime la valeur prédictive positive, s'exprime en fonction de la sensibilité, de la spécificité et de la prévalence (p) par la relation :

$$P(M/T+) = \frac{Se.p}{Se.p + (I\text{-}Sp)(I\text{-}p)}$$

L'autre situation à considérer est celle où l'on ne dispose dans la population que de deux échantillons et où l'on ne connaît pas la prévalence de la maladie dans la population étudiée ; on ne peut alors utiliser que la sensibilité et la spécificité comme indicateurs de l'efficacité de l'examen à but diagnostic.

**Cas où le résultat d'un test n'est pas binaire-courbes ROC**

Le plus souvent le résultat d'un test n'est pas binaire (positif ou négatif) mais s'exprime par une grandeur continue et le choix de la « valeur seuil » ou « valeur de coupure » qui sépare ceux qui ont et ceux qui n'ont pas de maladie est entaché d'arbitraire. En effet les distributions du résultat chez les malades et les non malades se recouvrent en général (figure n° 1). On voit ici que si l'on déplace le seuil vers les faibles valeurs, le test sera de plus en plus sensible (le nombre de « vrais positifs » croît) et de moins en moins spécifique (le nombre de « vrais négatifs » diminue). C'est l'inverse si l'on se déplace vers les grandes valeurs. La sensibilité et la spécificité d'un test ne sont donc pas des indices indépendants et l'augmentation de la sensibilité d'un examen se fait toujours au détriment de sa spécificité et inversement.

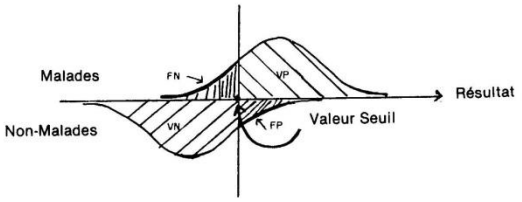



Figure n° 1 : **Recouvrement des distributions du résultat chez les malades et les non malades suivant la valeur seuil.**

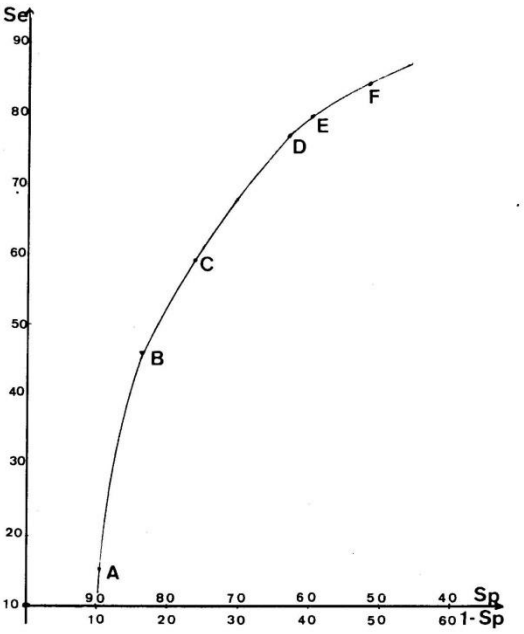



Figure n° 2 : **Courbe ROC de la captation thyroïdienne correspondant aux résultats du tableau II.**

Pour objectiver ces variations et guider le choix d'un seuil on peut tracer un diagramme où chaque seuil possible est représenté par un point ayant pour abcisse le pourcentage de « faux positifs » (1-Sp) et pour ordonnée le pourcentage de « vrais positifs » (Se).

La courbe obtenue, en général concave en bas et à droite est appelée dans la littérature anglosaxonne courbe ROC (Receiver Operating Characteristic Curve). Nous présenterons plus loin la courbe ROC relative à l'exemple étudié et nous discuterons le choix de la valeur seuil.

## APPLICATION À LA CAPTATION THYROIDIENNE PRECOCE CHEZ LES HYPERTHYROIDIENS TRAITÉS PAR LES ANTITHYROIDIENS DE SYNTHÈSE

La captation thyroïdienne aux temps précoces qui suivent l'injection du traceur a été proposé par ALEXANDER comme moyen d'apprécier la guérison des sujets hyperthyroïdiens traités par les antithyroïdiens de synthèse. Par rapport aux mesures tardives (24e heure), cette mesure de captation précoce présente l'avantage essentiel d'apprécier l'état fonctionnel de la thyroïde sous traitement.

### Matériel et méthode

77 patients ont étés suivis au minimum 4 ans après l'arrêt de leur traitement médical. Ce traitement consistait en Carbimazole (30 puis 15 mg/jour), L-T3 (75 µg/jour), Propanolol (30 à 60 mg/jour) et neurosédatif. Une mesure de la captation thyroïdienne précoce après injection intraveineuse du traceur (I131 ou Tc 99m) fut régulièrement réalisée en cours et à l'arrêt du traitement.

### Evolution générale après traitement thyroïdien

- Quatre ans après l'arrêt du traitement, 39 patients (51 %) restent euthyroïdiens.
- Dans 20 cas (26 %), une reprise évolutive a eu lieu au cours des trois mois qui suivent l'arrêt du Carbimazole.
- Chez les 18 sujets restants (23 %), une rechute tardive s'est produite après un état d'euthyroïdie de six mois au moins ; en général la remission dépasse un an et la rechute apparait parfois plusieurs années après la fin du traitement.

### Résultats suivant la valeur de la captation thyroïdienne

On peut utiliser le test de différentes façons. On peut l'envisager (Tableau II) comme moyen de prévoir l'état d'euthyroïdie quatre ans au moins après la fin du traitement. La courbe ROC correspondante apparait sur la figure n° 2. On peut aussi chercher à prévoir les reprises évolutives rapides (Tableau III) pour mieux surveiller ces patients.

### Commentaires

Pour la recherche de l'euthyroïdie à plus de quatre ans, on note (Tableau II) que la puissance diagnostique passe par un maximum pour des valeurs de captation comprises entre 12 et 14 %. C'est dans cette zone que se situe la valeur la plus discriminante pour séparer les sujets « guéris » des autres. Malheureusement la puissance diagnostique maximale n'est pas très élevée (70 %), ce qui signifie que le diagnostic sera inexact 3 fois sur 10. Le test a ici des performances que le clinicien peut juger insuffisantes. En ce qui concerne la prévision des rechutes rapides, le test parait plus utile puisque,

TABLEAU II

| Seuil | Nb. de cas T + | | Nb. de cas T − | | Indices (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E | E − | E | E − | Se | Sp | P | VP + | VP − |
| 4 (A) | 6 | 4 | 33 | 34 | 15,4 | 89,4 | 51,9 | * | 51 |
| 6 (B) | 18 | 6 | 21 | 32 | 46,1 | 84,2 | 64,9 | 75 | 60 |
| 8 (C) | 23 | 9 | 16 | 29 | 59 | 76,3 | 67,5 | 72 | 64 |
| 12 (D) | 30 | 14 | 9 | 24 | 76,9 | 63,1 | 70 | 68 | 73 |
| 14 (E) | 31 | 15 | 8 | 23 | 79,5 | 60,5 | 70 | 67 | 74 |
| 20 (F) | 33 | 18 | 6 | 20 | 84,6 | 52,6 | 68,8 | 65 | 77 |

Seuil (du test) = % de captation thyroïdienne (lettre entre parenthèse = point de la courbe ROC - voir figure n° 2).
T + = test positif (captation inférieure ou égale à la valeur seuil).
T − = test négatif (captation supérieure à la valeur seuil).
E = euthyroïdie = rémission 4 ans après l'arrêt du traitement.
E − = non euthyroïdie = reprise évolutive ou rechute au cours des 4 ans suivant l'arrêt du traitement.
Se = sensibilité : fréquence des tests positifs chez les sujets en rémission.
Sp = spécificité : fréquence des tests négatifs chez les sujets en rechute.
P = puissance diagnostique.
VP + = valeur prédictive positive (estimation de la probabilité de rémission si le test est positif).
VP − = valeur prédictive négative (estimation de la probabilité de rechute si le test est négatif).

* Pour une captation de 4 %, le nombre de cas freinables (10) est trop faible pour une estimation valable de VP +.

TABLEAU III

| Seuil | Nb. de cas T + | | Nb. de cas T − | | Indices (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R | R − | R | R − | Se | Sp | P | VP + | VP − |
| 18 | 20 | 9 | 0 | 48 | 100 | 87,2 | 88,3 | 69 | 100 |
| 20 | 17 | 7 | 3 | 50 | 85 | 87,7 | 87,0 | 70,8 | 94,3 |
| 24 | 15 | 5 | 5 | 52 | 75 | 91,2 | 87,0 | 75 | 91,2 |
| 30 | 12 | 3 | 8 | 54 | 60 | 94,7 | 85,7 | 80 | 87,1 |
| 40 | 5 | 0 | 15 | 57 | 25 | 100 | 80,5 | 100 | 79,2 |

T + = Test positif (captation supérieure à la valeur seuil).
T − = Test négatif (captation inférieure ou égale à la valeur seuil).
R = Reprise évolutive rapide (moins de 3 mois après l'arrêt du traitement).
R − = Pas de reprise évolutive rapide.
Se = Sensibilité.
Sp = Spécifité.
P = puissance diagnostique.
VP + = Valeur prédictive positive.
VP − = Valeur prédictive négative.

comme le montre le tableau III, la puissance diagnostique maximale atteint 88 % pour une captation inférieure ou égale à 18 %. A ce seuil, la sensibilité est égale à 100 %. Cette valeur parait excellente pour sélectionner les sujets qui doivent être suivis très régulièrement (tous les 3 mois au minimum).

### Discussion

Selon ALEXANDER, une captation thyroïdienne inférieure ou égale à 8 % de la dose d'I 131 ou de Tc 99 injecté par voie intraveineuse, traduit la réapparition du freinage physiologique, donc théoriquement la guérison de la maladie. Parmi les 32 cas « normalisés », nous avons noté 23 cas euthyroïdiens (72 %), 9 rechutes ultérieures (28 %) et aucune reprise évolutive.

Les résultats obtenus montrent que, plus la captation est basse, plus la probabilité de guérison est grande, mais que même à 6 %, un pourcentage non négligeable

de sujets rechute. Il est donc préférable de ne pas se baser sur ce test pour arrêter la thérapeutique.

Par contre, lorsque le traitement prend fin, si la captation est supérieure à 18 %, le risque de reprise rapide de la maladie est considérable et une surveillance stricte s'impose.

## CONCLUSION

La méthodologie des techniques de diagnostic a été appliquée à la mesure de la captation thyroïdienne précoce chez les sujets hyperthyroïdiens traités médicalement. Il apparait que cette technique est surtout utile pour détecter les risques de rechute rapide mais ne permet pas de savoir avec suffisamment de précision quand a disparu le processus responsable de l'hyperthyroïdie.

Travail du Service de Médecine Nucléaire
et d'Information Médicale
Informatique
(Professeur J. MARTIN)
et de la Clinique Médicale
et Endocrinologique
(Professeur P. HARTEMANN)

BIBLIOGRAPHIE

ALEXANDER (N.D.), HARDEN (R.), SHIMMINS (J.), LARTY (D.), GILL (P.) — Treatment of thyrotoxicosis based on thyroidal suppressibility.
*Lancet*, 1967, **2**, 681-684.

LACAINE (F.), HUGUIER (M.), GREMY (F.) — L'efficacité d'un examen à but diagnostique : de la donnée à la décision médicale.
*Nouv. Presse Médicale*, 1978, **7**, 1451-1453.

LECLERE (J.), UEDA (M.), HARTEMANN (P.), MAUREIRA (J.J.), MIZRAHI (R.), ZANETTI (A.), WEYLAND (M.), VAILLANT (D.) — Traitement de l'hyperthyroïdie par les antithyroïdie de synthèse. Valeur pronostique de la captation thyroïdienne précoce (recul de 4 ans).
*Ann. Endoc.*, 1980, **41**, 95-105.

POYNARD (T.), ALPEROVITCH (A.) — Evaluation des moyens diagnostiques. Etude critique des indices mesurant la valeur diagnostique.
*J. Radiol.*, 1980, **61**, 551-556.

# Analyse par informatique de 130000 dossiers d'anesthésie
# Quelques problèmes d'évaluation

CHOFFAT P, LEGRAS B, MARTIN J, PERREARD M, PICARD J-P, ROSE E

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1983, 22, 727-729

No 85

# Analyse par informatique de 130 000 dossiers d'anesthésie Quelques problèmes d'évaluation

par P. CHOFFAT, B. LEGRAS, J. MARTIN, M. PERREARD, J.P. PICARD, E. ROSE

**RÉSUMÉ**

Les auteurs présentent quelques résultats obtenus à partir d'un fichier informatisé d'environ 130 000 dossiers d'anesthésie représentant 5 années (1975 à 1979) de l'activité d'un département d'anesthésie-réanimation du C.H.U. de Nancy. Ils comparent notamment les sujets sans complications et ceux qui ont présenté une complication grave ou léthale (1,2 % de l'ensemble) durant l'opération.

**Mots-clés :**
Anesthésie,
Informatique.

**ANALYSIS BY COMPUTER OF 130 000 FILES OF ANAESTHESIA SOME PROBLEMS OF ESTIMATION**

***SUMMARY***

*The authors show some results obtained from 130 000 files of anaesthesia, made from 1975 to 1979 in the department of Anaesthesia in the Regional Hospital of Nancy. They mainly compare patients without medical complications and those who present severe or fatal complications (1,2 %) during the operation.*

***Key-words :***
*Anaesthesia,*
*Computer.*

## INTRODUCTION

Le bilan de dix ans de recueil et d'exploitation des données informatisées en pratique anesthésiologique, dans un grand hôpital, amène inéluctablement une question :

Tant de contraintes nouvelles, tant d'investissements intellectuels et financiers débouchent-ils sur des résultats probants ou, pour parler la langue de ce temps, est-ce, tout simplement « rentable » ?

Pour tenter d'y répondre, et parmi nombre d'autres, deux thèmes d'étude ont été retenus :

— l'un, d'une brûlante actualité, concerne la morbidité et la mortalité péropératoire,

— l'autre donnera des exemples précis de l'apport de l'informatique dans la gestion d'un département d'anesthésie-réanimation.

Dans notre expérience, s'inscrit, de 1970 à 1974, ce qui a paru une « longue marche », consacrée à convaincre les personnels de l'intérêt du traitement informatisé des données et à élaborer, finalement, une fiche véritablement adaptée au recueil de ces données.

C'est ainsi qu'il ne sera fait état que des exploitations du fichier normalisé, constitué depuis 1975, contenant, au bout de cinq ans, plus de 130 000 dossiers.

Communication présentée à la séance de la Société de Médecine de Nancy (économie médicale et évaluation des soins) 22 avril 1981.

## MORBIDITÉ ET MORTALITÉ PÉROPÉRATOIRE

Dans un premier temps, trois populations ont été sélectionnées à partir d'un fichier de 123 543 dossiers.

1 - Sujets n'ayant présenté aucune complication, soit 94 p. 100,

2 - Sujets ayant présenté des complications graves, létales comprises, soit 1,2 p. 100 de l'ensemble,

3 - Sujets déclarés décédés au cours de l'acte opératoire, ou de ses suites immédiates, soit 0,15 p. 100.

Deux remarques préalable doivent être faites :

— De l'analyse des quelques 80 données recueillies par opéré, ne sont retenus ici, que les résultats les plus démonstratifs.

— Enfin, la population des complications létales, représentant moins de 200 dossiers, ne permet que rarement d'émettre, à son propos, des conclusions statistiques ; dans quelques cas, cependant, il y sera fait référence, mais à titre indicatif, seulement.

Lorsqu'une complication survient, en salle d'opération, le recueil extemporané des données permet, ultérieurement, d'en rappeler, dans la plupart des cas, la principale traduction clinique, voire la cause.

On observe, alors que les défaillances cardiaques, primitives ou secondaires, tiennent le haut du pavé, tandis que les accidents des transfusions sanguines qui savent se révéler, cependant, de façon précoce et spectaculaire, sont rarement dénoncés. (Tableau I).

TABLEAU I

**Classification des complications per-opératoires graves et léthales selon leurs causes**

| | |
|---|---|
| (1) cardiaques | 26,7 % |
| (2) hémorragiques | 14,1 % |
| (3) ventilatoires | 13,7 % |
| (4) vasculaires | 9,2 % |
| (5) neurologiques | 2,6 % |
| (6) intubation difficile | 2,5 % |
| (7) thermiques | 1,6 % |
| (8) vomissements | 1,2 % |
| (9) transfusionnelles | 0,9 % |

L'étude préopératoire du malade et des modalités de l'intervention projetée, fait ressortir certains facteurs nettement péjoratifs et d'autres qui, à l'encontre d'idées reçues, ne le sont pas. (Tableau II).

TABLEAU II

**Complications graves et léthales per-opératoires Tares ou antécédents influents (en pourcent)**

| | Sans complications | Complications graves et létales |
|---|---|---|
| Cardiaques | 10 | 30,8 |
| Dénutrition | 1,6 | 3,3 |
| Circulatoires | 10 | 19,6 |
| Respiratoires | 5,5 | 7,1 |

Les affections connues que présentent les patients avant l'opération ont, sans doute, leur poids dans la génèse ou l'aggravation des complications opératoires.

Des 22 données qui, selon la fiche d'anesthésie, arrivent à les cerner, on peut relever celles qui paraissent nettement influentes, et celles qui, parfois étonnament, ne sous-tendent aucune gravité immédiate, du moins statistiquement. (Tableau III).

Tableau III

**Tares et antécédents peu influents (en pourcent)**

| | Sans complications | Complications graves et létales |
|---|---|---|
| Allergie | 5,1 | 4,8 |
| Médicaments | 17,9 | 14,1 |
| Anesthésiques | 54,2 | 50,9 |
| Tabagisme | 18,3 | 17,8 |
| Digestifs | 21 | 16,7 |

L'étude des « données générales » précise une notion classique : la gravité des opérations effectuées dans les conditions de l'urgence, et confirme le caractère nocif de réinterventions. Il y a, dans la population des opérés ayant présenté des complications graves et létales, deux fois plus de sujets admis en urgence, que dans la population qui n'a accusé aucune complication.

Pour sa part, le « siège » de l'intervention intervient de façon nettement dévorable, dès qu'il s'agit d'opérations à thorax ouvert, à visée vasculaire ou de siège multiple, alors que la chirurgie des voies génito-urinaires ou des membres est grevée, sensiblement, de moins d'accidents. (Tableau IV).

Ceci n'est donc que l'analyse la plus succincte possible, des facteurs de risque opératoire ; or, pour chaque cas, la synthèse en a été faite, avant l'intervention, par évaluation de ce risque, selon un code largement répandu et dont la pertinence peut être appréciée en comparant le devenir des populations étudiées. (Tableau V).

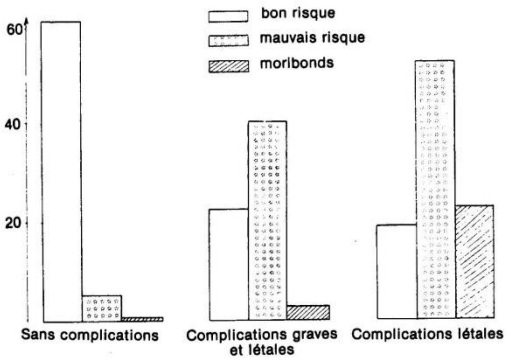
TABLEAU IV

**Siège : principaux facteur défavorables (en pourcent)**

| | Sans complications | Complications graves et létales |
|---|---|---|
| Thorax | 4,2 | 22,3 |
| Vasculaire | 12,4 | 27,4 |
| Siège multiple | 1,2 | 2,3 |
| Neuro chirurgie | 6,1 | 9,8 |

TABLEAU V

**Evaluation du risque**




Près de 61 p. 100 des opérés n'ayant présenté aucune complication, avaient été étiquetés « bon risque » ; par une évaluation convenable, cette proportion s'effondre à 23 p. 100 dans la population où des complications graves, voire létales, ont été observées.

Remarquons encore, qu'en matière de complications létales, plus d'un malade sur cinq était arrivé mourant sur la table d'opération.

A l'inverse, remarquons enfin que 20 p. 100 environ de sujets étaient considérés comme « bon risque » qui, néanmoins, n'ont pas survécu à l'intervention.

Cette dernière remarque justifie, s'il en était besoin, le recours à l'ordinateur pour obtenir l'identification précise de chacun de ces cas et ainsi, d'aller à la quête de tous renseignements contenus dans les archives des services impliqués.

L'ordinateur sait, en effet, nous fournir une liste d'où, après décodage, il est loisible, théoriquement, d'accéder aux dossiers sélectionnés, et d'en extraire, en clair, les circonstances et les causes *possibles, probables ou avérées* de l'accident.

Enfin, la comparaison des données concernant la réanimation en salle d'opération, révèle que les malades à complications graves ont reçu 32 fois plus souvent des médicaments dits « antidotes », que ceux qui n'ont fait aucune complication.

Les raisons exactes de cette large prescription échappent encore mais ce qui, en fait, importe, c'est que seule l'informatique, en prenant distance et hauteur par rapport à l'activité quotidienne, très sectorisée, puisse mettre un tel phénomène nettement en lumière et ainsi, susciter des recherches.

C'est certainement là un des apports les plus intéressants de l'analyse informatique que de faire ressortir des caractéristiques, de dévoiler des « points chauds » qui resteraient, sans ce mode de démarche, pour longtemps méconnus.

Dans un autre registre, l'analyse de l'activité des différents services, effectuée chaque année, fournit maints renseignements indispensables au « gouvernement » du département d'anesthésie-réanimation.

Pour chaque donnée, les services sont classés par pourcentage, en ordre décroissant, avec rappel de la moyenne générale.

Le premier exemple montre comment certains facteurs tels que la notion du nombre d'opérations effectuées en urgence, apportent des arguments objectifs, lorsqu'il s'agit de répartir au mieux, et sans contestation, les personnels dont dispose le Département. (Tableau VI).

TABLEAU VI

**1979 : 31108 dossiers**
**Répartition par services (dans l'ordre en poucent)**

| Urgences | N. CHI | CH. T | ORL | URO |
|---|---|---|---|---|
| 12,2 | 37,8 | 18,5 | 4,2 | 3,6 |

Neuro chirurgie : 2001 dossiers

3 fois plus d'urgences que la moyenne
10 fois plus d'urgences que le service d'urologie

Dès qu'on prend la peine de rapporter le pourcentage au nombre total des interventions, on constate que des services, par leur spécialisation, leur situation géographique, la logistique du « drainage » des urgences, sont devenus des services « chauds » pouvant recevoir 40 fois plus d'urgences que d'autres.

Il va de soi que la répartition des personnels, effectuée périodiquement, ne pourra méconnaître ce fait ainsi dûment établi.

Un dernier exemple, dont les retombées pratiques et administratives ont été immédiates, s'applique à la dotation adaptée, de chaque secteur, en matériel.

La rubrique « monitorage » rend compte essentiellement d'une surveillance électronique de l'activité cardiaque pendant le déroulement de l'opération.

Cette surveillance paraclinique considérée comme sophistiquée il y a peu, mais de routine aujourd'hui, est mise en œuvre chez près d'un opéré sur deux dans notre C.H.U. ; mais, systématique dans certains services (plus de 92 p. 100 des cas), elle s'est avérée exceptionnelle dans d'autres où, cependant, le nombre d'interventions est parmi les plus élevés et les risques tout aussi importants. (Tableau VII).

TABLEAU VII

**1979 : 31108 dossiers**
**Répartition par service (dans l'ordre en pourcent)**

| Monitorage | OP. A | OP. B | MAT. | CH. D |
|---|---|---|---|---|
| 47,8 | 93 | 92 | 3,6 | 1,7 |

Chirurgie D : 2556 dossiers

28 fois moins souvent que la moyenne
55 fois moins souvent que les services mieux dotés

L'enquête ainsi orientée, a démontré qu'un service n'avait pu, au fil des ans, acquérir le matériel spécifique devenu indispensable, en raison d'une mauvaise répartition des crédits globalement alloués à l'établissement, et d'une appréciation erronée de l'augmentation continuelle d'activité.

Ces chiffres éloquents présentés aux instances responsables les ont convaincus d'une certaines précarité médico-légale ainsi créée ; le tir a immédiatement été rectifié, à la satisfaction des anesthésiologistes et dans le sens d'une qualité des soins redevenue, d'un coup, décente.

## CONCLUSION

Ce bilan de dix ans d'informatique en spécialité médicale appelle trois ordre de réflexion :

— Qu'il s'agisse de recherche dans l'acceptation large, de gestion à tous niveaux ou d'enseignement, l'informatique aide à résoudre nombre de problèmes insolubles sans elle ; c'est le point positif, c'est le point important.

— Mais cette expérience a aussi défini des *limites* à l'investigation statistique dans notre pratique, barrières qu'il ne saurait être, ni raisonnable, ni sain, de franchir.

— Enfin, il s'impose, aujourd'hui, d'extraire de leurs tâches cliniques, des praticiens motivés et avertis qui se consacreraient à l'exploitation rationnelle d'un fichier devenant pléthorique, et également, dès maintenant, de s'assurer les concours financiers, *sans contre-partie abusivement contraignante, et qui permettraient de poursuivre l'effort entrepris.*

Travail du Département d'anesthésie-réanimation
(Professeur J.M. PICARD)
et du laboratoire d'Informatique Médicale
(Groupe INSERM U115)
(Professeur J. MARTIN)

# Question à réponse ouverte et courte (CROQ) et informatique. Application sur micro-ordinateur

KOHLER F, LEGRAS B, MARTIN J

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1984, 23, 422-424

No 95

# Question à réponse ouverte et courte (Q.R.O.C.) et informatique application sur micro-ordinateur

par F. KOHLER, B. LEGRAS, J. MARTIN

**RÉSUMÉ**

L'apparition d'épreuves par questions ouvertes et courtes (Q.R.O.C.) fait naître des besoins nouveaux en docimologie, besoins que l'informatique satisfait. Après avoir rappelé les règles générales d'une épreuve par Q.R.O.C. et le système de pondération des réponses de BARRES et RISSE, les problèmes liés au traitement d'une épreuve par Q.R.O.C. sont exposés. Une application sur micro-ordinateur est présentée pour un centre de traitement local.

**Mots-clés :**

Etudes médicales,
Docimologie,
Micro-ordinateur,
Informatique,

**Q.R.O.C. AND DATA-PROCESSING AN APPLICATION ON MICRO-COMPUTER**

***SUMMARY***

*The use of data-processing as for the analysis of school tests is not a new fact, the arrival of examination tests through short open questions (Q.R.O.C.) has then created new needs.*

*We will first remind you of the general rules of a Q.R.O.C. test, then we will study the system of balancing suggested by BARRES and RISSE, next the problems due to the processing of such a test will be set out.*

*And last, for a local processing centre, an application on a micro-computer will be developed.*

***Key-words :***

*Medical study,*
*Analysis of tests,*
*Micro-computer,*
*Data-processing.*

## INTRODUCTION

Q.R.O.C est l'abréviation de « question à réponse ouverte et courte». Ceci signifie que si la longueur de la question n'est pas limitée, permettant l'exposé de situation complexe, la réponse est libre, non suggérée et doit pouvoir tenir en quelques mots. L'existence de synonymes, le caractère libre de la réponse imposent une correction manuelle aboutissant à une réponse de type binaire : la réponse est juste ou fausse, la décision étant prise par le correcteur.

Une épreuve est la juxtaposition de questions indépendantes les unes des autres et non répétitives. La correction d'une telle épreuve amène pour chaque question et chaque étudiant une information élémentaire binaire. Habituellement on considère qu'une épreuve est au plus composée de 100 questions aboutissant ainsi, par étudiant, à 200 informations binaires en cas de double correction. L'information élémentaire est simple, mais l'ensemble atteint rapidement une taille importante, qui tend à rendre pénible et à la limite impossible le traitement manuel. Il est nécessaire d'envisager un traitement informatique pour mémoriser et traiter cette masse d'informations.

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy en juin 1982.

## TRAITEMENT NÉCESSAIRE

En cas de double correction, la première étape consiste à rechercher les discordances entre les résultats (pour chaque question et chaque étudiant) obtenues indépendamment avec chacun des correcteurs. De cette comparaison jaillissent parfois des litiges dont la cause peut être une erreur de saisie, une appréciation subjective du correcteur différente sur une réponse ambiguë du candidat ou au contraire une question ambiguë avec jugement partial du correcteur. Le dénombrement total et par question avec édition des localisations de ces litiges est nécessaire afin de pouvoir retourner aux documents initiaux pour vérifier ces hypothèses et effectuer les corrections qui s'imposent.

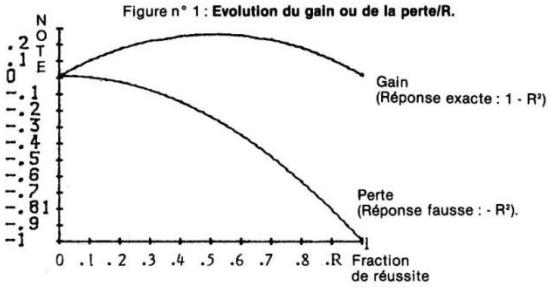
Dans la technique proposée par BARRES et RISSE, la seconde étape consiste à compter pour chaque étudiant le nombre de réponse justes. Ce nombre est appelé *Total Brut*. A partir de lui un premier classement est effectué, ce qui permet de sélectionner un sous-groupe des meilleurs, par exemple les 20 premiers pour une épreuve comportant 100 candidats.

La troisième étape consiste à calculer certaines valeurs caractéristiques de chacune des questions qui constituent l'épreuve. Ces valeurs seront utilisées afin d'apprécier la valeur de la question et seront à la base du calcul des scores pondérés. Pour chaque question on compte le nombre de réponses justes qui, divisé par le

nombre total de réponse, donne la *fraction de réussite* de la question considérée. Cette fraction de réussite est calculée dans deux groupes : les meilleurs et la totalité des étudiants. Le rapport de ces deux valeurs donne le *coefficient de confiance* de la question considérée. En effet pour qu'une question soit sélective de façon « correcte », il faut que sa *fraction de réussite* (notée R par la suite) dans la totalité des étudiants soit faible et que sa *fraction de réussite* dans le groupe des meilleurs soit importante, le *coefficient de confiance* sera alors élevé. On obtient ainsi des renseignements sur la qualité de chaque question, et donc de proche en proche pour l'épreuve.

La quatrième étape permet, compte-tenu de la qualité de l'épreuve, de calculer un score pour chaque question en fonction soit de la réussite soit de l'échec. Le calcul de ce score repose sur l'hypothèse que toutes les questions ont un même poids sémantique. BARRES et RISSE proposent d'utiliser $R \times (1 - R)$ en cas de réponse juste et $-R^2$ en cas de réponse fausse. La figure n° 1 donne une représentation du gain ou de la perte pour une question en fonction de la fraction de réussite. On y voit clairement que la pondération proposée sanctionne l'étudiant qui échoue là où la plupart on réussi. Pour un étudiant donné, le score total est la somme algébrique des scores obtenus à chaque question (il peut être négatif).

Figure n° 1 : **Evolution du gain ou de la perte/R.**




La dernière étape consiste à transformer les scores en notes de 0 à 20. BARRES et RISSE proposent une transformation linéaire de pente différente suivant que le score obtenu par un étudiant est inférieur ou supérieur à la moitié du score maximal. Les notes obtenues permettent un nouveau classement, et la méthode proposée minimise le nombre d'ex-acquo.

Une fois le traitement terminé, il faut éditer les résultats.

L'édition des résultats comporte deux parties :

— Edition des caractéristiques de l'épreuve : c'est l'édition des litiges (nombre et localisation) et des caractéristiques de l'épreuve (fractions de réussite, coefficient de confiance).

— Edition des résultats : elle peut être nominative, dans ce cas la correspondance nom/numéro d'anonymat ne doit pouvoir être établie qu'après traitement des données pour préserver l'anonymat. Elle est restreinte : numéro d'anonymat, nom, note, place (parfois total brut ou score), ou complète : numéro d'anonymat, nom, total brut, place, score, note, résultats de chaque question.

L'édition doit pouvoir se faire après différents tris : par numéro d'anonymat, place, ordre alphabétique des noms.

## PROBLÈMES POSÉS PAR L'INFORMATISATION DE CES OPÉRATIONS

Comme nous l'avons déjà souligné, dès que l'épreuve dépasse une dizaine de question et une dizaine d'étudiants, il est nécessaire d'envisager un traitement informatisé de ces différentes opérations.

Les problèmes se divisent en problèmes pratiques, logistiques et généraux.

Les problèmes pratiques sont liés aux différentes opérations décrites précedemment. Ce sont :

— La saisie des informations élémentaires : Afin de préserver l'anonymat elle doit s'effectuer avant tout lien avec la saisie nominative. Indépendamment de la correction qui est effectuée par le même correcteur pour tous les étudiants pour une question donnée, la saisie des informations peut s'effectuer de deux façons : soit pour une question donnée, saisie des résultats de tous les étudiants soit pour un étudiant donné, saisie des résultats de toutes les questions. La première façon correspondant au mode de correction est habituellement retenue.

La saisie peut s'effectuer à l'aide de divers périphériques : saisie conversationnelle à l'aide d'un clavier écran, saisie conversationnelle à l'aide d'un digitaliseur (table à digitaliser, écran tactile, crayon lumineux...), saisie différée par lecture de cartes perforées ou par lecture de marques. Une façon de préserver l'anonymat consiste à n'effectuer la saisie des noms qu'après le traitement des résultats. La saisie nominative peut s'effectuer soit par la lecture de cartes, soit à l'aide d'un clavier écran.

— Le stockage des informations : la nécessité de travailler dans les deux sens (par question et par étudiant) de façon successive nécessite le stockage de toutes les informations élémentaires. Il s'y ajoute souvent la liste nominative. De plus, pour des commodités évidentes, il est souhaitable, une fois le traitement terminé, de stocker les résultats. Le nombre total de caractères devient rapidement important. Pour une promotion de 400 étudiants et une épreuve de 100 questions le fichier comporte environ 100 000 caractères par correcteur. La nature du traitement rend préférable une organisation en accès direct afin de minimiser le nombre de balayages.

— Le traitement des informations élémentaires ne présente aucune difficulté.

— L'édition pour être directement utilisable doit se faire sur du papier non altérable par la chaleur ou la lumière avec possibilité de double.

Les problèmes logistiques découlent des problèmes pratiques et de la structure envisagée : centre docimologique local (faculté, école...) ou centralisé pour plusieurs utilisateurs. C'est à cela que seront liés le choix du matériel et les besoins en personnel.

— Le choix du matériel dépend certes de l'option centralisée ou non, mais aussi des modalités pratiques envisagées. La configuration minimale nécessite une unité centrale dont la mémoire vive peut ne pas être très importante (32-48 Ko), un dispositif de stockage permettant l'accès direct (disque ou disquette), une imprimante utilisant du papier ordinaire, un dispositif d'entrée des données spécialisées en cas de saisie en dehors du clavier et un clavier écran.

— Le personnel nécessaire dépend surtout du type de centre envisagé. En cas de centre localisé il peut s'agir de personnel non spécialisé dont il faudra cependant assurer une formation élémentaire.

Les problèmes généraux sont liés au côté docimologique :

— Sécurité des données : elle doit être particulièrement soignée. En effet le système de correction oblige au report des informations élémentaires sur un bordereau classique en cas de perforation ou sur une fiche de marque. Ce sont ces documents qui sont transmis au centre de traitement et il n'existe en général qu'un seul exemplaire dont la destruction oblige à la recorrection de la (ou des) question(s) pour tous les étudiants.

— Confidentialité des résultats : la diffusion des résultats ne doit se faire qu'après accord des différents responsables et les possibilités de fuites doivent être minimisées.

— Préservation de l'anonymat ce qui impose une disjonction entre les fichiers nominatifs et les résultats. Cette séparation peut être obtenue par une saisie des noms après traitement des informations.

— Enfin il ne faut pas oublier qu'il s'agit de fichiers nominatifs qui doivent être en règle avec la loi Informatique et Liberté.

## APPLICATION SUR UN MICRO-ORDINATEUR

Dans le cadre d'un centre de correction décentralisé, l'emploi d'un micro-ordinateur peut suffire pour la plupart des épreuves. En effet les promotions excèdent rarement 400 étudiants et les mémoires de masse des micro-ordinateurs permettent le stockage nécessaire. La saisie sur ce type de matériel peut se faire sous toutes les formes que nous avons décrites. La possibilité de connexion d'imprimantes utilisant du papier ordinaire permet une édition facile. La limite vient essentiellement du temps de traitement lié au microprocesseur (horloge, temps d'accès disque...) mais aussi au langage utilisé, en général le Basic. Cependant la disponibilité du système rend facilement supportable cet handicap. C'est pourquoi nous avons, dans le cadre d'une faculté, développé un logiciel dont les caractéristiques sont les suivantes :

— Saisie : elle peut s'effectuer de deux façons, soit conversationnelle à l'aide d'un clavier écran, soit de façon différée à l'aide d'un lecteur de marques. Une modification des données est possible à tout moment y compris la correction des informations déjà enregistrées. La saisie des informations élémentaires se fait par question avec entrée des résultats de tous les étudiants représentés par un numéro d'anonymat. La saisie nominative se fait au clavier et ne peut s'effectuer qu'après traitement des données.

— Traitement : En cas de double correction, le programme permet l'édition du nombre de litiges total, par question, ainsi que le repérage de ceux-ci. Le traitement des informations élémentaires est celui de BARRES et RISSE que nous avons rappelé avec édition des caractéristiques de chaque question (fractions de réussite, coefficient de confiance...) (cf figure n° 2).

```
ANNEE              1982
SESSION             FEV
FACULTE               B
TITRE              DEMO
NB ITEMS             12
NB ETUDIANTS         14
NB CORRECTEUR         2
NO COR. DIGOU         1
NOM COR.           DURAND

ITEM NO     1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11
SC. BRUT    8    9    0   14    5   10   10    7   10   10    9
F.REU. R 57.14 64.29    0  100 35.71 71.43 71.43   50 71.43 71.43 64.29
COEF.CON. 1.75 1.56    0    1  2.8  1.4  1.4    2  1.4  1.4 1.56


ITEM NO    12
SC. BRUT    7
F.REU. R   50
COEF.CON.   2
```

Figure n° 2

— L'édition des résultats est paramétrée pour trois types d'imprimantes, elle peut être effectuée avec ou sans tri de façon restreinte ou totale.

Nous disposons à Nancy de l'ensemble des programmes permettant toutes ces opérations.

Le matériel utilise est un micro-ordinateur du type Apple II plus, de 48-Ko, muni de deux unité de disquette, d'un lecteur de marque de type Longine Data 2000, et d'une imprimante (OKI - Centronics ou Epson).

Le personnel nécessaire à l'utilisation doit subir un apprentissage d'environ trois heures pour faire fonctionner l'ensemble du système. Au cours de cette formation, l'attention est particulièrement attirée sur les problèmes de sécurité des données. L'enregistrement des informations élémentaires d'une question pour 400 étudiants, en saisie entièrement conversationnelle demande environ 10 minutes.

## CONCLUSION

L'utilisation d'un micro-ordinateur permet dans la plupart des cas de résoudre les problèmes liés au traitement des données résultant d'une épreuve par Q.R.O.C. Cependant une telle application ne peut être envisagée que dans le cadre d'un centre de traitement docimologique local et ne doit pas faire négliger les problèmes fondamentaux notamment de sécurité des données.

Travail du Laboratoire d'Informatique Médicale
et de l'Unité INSERM U. 115
(Professeur J. MARTIN)

BIBLIOGRAPHIE

BARRES (G.) — Les questions à réponses ouvertes et courtes (Q.R.O.C.). Une troisième voie pour les examens écrits. *Rev. Fse d'Ed. Méd.*, 1978, **1**, 33-47.

BARRES (G.), RISSE (R.J.) — Utilisation des Q.R.O.C. dans les examens de médecine. *Rev. Fse d'Ed. Méd.*, 1981, **4**, 5-14.

BARRES (G.), RISSE (R.J.), WEIL (B.) — L'utilistion des Q.R.O.C. dans les examens écrits. *Rev. Fse d'Ed. Méd.*, 1978, **1**, 33-47.

CHABAL (J.) — Place et utilisation des questions à choix vrai-faux groupées. *Rev. Fse d'Ed. Méd.*, 1981, **4**, 9-22.

MEYER-BISCH (C.) — Docimologie et concours en première année de médecine. Application à l'épreuve d'anatomie dans l'UER A. Thèse Méd. Nancy, 1977.

Les résultats en PCEM1 à Nancy. Vue d'ensemble sur 10 ans

LEGRAS B, MARTIN J, CHAU N

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1984, 23, 425-428

No 96

# Les résultats en P.C.E.M. 1 à Nancy Vue d'ensemble sur 10 ans

par **B. LEGRAS, J. MARTIN, N. CHAU**

**RÉSUMÉ**

Les résultats des étudiants au concours de la première année de médecine sont informatisés depuis 1974, ce qui a permis leur analyse selon différents facteurs : âge, sexe, type de baccalauréat, redoublement ou non. L'étude a montré aussi une forte corrélation entre la quasi totalité des notes des étudiants.

**Mots-clés :**

Etudes médicales,
Docimologie,
Informatique.

**RESULTS IN P.C.E.M. 1 IN NANCY A TEN YEARS RETROSPECT**

***SUMMARY***

*Since 1974, the computerization of the results of the students at the competitive examination of the first year of the medical studies is of a great help to analyse them according to different factors : age, sexe, type of « baccalauréat » (in other words, the subjects chosen for their A - level), if they have repeated the year or not, and so on. Moreover the study shows a good correlation between the different notes.*

***Key-words :***

*Medical studies,*
*Analysis of test,*
*Data-processing.*

## INTRODUCTION

Depuis plus de dix ans, le laboratoire d'Informatique Médicale collabore avec le personnel administratif des facultés de Médecine pour exploiter sur ordinateur les résultats des étudiants aux examens des différents cycles et tout spécialement au concours de P.C.E.M 1. Nous présentons dans cet article un certain nombre de données statistiques relatives à P.C.E.M. 1 qui permettent d'apprécier l'évolution dans le recrutement et les résultats du concours pour les facultés A et B de 1974 à 1982.

## COMPOSITION DES PROMOTIONS (Tableaux I et II)

On note les points suivants :

- diminution du nombre d'inscrits depuis 1976, année du maximum,
- pourcentage important de redoublants qui a frolé les 50 % en 1978 dans la Faculté A,
- variations notables du pourcentage d'étudiants recalés qui redoublent (51 % à 71 %),
- augmentation régulière jusqu'en 1979 du pourcentage d'étudiants ayant un baccalauréat C, puis nette diminution en 1982,
- différence parfois marquée de composition entre les facultés A et B. C'est ainsi qu'on trouvait dans l'unité B plus de filles et plus de sujets jeunes jusqu'en 1978 et qu'il y a plus de possesseurs de baccalauréat C, chaque année, de 1974 à la fin de l'enquête,

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy en juin 1982.

## RÉSULTATS AU CONCOURS

### Résultats globaux et influence du redoublement (Tableau III et IV)

Depuis 1976, il y a plus de 50 % de redoublants parmi les reçus (maximum = 75 % en 1978 dans l'unité A) et le pourcentage de réussite est nettement supérieur dans leur population (environ 2 fois plus que chez les non redoublants).

### Influence du sexe et du type de baccalauréat

*Pourcentage de reçus suivant le sexe* (Tableau V)

On note que les résultats des filles se rapprochent de ceux des garçons et les dépassent pour la première fois en 1980 dans l'unité B.

*Pourcentage de reçus suivant le type du baccalauréat* (Tableau VI)

Les résultats ne figurent que pour les baccalauréats C et D (plus de 80 % des étudiants). Les étudiants venant de C ont des résultats nettement supérieurs aux autres. Nous avons constaté qu'ils étaient aussi en moyenne plus jeunes que les autres, ce qui laisse penser que leurs études secondaires étaient dans l'ensemble plus brillan-

tes. Nous avons montré également que dans l'ensemble ils réussissaient mieux que les autres, quelque soient les matières. On ne peut donc pas expliquer les résultats par un éventuel avantage dans les disciplines dites scientifiques.

**Influence des matières**

L'influence des matières a été étudiée sur les données de l'année 1978-79. Nous avons voulu connaître quelle pertubation dans le classement entraînait la suppression de chacune des matières du concours, ou plus précisément le nombre et les caractéristiques des sujets « translatés », c'est-à-dire reçus qui auraient été recalés ou inversement. Ces résultats sont très proches pour les unités A et B et nous présentons seulement ceux de la faculté A (577 étudiants inscrits - 194 reçus au concours - Tableau VII). Quelle que soit la matière, le nombre d'étudiants « translatés » est compris entre 5 et 9, c'est-à-dire inférieur à 1,5 %. En poussant le raisonnement jusqu'au bout, si l'on avait supprimé toutes les matières dites scientifiques (statistique, biophysique, chimie générale et biochimie), le décalage atteindrait 2,9 % (17 étudiants) et pour les autres matières, plus mémorielles, 4,1 % (24 étudiants).

A Nancy où les matières de P.C.E.M. 1 sont toutes médicalisées dès l'origine (ce n'est pas toujours le cas ailleurs et il serait utile de savoir si ces résultats sont généralisables), on ne peut donc pas accuser certaines matières d'exercer un pouvoir particulier dans la sélection.

**Influence de la note globale obtenue chez les redoublants sur les résultats**

L'étude a porté sur les résultats des années 1975 à 1979 et a montré que les redoublants ayant eu une note totale inférieure à 6 sur 20 avaient un pourcentage de réussite l'année d'après inférieur à 10 % et le plus souvent à 5 %. Par contre ceux ayant une note moyenne supérieure à 8 sur 20 (la note seuil pour l'entrée sur la liste des reçus a varié suivant les années et l'unité d'enseignement (A ou B), de 10,4 à 12,4 pendant la période considérée), le pourcentage de réussite dépassait 80 % ; il était en général supérieur à 90 % pour les notes supérieures à 10 sur 20.

**Corrélation entre les diverses matières**

A titre d'exemple nous donnerons les résultats de l'année 1982-1983 dans la Faculté B (ils sont voisins en A et les autres années) (Tableau VIII). On constate une forte corrélation entre les notes des diverses matières puisque les coefficients de corrélation partiels 2 à 2 sont supérieurs à 0,5 sauf pour une matière qui se comporte différemment des autres. Cela renforce les conclusions précédentes.

Une analyse multifactorielle en composantes principales sépare en général les matières dites « scientifiques » (chimie, biochimie, physique, statistique), et les autres (biologie, histologie, anatomie) avec la physiologie en position intermédiaire.

## CONCLUSION

Ce qui caractérise le plus ces résultats tout au long des 9 ans de cette période d'étude, c'est leur excellente homogénéité et leur cohérence.

Retenons surtout que les étudiants reçus sont, dans leur ensemble, bons dans toutes les matières et que le rôle attribué parfois aux « mathématiques » sur les résultats du concours de fin de P.C.E.M. 1 en Médecine, est, au moins à Nancy, une accusation fausse, dont nous ne rechercherons pas ici les motifs possibles.

Travail du Laboratoire d'Informatique
Médicale et de l'Unité INSERM U 115

BIBLIOGRAPHIE

JOUFFROY (C.), MUR (J.M.), BENAMGHAR (L.), MARTIN (J.) — Déroulement des études médicales du lycée à la thèse. *Cah. Soc. Dem. Med.*, 1977, **1**, 3-10.

MARTIN (J.) — Facteur de réussite à l'examen de première année d'études médicales. *Conc. Med.*, 1974, **94**, 5917-18.

MEYER-BISCH (C.) — Docimologie et concours en première année de médecine à Nancy. Application à l'épreuve d'anatomie dans l'UER A. Thèse Med. Nancy, 1977.

MUR (J.M.), MARTIN (J.) — Rôle des études secondaires en première année de médecine. *Revue du Praticien*, 1972, **22**, 1-2.

MUR (J.M.), MARTIN (J.) — Facteurs de réussite à l'examen de P.C.E.M. 1. *Bulletin Pédagogie Médicale*, 1973, **3**, 74-75.

MUR (J.M.) — Analyse docimologique des résultats du concours de P.C.E.M. 1 ; Facteurs de discipline et disciplines d'échec. Mémoire de DERBH - Nancy, 1978.

TABLEAU I

| FACULTÉ A — Années | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre d'étudiants inscrits | 612 | 720 | 728 | 666 | 586 | 540 | 483 | 477 | 522 |
| Pourcentage de redoublants | 31 | 30 | 41 | 40 | 47 | 39 | 42 | 36 | 35 |
| Pourcentage de réinscrits parmi les recalés de l'année précédente | / | 54 | 70 | 51 | 61 | 54 | 59 | 57 | 60 |
| Pourcentage de BAC C | 23 | 26 | 30 | 32 | 31 | 31 | 35 | 32 | 27 |
| Pourcentage de BAC D | 64 | 60 | 57 | 55 | 61 | 58 | 54 | 54 | 57 |
| Pourcentage de moins de 20 ans | 37 | 38 | 36 | 39 | 33 | 38 | 40 | 41 | 38 |
| de plus de 20 ans (20 ans ou plus) | 63 | 61 | 64 | 61 | 67 | 62 | 60 | 59 | 62 |
| Pourcentage de garçons | 63 | 63 | 63 | 66 | 62 | 54 | 54 | 54 | 51 |
| de filles | 37 | 37 | 37 | 34 | 38 | 46 | 46 | 46 | 49 |

TABLEAU II

| FACULTÉ B — Années | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre d'étudiants inscrits | 600 | 716 | 725 | 673 | 587 | 546 | 481 | 479 | 515 |
| Pourcentage de redoublants | 36 | 31 | 39 | 45 | 43 | 43 | 43 | 34 | 34 |
| Pourcentage de réinscrits parmi les recalés de l'année précédente | / | 59 | 68 | 62 | 55 | 61 | 58 | 56 | 58 |
| Pourcentage de BAC C | 26 | 30 | 34 | 35 | 39 | 43 | 37 | 41 | 31 |
| Pourcentage de BAC D | 58 | 58 | 57 | 56 | 51 | 47 | 50 | 48 | 50 |
| Pourcentage de moins de 20 ans | 38 | 39 | 39 | 39 | 41 | 38 | 38 | 44 | 40 |
| de plus de 20 ans (20 ans ou plus) | 62 | 60 | 61 | 61 | 59 | 62 | 62 | 56 | 60 |
| Pourcentage de garçons | 56 | 56 | 54 | 57 | 57 | 54 | 56 | 56 | 60 |
| de filles | 44 | 44 | 46 | 43 | 43 | 46 | 44 | 44 | 52 |

TABLEAU III

| FACULTÉ A — Années | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reçus : — Nombre | 244 | 245 | 210 | 192 | 194 | 181 | 165 | 166 | 152 |
| — Pourcentage | 40 | 34 | 29 | 29 | 33 | 33 | 34 | 35 | 29 |
| Pourcentage de reçus chez : — les non redoublants | 35 | 29 | 22 | 518 | 20 | 20 | 29 | 25 | 20 |
| — les redoublants | 46 | 56 | 43 | 54 | 54 | 62 | 49 | 69 | 54 |
| Pourcentage de redoublants chez les reçus | 38 | 45 | 58 | 66 | 75 | 64 | 55 | 61 | 59 |

TABLEAU IV

| FACULTÉ B — Années | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reçus : — Nombre | 244 | 245 | 210 | 192 | 194 | 181 | 166 | 163 | 153 |
| — Pourcentage | 41 | 34 | 29 | 28 | 33 | 33 | 34 | 34 | 30 |
| Pourcentage de reçus chez : — les non redoublants | 34 | 29 | 24 | 18 | 21 | 24 | 26 | 30 | 22 |
| — les redoublants | 54 | 62 | 46 | 49 | 55 | 48 | 56 | 58 | 49 |
| Pourcentage de redoublants chez les reçus | 47 | 49 | 55 | 69 | 66 | 57 | 63 | 61 | 54 |

TABLEAU V

| FACULTÉ A — Années | 74 | 74 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pourcentage de reçus chez : — les garçons | 40 | 38 | 33 | 35 | 40 | 38 | 38 | 40 | 34 |
| — les filles | 38 | 37 | 25 | 29 | 28 | 34 | 37 | 42 | 29 |
| FACULTÉ B | | | | | | | | | |
| Pourcentage de reçus chez : — les garçons | 46 | 40 | 33 | 34 | 39 | 37 | 37 | 42 | 31 |
| — les filles | 36 | 39 | 32 | 29 | 32 | 32 | 41 | 37 | 31 |

TABLEAU VI

| Années | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FACULTÉ A | | | | | | | | | |
| Pourcentage de reçus chez : — les BAC C | 62 | 55 | 41 | 48 | 47 | 54 | 54 | 57 | 56 |
| — les BAC D | 37 | 34 | 27 | 27 | 31 | 30 | 31 | 39 | 25 |
| FACULTÉ B | | | | | | | | | |
| Pourcentage de reçus chez : — les BAC C | 67 | 55 | 52 | 46 | 52 | 50 | 54 | 56 | 49 |
| — les BAC D | 35 | 34 | 25 | 26 | 28 | 24 | 33 | 32 | 25 |

TABLEAU VII

| Matière supprimée | Nombre étudiants « translatés » | Reçus *BAC* | | | Recalés *Differ. places* | | Recalés *BAC* | | | Reçus *Differ. places* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | D | Autre | max. | moy. | C | D | Autre | max. | moy. |
| Biophysique | 5 | 2 | 2 | 1 | 28 | 17 | 2 | 3 | 0 | 25 | 19 |
| Biologie | 6 | 1 | 5 | 0 | 26 | 16 | 2 | 4 | 0 | 28 | 33 |
| Anatomie (2e sem.) | 6 | 1 | 4 | 1 | 27 | 19 | 3 | 2 | 0 | 43 | 27 |
| Anatomie (1er sem.) | 7 | 3 | 3 | 1 | 21 | 11 | 2 | 5 | 0 | 29 | 16 |
| Chimie générale | 7 | 1 | 5 | 1 | 36 | 24 | 2 | 5 | 0 | 50 | 19 |
| Statistique - Phys. | 9 | 5 | 4 | 0 | 45 | 27 | 3 | 6 | 0 | 50 | 21 |
| Histologie | 9 | 2 | 4 | 3 | 30 | 20 | 4 | 5 | 0 | 47 | 18 |
| Biochimie | 9 | 3 | 3 | 3 | 37 | 24 | 5 | 3 | 1 | 52 | 28 |
| Groupe I | 17 | 7 | 10 | 0 | 134 | 53 | 5 | 12 | 0 | 122 | 51 |
| Groupe II | 24 | 4 | 16 | 4 | 138 | 71 | 10 | 12 | 2 | 165 | 67 |

Groupe I = Statistique + Chimie générale + Biophysique + Biochimie
Groupe II = Biologie + Anatomie + Physiologie + Histologie

TABLEAU VIII

| | Stat Math 1 | Biologie 2 | Chimie 3 | Anatomie 1er sem. 4 | Histologie 5 | Biophysique 6 | Anatomie 2e sem. 7 | Biochimie 8 | Physiologie 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,72 | | | | | | | | |
| 3 | 0,76 | 0,72 | | | | | | | |
| 4 | 0,72 | 0,81 | 0,73 | | | | | | |
| 5 | 0,71 | 0,81 | 0,68 | 0,78 | | | | | |
| 6 | 0,73 | 0,66 | 0,68 | 0,67 | 0,72 | | | | |
| 7 | 0,68 | 0,74 | 0,66 | 0,79 | 0,83 | 0,71 | | | |
| 8 | 0,40 | 0,46 | 0,45 | 0,42 | 0,54 | 0,41 | 0,51 | | |
| 9 | 0,67 | 0,75 | 0,70 | 0,71 | 0,78 | 0,73 | 0,76 | 0,47 | |
| Global | 0,85 | 0,87 | 0,86 | 0,88 | 0,91 | 0,85 | 0,89 | 0,54 | 0,88 |

Traitement des données de l'internat B'inter-région Nord-Est

KOHLER F, PATRIS A, CHAU N, LEGRAS B, MARTIN J, MARIEZ

Revue d'Education Médicale, 1985, 8, 2, 44-46

No 116

# TRAITEMENT DES DONNÉES DE L'INTERNAT B' INTER-RÉGION NORD-EST

KOHLER F., PATRIS A., CHAU, LEGRAS B., MARTIN J., MARIEZ

*Le suivi informatique d'un concours régional de l'internat met en évidence de nombreuses difficultés. Comme le rappelle le rapport du jury de Paris (5), le concours de l'internat B' est constitué des épreuves suivantes :*
*— QCM Cahier 1 - 45 questions. Noté de 0 à 45*
*Cahier 2 - 45 questions. Noté de 0 à 45*
*— QROC Cahier 1 - 45 questions. Noté de 0 à 45*
*Cahier 2 - 45 questions. Noté de 0 à 45*
*— Questions rédactionnelles - 9 questions notées de 0 à 20*

*Dans la réunion préalable au déroulement du concours, le jury décide de faire ou de ne pas faire de pondération, dans ce cas ceci amène chacune des questions à valoir le même poids. Une double correction est effectuée pour les épreuves par QROC et pour les questions rédactionnelles.*

*Les textes officiels, bien que prévoyant la possibilité d'utiliser des moyens automatiques, exigent une double saisie des informations. (6)*

*Un micro-ordinateur a été utilisé pour traiter les résultats du concours de la région Nord-Est. Ceci a nécessité le couplage des moyens informatiques traditionnels et des moyens bureautiques, en particulier le traitement de texte et un progiciel de gestion de base de données. Cette association a permis d'effectuer ce traitement dans le très court délai imparti. C'est cette expérience qui est rapportée ci-dessous.*

**OBJECTIFS : DOCUMENTS A FOURNIR DANS LES DÉLAIS IMPARTIS PAR LES DIRECTIVES ADMINISTRATIVES POUR PERMETTRE LE DÉROULEMENT DES ÉPREUVES D'ADMISSION.**

*ÉLÉMENTS RELATIFS AU CONCOURS :*

Il s'agit de listes des résultats sous différentes formes :
Liste globale de tous les candidats classés par total général comportant outre les notes obtenues, les totaux partiels, le total général, la liste des CHR pour lesquels le candidat a fait acte de candidature et ceux pour lesquels il est admissible. Ce qui nécessite la constitution d'un fichier global.
Liste globale comportant les mêmes éléments mais classée par numéro d'anonymat.
Liste par CHR comportant les mêmes éléments, classée par total général, constituée uniquement des candidats ayant fait acte de candidature pour ce CHR. Ceci nécessite une ventilation par CHR.

*ÉLÉMENTS RELATIFS A CHAQUE ÉPREUVE :*

Pour chaque épreuve de QCM ou de QROC, sont fournis :
Les matrices des résultats bruts définitifs de chaque épreuve et de chaque correcteur.
La liste des litiges de correction.

*ÉLÉMENTS DOCIMOLOGIQUES :*

Pour chacune des épreuves de QCM de QROC et chaque question rédactionnelle, les résultats : totaux partiels et général différents paramètres statistiques sont calculés : moyenne, variance... Réalisation d'histogrammes.
Pour les épreuves de QCM : édition des fractions de réussite et des pourcentages de réponses par assertions.
Pour les épreuves de QROC : édition des fractions de réussite et du nombre de litiges de correction.

*ÉLÉMENTS BUREAUTIQUES :*

Edition des lettres pour les candidats non admissibles. Chaque lettre comporte, outre le numéro d'anonymat permettant aux services administratifs de la compléter par le nom et l'adresse du candidat, les différentes notes qu'il a obtenues, les totaux partiels et le total général. La lettre envoyée aux admissibles ne contenant aucune note, est émise directement par l'administration.

**MATÉRIEL ET MÉTHODES :**

*A) RECUEIL ET SAISIE DES INFORMATIONS :*

**1) Epreuves de QCM cahiers 1 et 2 :**

L'utilisation de fiches de marques remplies par le candidat a permis d'automatiser la correction et le traitement des deux épreuves. Une fiche de marques correspond à un candidat et comporte la totalité des réponses à un cahier. Chaque fiche (cf annexe) comporte une entête, une zone de réponse et un pied.
L'entête comporte cinq lignes. La première ligne a servi à noter les CHR auxquels s'est présenté un candidat (1 = Besançon, 2 = Dijon, 3 = Nancy, 4 = Reims, 5 = Strasbourg), les trois suivantes à reporter le numéro d'anonymat (centaine, dizaine, unité) qui est également perforé tout en haut de l'entête, la dernière comporte le numéro du cahier de QCM.
La zone de réponse comporte quatre blocs de dix lignes et un de cinq. Chaque ligne comporte cinq pavés correspondant aux cinq réponses possibles.
Le pied est constitué d'un cadre rempli en clair par le candidat permettant son identification et une zone d'anonymat.
Lors de l'épreuve, le candidat remplit en clair le pied de la fiche et porte ses réponses dans les zones correspondantes.
Après l'épreuve, les responsables administratifs perforent deux fois le numéro d'anonymat, une fois sur l'entête et une fois au niveau du pied. Ils reportent en « marques » ce numéro ainsi que les informations relatives aux candidatures puis le pied est massicoté et seule la partie anonyme comportant entête et zone de réponses est transmise au laboratoire d'informatique médicale.

**2) Epreuves par QROC cahiers 1 et 2 :**

L'utilisation de fiches de marques a permis une saisie automatique des résultats par bloc de cent candidats pour une question donnée (cf annexe). Chaque fiche comporte une entête et une zone de correction. L'entête est composée d'un cadre à remplir en clair permettant d'identifier correcteur, question et premier numéro d'anonymat figurant sur la carte et d'une partie en « marque » où sont reportées les mêmes informations.

La zone de correction comporte dix blocs de dix lignes. Chaque ligne correspond à un numéro d'anonymat et est composée de trois pavés servant à reporter l'appréciation du correcteur vis-à-vis de la réponse du candidat : non = réponse fausse, oui = réponse juste, inv = réponse à inverser.

Dans notre cas, nous avions huit fiches de marques par question et par correcteur soit 720 fiches par épreuve.

**3) Epreuve de questions rédactionnelles :**

La saisie des notes a été effectuée de façon conversationnelle sur un micro-ordinateur.

*B) MATÉRIEL ET LOGICIEL :*

**1) Matériel :**

— Lecteur de fiche de marque : Longine Data 2000 mode ligne, sortie asynchrone RS232C.
— Micro-ordinateur Victor S1 travaillant sous MSDOS.
— Imprimante Dataproduct 300 lignes/minute et C1300 300 lignes/minute qualité « courrier ».

**2) Logiciel :**

Les programmes utilisés sont de différents types. Des programmes écrits en Basic ont permis le traitement des épreuves de QCM et de QROC ainsi que la constitution de fichiers de jonction exploités par des programmes écrits en macro-langage Dbase II. C'est sous Dbase II que le fichier global a été constitué, éclaté par CHR pour réaliser l'admissibilité, refusionné pour l'édition des résultats du concours et transformé en un sous fichier compatible avec le traitement de texte Wordstar. Ce dernier a été utilisé pour réaliser les lettres adressées aux candidats non admissibles à l'un ou l'autre des CHR de l'inter-région.

**CONDUITE DU TRAITEMENT :**

Le traitement d'une épreuve de QCM suit l'organigramme de la figure 1. Il est à noter que la correction est automatique et se fait directement par comparaison des données issues de la fiche de marques d'un candidat à celle de la fiche de marques comportant les bonnes réponses. Cette fiche nous a été fournie par les responsables administratifs.

Les litiges de traitement ont été fort peu nombreux : sur 43920 informations élémentaires nous avons eu 10 litiges de lecture sur le cahier 1 et 24 sur le cahier 2. Tous ont été recherchés, leur cause était toujours une souillure de la fiche de marque : gommage, trace de doigts, bavure d'encre... Les corrections qui s'imposaient ont été réalisées grâce à un programme conversationnel d'édition modification.

Le traitement d'une épreuve par QROC est schématisé sur la figure 2. Les litiges de traitement ont été fort peu nombreux (1 entre les deux saisies en moyenne) et comme précédemment lié à des souillures de la carte. Les litiges de corrections ont été tranchés par les correcteurs et le fichier définitif a été obtenu par modification d'un des fichiers bruts grâce au programme d'édition-modification.

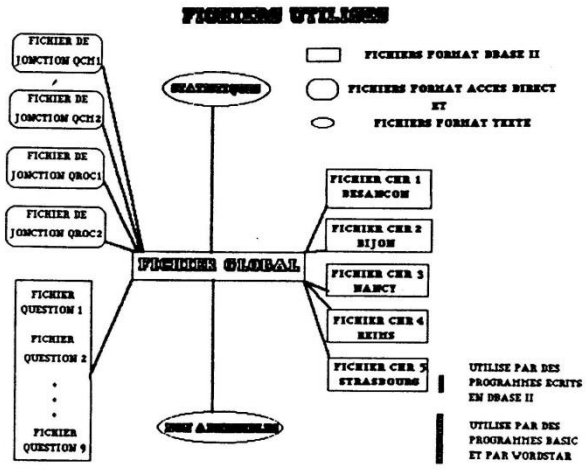
Chaque question rédactionnelle a fait l'objet d'une double correction, seule la note finale nous a été communiquée. Celle-ci a été saisie de façon conversationnelle avec confection d'un fichier par question.

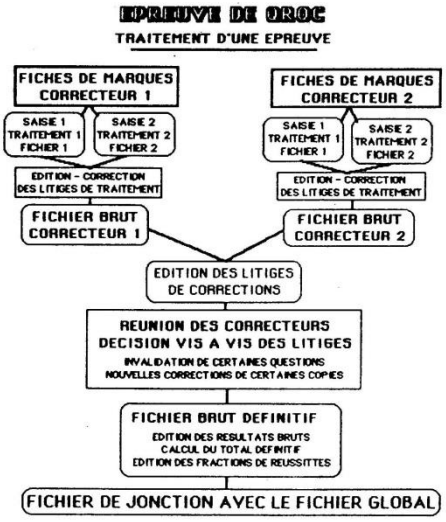
Le détail des fichiers est donné par la figure 3. La réunion des différents fichiers de jonction a permis la constitution du fichier global dont la constitution est donnée par la figure 4. Sur ce fichier nous avons calculé les totaux intermédiaires : somme des notes obtenues aux épreuves de QCM et QROC d'une part et somme des notes obtenues aux questions rédactionnelles d'autre part ainsi que le total général.

Le fichier global est ensuite éclaté en cinq fichiers de même structure que le fichier global, correspondant aux cinq CHR. Chacun de ces fichiers ne comporte que les candidats ayant fait acte de candidature pour le CHR concerné. Un même candidat peut ainsi se retrouver au niveau de plusieurs fichiers de CHR s'il a postulé à plusieurs CHR de l'interrégion.

Ces cinq fichiers sont ensuite classés par ordre descendant de total général et l'admissibilité est fixée au niveau décidé par le jury, au plus trois cents pour cent du nombre de postes disponibles avec mise à jour du drapeau correspondant d'une part dans le fichier spécifique du CHR et d'autre part dans le fichier global avec fusion sur le numéro d'anonymat.

Du fichier global mis à jour au niveau des drapeaux d'admissibilité sont extraits d'une part un fichier destiné aux statistiques docimologiques générales et d'autre part un sous fichier correspondant aux candidats non admissibles à l'un ou l'autre des cinq CHR. Ce sous fichier ne comporte plus que les numéros d'anonymat, notes obtenues et totaux et est rendu compatible avec l'option Mailmerge de Wordstar. C'est ce dernier qui est utilisé pour confectionner la lettre matrice qui est éditée. Ce sont des lettres anonymes mais comportant le numéro d'anonymat des candidats non admissibles qui sont transmises à l'administration.



*De nombreuses publications traitent du problème du traitement des épreuves par QROC et QCM, fort peu intègrent le traitement global d'un concours avec ses différents aspects. L'utilisation de moyens informatiques traditionnels judicieusement complétés par les gestionnaires de bases de données disponibles sur micro-ordinateur et les outils bureautiques ont permis de réaliser ce traitement dans sa globalité. Un perfectionnement non négligeable consisterait à pouvoir disposer de moyens de communication avec les outils de traitement de texte dont disposent les DRASS (TTX80 pour Nancy - les possibilités de communications sur ce matériel dédié au traitement de texte sont optionnelles) ce qui permettrait tout en ne manipulant que des données anonymes de transmettre aux organismes administratifs des données numériques directement utilisables pour l'expédition des avis d'admissibilité. A noter que ce handicap est facilement surmonté pour les avis de non admissibilité.*

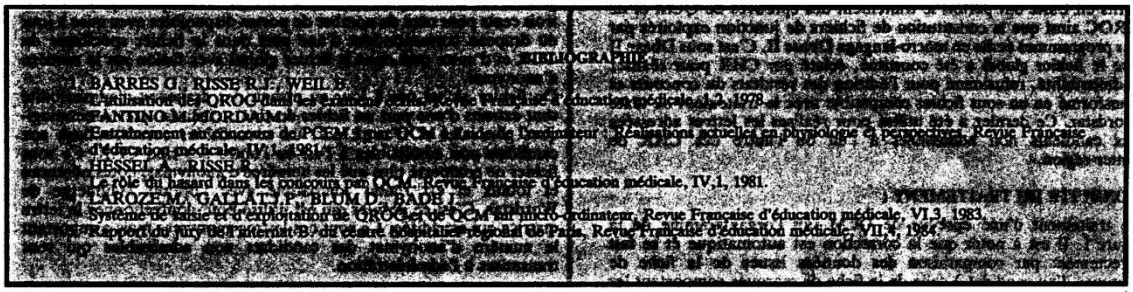
*Pour les épreuves de QCM, l'utilisation de fiches de marques n'a pas posé de difficulté particulière mais a peut-être perturbé les candidats non habitués à ce type d'épreuve. Seules des souillures ont entraîné quelques difficultés, aussi pourrait-on indiquer au candidat de ne pas utiliser de crayon de papier, ce qui supprime le risque de gommage, ni de stylo à encre évitant empreintes digitales et bavures malencontreuses. A noter que le lecteur Longine accepte la plupart des encres et que les corrections sur une fiche peuvent être effectuées grâce au Blanc peinture de correction machine.*

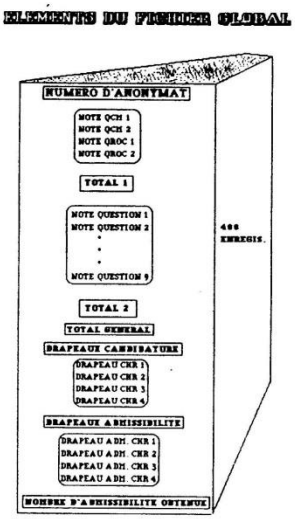
*Pour les épreuves par QROC, l'utilisation de fiches de marques a entraîné de nombreuses vérifications extrêmement longues et fastidieuses du fait soit d'erreur de codage de l'entête par le correcteur soit d'oubli de report de correction. A noter que l'utilisation de numéro d'anonymat non séquentiel a grandement facilité ces vérifications tout ne compliquant que de façon modérée les programmes.*

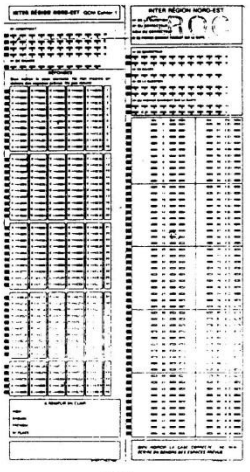
*Aucune difficulté n'est apparue dans le traitement des notes des questions rédactionnelles.*

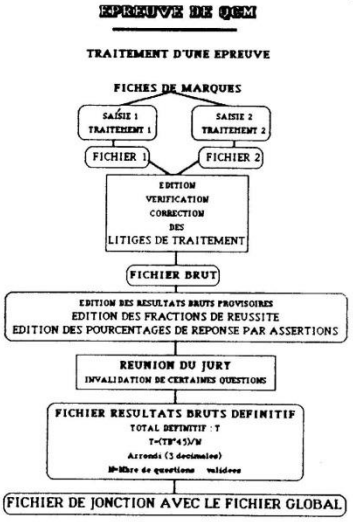
*L'admissibilité, telle qu'elle est définie dans les textes a permis d'obtenir un certain nombre de candidats admissibles au moins à l'un ou l'autre des CHR de l'interrégion. Certains candidats ne sont pas admissibles dans les CHR où ils sont inscrits alors que leurs notes leur permettent d'être admissibles dans un autre CHR. Ceci est dû au jeu des candidatures dans un concours régional avec admissibilité locale.*

*Enfin les délais imposés sont beaucoup trop courts pour permettre un traitement dans des conditions normales de travail.*





# Un logiciel sur microordinateur de gestion d'analyses non médicales d'un service d'hygiène hospitalière

LEGRAS B, HARTEMANN P

Médecine et Maladies Infectieuses, 1987, 10, 584-586

No 138

*Médecine et Maladies Infectieuses* — 1987 — *10* — 584 à 586

# UN LOGICIEL SUR MICROORDINATEUR DE GESTION D'ANALYSES NON MEDICALES D'UN SERVICE D'HYGIENE HOSPITALIERE*

par B. LEGRAS** et P. HARTEMANN***

**RESUME** Les auteurs présentent un logiciel qui fonctionne sur microordinateur et exploite les analyses non médicales (eaux et aliments) effectuées dans un laboratoire d'hygiène hospitalière. Les fonctions du système sont orientées vers la bureautique (éditions, archivage des résultats, listes récapitulatives . . .). Le logiciel écrit en langage Dbase est facilement transportable. Il fonctionne en routine depuis février 1986 et permet une gestion plus efficace et plus rapide.

**Mots-clés :** Microordinateur – Informatique – Hygiène – Gestion – Eau – Aliments.

Les services d'hygiène réalisent de nombreux examens bactériologiques sur des échantillons divers, notamment d'eaux et d'aliments. Contrairement aux laboratoires de bactériologie médicale où l'informatisation est maintenant fort avancée, ils utilisent peu l'informatique. Et pourtant l'ordinateur permet de réduire considérablement le travail de bureautique associé : édition des réponses, stockage des résultats, exploitation statistique. La présente note technique a pour objet de présenter un logiciel mis au point sur microordinateur pour une utilisation spécifique relative aux analyses non médicales.

## MATERIEL ET LOGICIEL

Le système informatique utilisé dans le Service d'Hygiène du CHRU de Nancy comprend un micro ordinateur APPLE 2e muni de 2 lecteurs de disquettes 5"1/4 et d'une imprimante matricielle. Une carte complémentaire est nécessaire pour utiliser le système d'exploitation CP/M. Le prix total de l'ensemble est d'environ 20 000 F.

Le logiciel est écrit en langage Dbase 2 qui est un progiciel répandu de gestion de bases de données et qui permet de constituer des programmes spécifiques. Les programmes sont stockés sur 2 disquettes différentes.

## DESCRIPTION DU PROGRAMME

A la mise en route apparait un menu principal qui appelle des menus secondaires d'utilisation très simple et conversationnelle.

### Entrée des données et modifications

Les variables sélectionnées et leurs caractéristiques sont indiquées sur la figure 1. Il faut souligner que des codes numériques sont utilisés pour le type de prélèvement (fig. 2) l'origine, le service hospitalier. Pour économiser de la place, toutes les numérations sont codées par 2 chiffres (le premier correspond au chiffre le plus élevé du nombre, le second à sa puissance de 10 lorsque la valeur dépasse 9. – exemple : on codera 5 par 5, 23 par 21, 310 par 32, 5730 par 53, etc . . .). Pour les échantillons d'eau, la conclusion est déduite de façon automatique à partir des résultats fournis et mise en mémoire (fig. 3). Les corrections sont réalisées très aisément après appel du numéro de l'enregistrement.

*Reçu le 9.6.1986. Acceptation définitive le 7.8.1987.

**Service d'Informatique médicale, Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Nancy, Hôpitaux de Brabois, F-54511 Vandoeuvre cédex

***Service d'Hygiène hospitalière, Hôpitaux de Brabois, Nancy.

| Champs | Intitulé | Longueur | Caractéristique |
|---|---|---|---|
| 1 | Type de prélèvement | 2 | code |
| 2 | Hopital | 2 | code |
| 3 | Service | 2 | code |
| 4 | Secteur | 10 | en clair |
| 5 | Numéro du demandeur | 5 | |
| 6 | Date de prélèvement | 6 | JJ MM AA |
| 7 | Heure de prélèvement | 2 | |
| 8 | Heure d'arrivée | 2 | |
| 9 | Technicien | 1 | code |
| 10 | Aliment | 10 | en clair |
| 11 | Numér. des germes à 22°C | 2 | code |
| 12 | Numér. des germes à 30°C | 2 | code |
| 13 | Numér. des germes à 37°C | 2 | code |
| 14 | Numér. des coliformes totaux | 2 | code |
| 15 | Numér. des coliformes fécaux | 2 | code |
| 16 | Numér. des staphylocoques présumés pathogènes | 2 | code |
| 17 | Numér. des streptocoques fécaux | 2 | code |
| 18 | Numér. des clostridium sulfitoréducteurs | 2 | code |
| 19 | Numér. des salmonelles | 2 | code |
| 20 | Numér. des yersinia | 2 | code |
| 21 | Si autre germe : type | 2 | code |
| 22 | Numér. de ce germe | 2 | code |
| 23 | Conclusion | 2 | code |
| 24 | Edition condensée | 1 | oui = 1, non = 0 |
| | TOTAL | 75 | |

**FIGURE 1**
**Structure d'un enregistrement**

| CODE | PRELEVEMENT |
|---|---|
| 1 | Plat chaud |
| 2 | Crudités |
| 3 | Desserts |
| 4 | Cuisine diététique |
| 5 | Aliment spécial |
| 6 | Eau d'alimentation |
| 7 | Eau réfrigérée |
| 8 | Eau exempte de microorganismes |
| 9 | Eau exempte de microorganismes opportunistes |
| 10 | Eau de boisson |
| 11 | Eau de dialyse |

**FIGURE 2**
**Code des prélèvements**

## Edition

Pour les comptes-rendus, deux possibilités sont apportées à l'utilisateur : édition individuelle des enregistrements (fig. 4) ou groupée. Bien entendu toutes les informations codées sont traduites en clair. On peut aussi imprimer des listes récapitulatives.

## Statistiques

Les commandes directes de Dbase2 permettent des sélections logiques complexes à l'aide des opérateurs logiques ET, OU et de dénombrer aisément les enregistrements correspondants.

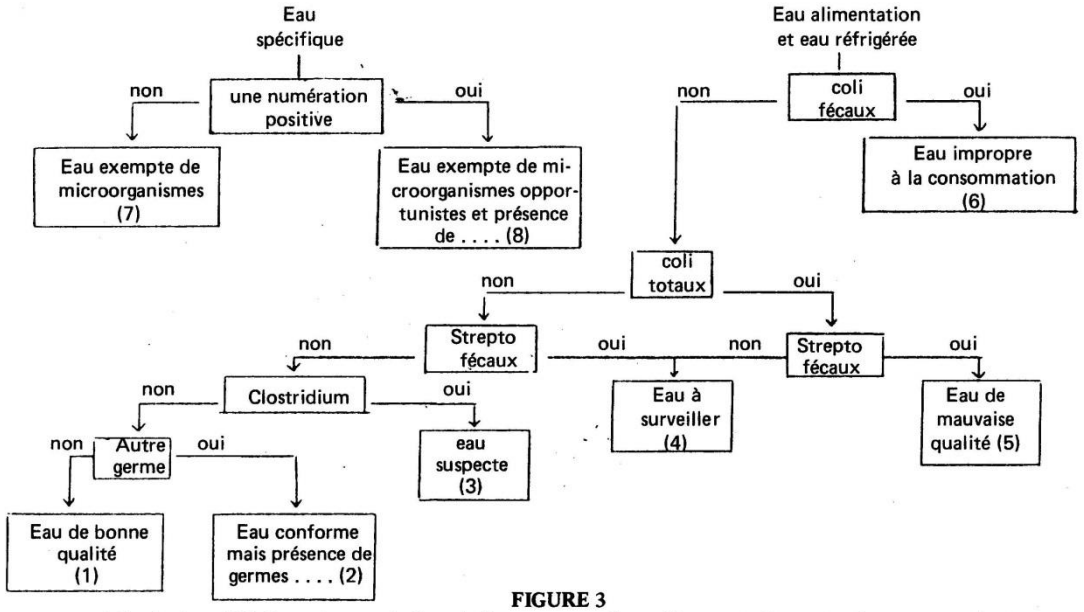



**FIGURE 3**
**Arbre logique définissant les conclusions de l'examen pour les prélèvements d'eau et codes correspondants**

LABORATOIRE D'HYGIENE HOSPITALIERE
C.H.R. DE NANCY

| | | | |
|---|---|---|---|
| No. de dossier | 1102 | No.d'enregist. | 10 |
| Date prélèvement | 25/02/86 | Heure prélèvement | |
| | | Heure arrivée | |
| Prélèvement | EAU DE BOISSON | | |
| Adresse par | SAINT JULIEN | Neurochirurgie | |
| | Hommes 1 ét. | | |
| Technicien | M.P. | | |

RESULTATS (bactéries par millilitre)

Numération totale des germes

| | |
|---|---|
| A 37 degrés C | 100 |
| Coliformes totaux | 0 |
| Coliformes fécaux | 0 |
| Streptocoques fécaux | 0 |
| Clostridium sulfito-réducteurs | 0 |

CONCLUSION : EAU DE BONNE QUALITE

le : / / 86

**FIGURE 4**
**Edition d'un dossier**

## COMMENTAIRES

Le logiciel présenté est destiné à soulager les tâches de secrétariat et à permettre une gestion efficace des examens. L'utilisation est d'une grande simplicité (des menus sont appelés et il suffit de suivre les instructions) ; la seule difficulté réside dans le codage des numérations par 2 chiffres. Les programmes sont facilement transportables sur tout ordinateur supportant le progiciel Dbase2, c'est-à-dire acceptant les systèmes d'exploitation standard CP/M ou MSDOS. On peut donc utiliser des microordinateurs technologiquement plus récents que les APPLE 2e et comportant notamment des mémoires plus importantes (par ex. compatibles IBM). L'emploi par d'autres laboratoires nécessite quelques transformations réduites : modification de l'intitulé, entrée des noms des demandeurs dans le fichier correspondant (maximum = 99).

Le système informatique fonctionne en routine depuis février 1986 dans le Service d'Hygiène du CHRU de Nancy. Pour satisfaire totalement aux désirs des utilisateurs, quelques améliorations ont été effectuées dans les deux mois qui ont suivi. Actuellement le personnel (techniciens, secrétaire) qui a été formé aux manipulations de base (emploi de la machine, sauvegarde des disquettes, etc...) est pleinement satisfait du produit et du gain de temps obtenu.


**SUMMARY** ***Microcomputer program for the management of non clinical analyses in an hospital hygiene unit***

*The authors present a microcomputer program for handling the nonclinical analyses (water, food, etc . . .) performed in an hospital hygiene laboratory. The functions of this software are turned into bureautic applications : editions, files of results, summary lists printing . . . This specially written dBase program is easily transportable and run routinely since February 1986. It allows a much more efficient and rapid management of this kind of analyses like the widely distributed clinical microbiology computer systems.*



**Key-words :** *Microcomputer – Medical computing – Hygiene – Data processing – Water analysis – Food analysis.*


☆ ☆ ☆

Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie pour le médecin généraliste. Une application du générateur du système SELF

DETE H, MAY TH, LEGRAS B, KOHLER F, PATRIS A, DUREUX J-B

Médecine et Maladies Infectieuses, 1988, 10, 420-426

No 148

*Médecine et Maladies Infectieuses* – 1988 – *10* – 420 à 426

# UN LOGICIEL D'AIDE A L'ANTIBIOTHERAPIE POUR LE MEDECIN GENERALISTE. Une application du générateur de système expert SELF*

par H. DETE**, Th. MAY***, B. LEGRAS**, F. KOHLER**, A. PATRIS** et J.B. DUREUX***

**RESUME** SELF/Antibio est une application du générateur de système expert SELF, conçu au Laboratoire d'Informatique Médicale de la Faculté de Médecine de Nancy, et sur lequel fonctionnent déjà une vingtaine d'applications médicales. SELF/Antibio se veut une aide à la prescription de première intention des antibiotiques en pratique de ville. Après avoir rappelé les principes de fonctionnement des systèmes experts en général, et de SELF en particulier, l'article décrit la base de connaissances d'Antibio et rapporte les résultats d'une première évaluation de cette application (effectuée auprès de médecins généralistes et hospitaliers, sous la direction d'un expert du Service des Maladies Infectieuses et Parasitaires du CHRU de Nancy). Ces résultats (82,3 % de réponses excellentes, 16,5 de bonnes réponses, et aucune réponse inacceptable sur 85 cas) sont encourageants et méritent d'être approfondis, ce qui pourrait se faire lors d'une étude à plus grande échelle.

**Mots-clés** : Système expert - Antibiothérapie - Maladies infectieuses - Microordinateur.

Un système expert (SE) est un logiciel de résolution de problème, capable de simuler certains types de raisonnement humain (5). La médecine a été un domaine privilégié pour l'étude des SE (10). Le plus fameux, car à l'origine de bien des travaux, est MYCIN (24). Il a été construit pour fournir un avis sur le diagnostic et le traitement des maladies infectieuses (septicémies et méningites) mais n'a pas été utilisé en pratique pour des raisons technologiques. Les progrès techniques conduisent à un nouveau développement des SE en médecine et notamment en pathologie infectieuse et antibiothérapie (1), domaine où ont été décrits récemment SES (SE en Septicémies) (4) et Antibioguide (17).

SELF (Système Expert en Logique Floue), développé par F. Kohler, fonctionne sur microordinateur et permet de réaliser des applications simples par des non-informaticiens ; une vingtaine existe actuellement, concernant aussi bien l'aide au diagnostic qu'à la thérapeutique (11, 12). Nous présentons une nouvelle application : SELF/Antibio (7). Il s'agit d'une aide à l'antibiothérapie orientée vers la pratique du généraliste qui a été validée sur 85 cas avec de bons résultats.

*Reçu le 12.3.1988. Acceptation définitive le 20.4.1988.

**Laboratoire d'Informatique médicale, Faculté de Médecine de Nancy, BP 184, F-54511 Vandoeuvre-les-Nancy cédex.
***Service des Maladies Infectieuses, Hôpital de Brabois, CHRU de Nancy.

## QUELQUES NOTIONS SUR LES SYSTEMES EXPERTS ET SELF

Dans les systèmes informatiques traditionnels, la connaissance repose sur des procédures arrêtées à l'avance pour le traitement des données. Par contre, dans un SE, l'architecture comprend trois parties séparées, qui confèrent une grande souplesse au système.

### La base de connaissances

Elle est propre au domaine d'expertise. La représentation des connaissances se fait le plus sou-

vent sous forme de règles de production, caractérisées par des expressions du type : si (condition), alors (conclusion).

**La base de faits**

Elle contient les faits recueillis lors d'une interrogation du système. Certaines données sont fournies directement au système (faits initiaux, signes observés, etc ...). D'autres peuvent être demandées par le système lui-même. La base de faits est naturellement évolutive. En effet, grâce à sa base de connaissances, le système expert est capable de tirer les conséquences des faits qui lui sont présentés.

**Fonctionnement d'un moteur d'inférence**

Alimenté par la base de connaissances et la base de faits, il construit dynamiquement une solution, décidant quelles règles de production déclencher et dans quel ordre. Pour cela, il utilise sa mémoire de travail (base de faits), dans laquelle les informations décrivant la situation initiale et celles qui sont déduites au cours du raisonnement, sont conservées. Un moteur d'inférence peut procéder de deux manières qui sont détaillées plus loin.

**Principes de fonctionnement de SELF**

SELF est fondé sur un modèle particulier de règles de production, dans lequel chaque règle est pondérée par un coefficient. Dans SELF, la base de connaissances est alors un ensemble de règles qui ont la forme suivante : si / < prémisse > / alors (coefficient de confiance) / < conclusion >.

Lors de la phase interrogative, SELF déclenche l'évocation des règles selon un double mécanisme : d'abord déductif (chaînage avant), puis inductif (chaînage arrière), permettant d'aboutir à une (ou plusieurs) conclusion(s) et de vérifier la validité de celle(s)-ci.

**La base de connaissances dans SELF**

Elle a la forme d'un tableau à deux dimensions. Les colonnes représentent les prémisses (ou hypothèses), et les lignes les conclusions. Chaque intersection colonne/ligne représente alors une règle de production, à laquelle est attribué un coefficient de vraisemblance, qui pondère la règle de production. Il est important de noter que ce coefficient n'a pas de valeur statistique ou de probabilité, mais peut être tout à fait subjectif. Il varie arbitrairement de 0 à 100 dans SELF. La valeur 0 est attribuée à chaque fois qu'une conclusion ne peut pas être évoquée (contre-indication thérapeutique, non-sens diagnostique, etc ...).

Par exemple la règle suivante : si *allergie aux Pénicillines* alors *Pénicilline G* se verra attribuer le coefficient 0. A l'inverse, le coefficient 100 est attribué chaque fois qu'une prémisse ne contre-indique aucunement une conclusion. Par exemple : si *angine* alors *Pénicilline G* aura le coefficient 100. Entre ces deux extrêmes, la valeur du coefficient sera attribuée en fonction de la confiance de l'expert dans la contre-indication de la conclusion à partir de la prémisse.

Enfin, la représentation sous forme de tableau peut mettre en présence des hypothèses et des conclusions pour lesquelles aucun lien n'est justifié : la règle de production n'existe pas. On lui attribue dans ce cas un coefficient dit neutre, placé arbitrairement à 101, ce qui correspond à ne pas prendre en compte la conclusion dans le processus d'établissement des résultats. Par exemple : si *allergie aux Pénicillines* alors *Cyclines* le coefficient 101.

On trouvera à la figure 1 un exemple (simplifié) d'un extrait de base de connaissances.

**FIGURE 1**
**Exemple de base de connaissance dans SELF**

Commentaires : cette base est constituée de 4 prémisses et 5 conclusions, ce qui représente 20 règles de production, qu'on peut départager en règles "décisives" (coefficient ≠ 101), au nombre de 13, et en règles "non opérantes" (coefficient neutre), au nombre de 7.

| prémisses / conclusions | Angine érythémato-pultacée | Cystite aiguë isolée | Grossesse | Allergie aux Pénicillines |
|---|---|---|---|---|
| Recherche de germes | 101 | 100 | 101 | 101 |
| Pénicilline G | 100 | 0 | 101 | 0 |
| Pénicilline A | 0 | 80 | 101 | 0 |
| Macrolide | 90 | 0 | 101 | 100 |
| Cotrimoxazole | 0 | 80 | 0 | 101 |

## FONCTIONNEMENT DE SELF EN PRATIQUE

L'utilisateur choisit d'abord une application. Ensuite, le système procède en deux étapes principales :

### A - Chaînage avant

Sur l'écran apparaît la totalité des prémisses contenues dans la base de connaissances. L'utilisateur sélectionne les faits pertinents parmi les prémisses proposées, correspondant au problème qu'il veut résoudre (par exemple, les signes cliniques présents chez le patient). SELF active alors les règles associées et va en déduire une ou plusieurs conclusions par la mise en jeu d'un opérateur, qui attribue à chaque conclusion le plus petit des coefficients des règles activées. Un coefficient nul exclut la conclusion en regard. Si le coefficient neutre (101) reste attribué à une conclusion, cette conclusion sera présentée comme potentiellement évocable, mais sans argument pour ou contre. Reprenons l'exemple de base de la figure 1. Supposons que nous ayons affaire à une angine chez une femme enceinte. Les règles correspondant à *angine* et à *grossesse* vont être activées, ce qui va avoir pour conséquences :
- d'éliminer les conclusions *Pénicilline A* (coefficient 0 dans la colonne *angine*), et *Cotrimoxazole* (coefficient 0 dans les colonnes *angine* et *grossesse*),
- de ne pas évoquer, mais sans l'éliminer, la conclusion *recherche de germes* (le coefficient 101 restant attribué),
- d'évoquer les conclusions *Pénicilline G* (coefficient final après opérateur MIN : 100) et *Macrolide* (coef. 90).

SELF présente finalement ses conclusions, c'est-à-dire celles qui ne sont pas éliminées, dans l'ordre décroissant de leur coefficient. L'interrogation peut se poursuivre autant de fois que l'utilisateur désire sélectionner de nouveaux faits.

### B - Chaînage arrière

Ceci se fait généralement en fin d'interrogation, et uniquement si l'utilisateur le désire. Il choisit alors, parmi les conclusions envisageables, celle qu'il veut tester. SELF indique alors :
- toutes les hypothèses non choisies qui élimineraient cette conclusion,
- toutes les hypothèses non choisies qui sont très en faveur de cette conclusion.

Reprenons à nouveau l'exemple de la figure 1. Nous voulons tester, dans le cas que nous avons décrit, la conclusion *Pénicilline G*. SELF va alors indiquer que cette solution n'est pas envisageable en cas d'*allergie aux Pénicillines*. Ceci permet à l'utilisateur "d'oublier" dans un premier temps de rechercher la présence ou l'absence d'un fait pertinent. Bien sûr, si un tel fait est choisi, le système repart en chaînage avant et établit de nouvelles conclusions.

### C - Le réseau de cohérence

Spécifique à chaque application, il permet d'exclure mutuellement les prémisses d'un même sous-ensemble cohérent. Soient par exemple les 3 modalités suivantes : âge inférieur à 10 ans, âge compris entre 10 et 60 ans, âge supérieur à 60 ans. SELF interdit que deux de ces prémisses soient sélectionnées en même temps.

### D - Le dialogue homme-machine

Il est très simple. Le système pose des questions précises appelant des réponses de type oui/non. Pour le choix des faits, l'interrogation est effectuée par un simple déplacement du curseur le long des prémisses. L'opérateur peut à tout moment choisir les prémisses qui lui conviennent, visualiser les conclusions, poursuivre ses investigations, et enfin imprimer le cas traité en fin de session. Ces techniques ont comme avantage la simplicité d'usage, et surtout une grande rapidité d'exécution, n'excédant pas trois minutes, même pour un cas complexe. Un inconvénient est par contre l'aspect un peu rébarbatif de l'énumération des prémisses.

### E - Les implantations matérielles

SELF est actuellement implanté sur IBM Pc (et compatibles) et sur Macintosh.

### F - Création et/ou modification d'une base de connaissances

Un programme intégré au système SELF permet de travailler sur le contenu d'une application, avec la possibilité de créer, de modifier, de mettre à jour à volonté une base de connaissances. D'utilisation simple, il présente d'emblée la base de connaissances sous la forme d'un tableau aux manipulations aisées.

## CARACTERISTIQUES DE SELF/ANTIBIO

**Principes généraux**

La base de connaissances SELF/Antibio a été conçue en vue de son utilisation par des médecins généralistes principalement, mais également par des services hospitaliers non spécialisés. Sa construction s'est appuyée sur une revue de la littérature (3, 6, 8, 9, 13, 16-22) et sur l'expérience médicale de l'un de nous (Th. May), qui a modulé les coefficients et représente "l'expert" de fait.

SELF/Antibio se veut une aide à la prescription de première intention des antibiotiques en pratique courante, selon la définition de J. Ch. Auvergnat : "L'antibiothérapie de première intention est celle prescrite chez un malade présentant un syndrome infectieux isolé ou associé à des signes cliniques, bactériologiques élémentaires, et épidémiologiques, permettant un diagnostic de présomption" (2). De fait, dans sa partie "signes", la base est formée de trois grands groupes : syndromes et diagnostics cliniques principaux en pathologie infectieuse bactérienne, diagnostics bactériologiques, terrain. Dans la partie "traitements", nous avons essayé de favoriser le plus souvent les produits ayant le spectre le plus étroit, en nous inspirant des recommandations de M. Rapin sur l'utilisation des antibiotiques en pratique extra-hospitalière (21-23).

**Constitution de la base**

La base est constituée de 81 colonnes, représentant les signes (ou hypothèses) cliniques et/ou bactériologiques que l'utilisateur choisira en fonction du cas qu'il veut soumettre au SE, et de 25 lignes correspondant aux traitements ou attitudes thérapeutiques à envisager (conclusions), soit 2025 coefficients. La base comprend également un texte de présentation qui s'inscrit sur l'écran de l'ordinateur à chaque début de consultation. Les signes sont classés en trois catégories, comprenant 38 diagnostics cliniques, 34 germes susceptibles d'être évoqués, et 9 informations générales concernant le terrain. L'ensemble des signes et traitements avec les coefficients figure dans (7).

## EVALUATION DE SELF/ANTIBIO

### METHODES

**A - Modalités de recrutement**

Cette étude a été effectuée sur 85 observations cliniques, recueillies auprès de 5 médecins généralistes, et de 2 services hospitaliers. Elle est de type rétrospectif (avec toutefois quelques observations recueillies prospectivement). Chaque médecin a recueilli entre 10 et 15 observations. Les services hospitaliers (service de Médecine Interne, Hôpital Ste Blandine - Metz, et service de Maladies Infectieuses - CHRU Nancy) ont fourni 27 observations qui ont permis de tester certaines infections plus graves non traitées en ambulatoire. Ont été incluses dans notre étude toutes les infections bactériennes ayant nécessité un traitement antibiotique, à l'exclusion des infections nosocomiales.

**B - Modalités de l'évaluation**

L'évaluation s'est déroulée en quatre temps :
1 - mise sous forme de tableau de l'ensemble des observations résumées,
2 - pour chaque observation ainsi résumée, consultation de SELF/Antibio,
3 - consultation de l'expert pour chaque observation,
4 - attribution d'une appréciation sur l'acceptabilité des réponses de SELF/Antibio.

**C - Critères d'acceptabilité**

Ils ont été définis arbitrairement en cinq catégories, en comparaison de la réponse de l'expert utilisée comme référence, en tenant compte des éléments suivants :
1 - du nombre et de l'ordre des réponses de SELF/Antibio identiques à l'expert,
2 - du coefficient de vraisemblance de ces réponses,
3 - de la place de ces réponses dans la liste fournie par SELF/Antibio,
4 - de la présence éventuelle dans cette liste d'une réponse inacceptable (produit contre-indiqué par exemple).

Les critères ont alors été définis en 5 catégories comme suit :
1 - *Excellente* : 2 produits cités par l'expert, cités dans l'ordre par SELF/Antibio aux 2 premières places, quel que soit le coefficient de vraisemblance (CV) ou dans les 4 premiers (avec un CV $\geq$ 70 et aucun autre produit cité contre-indiqué).
2 - *Bonne* : 2 produits cités dans l'ordre dans les quatre premiers (CV $<$ 70) ou au delà (CV $\geq$ 70) ou 2 produits cités dans le désordre dans les 4 premiers (CV $\geq$ 70 et aucun autre produit cité contre-indiqué).
3 - *Acceptable* : 2 produits cités dans l'ordre ($>$ 4 premiers et CV $<$ 70) ou 2 produits cités dans le désordre (CV $<$ 70) ou 1er produit seul cité dans

les 4 premiers (avec CV ≥ 70 et aucun autre produit cité contre-indiqué).
4 - *Inadaptée* : 1er produit non cité et 2ème produit cité avec CV ≥ 70 ou 1er produit cité seul (> 4 premiers ou CV < 70) et aucun autre produit contre-indiqué.
5 - *Inacceptable* tous les autres cas, et notamment ceux où un produit contre-indiqué a été cité.

**TABLEAU**
**Critères d'acceptabilité de SELF**

| | dans les 4 premiers | | > 4 premiers | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | CV ≥ 70 | < 70 | ≥ 70 | < 70 | |
| 2 cités dans l'ordre | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 |
| 2 dans le désordre | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 1er cité seul | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 2ème cité seul | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| aucun cité | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | | | | 1 pr contre-ind. |

## RESULTATS

Pour notre système, et après application des critères d'acceptabilité définis précédemment, nous avons obtenu des résultats fort encourageants, détaillés dans (7) : 82,3 % de réponses excellentes, 16,5 % de bonnes réponses, 1,2 % de réponses acceptables et surtout aucune réponse inacceptable ou inadaptée. De plus, la seule réponse jugée acceptable est somme toute elle aussi relativement satisfaisante puisque dans ce cas, le système et l'expert citent le même produit en première position, mais le système ne cite pas le deuxième produit proposé par l'expert.

Tout cela ne revient pas à dire que SELF/Antibio est parfait. Certains faits peuvent expliquer en partie la bonne qualité de ses résultats :
– le nombre de cas présentés à SELF/Antibio est faible en comparaison de sa taille. Avec 81 prémisses possibles, qu'on peut combiner entre elles de façons multiples, on comprend la difficulté qu'il y aurait à épuiser ses possibilités. Ceci est d'autant plus vrai que plusieurs cas sont semblables, ce qui diminue d'autant le nombre réel d'interrogations différentes (mais nous avons voulu garder la totalité des cas qui nous ont été fournis, acceptant le risque de redondance),
– un seul expert a participé à cette validation, et il faut noter qu'il a également participé à la modulation de certains coefficients. Il n'est donc pas étonnant que les réponses de SELF/Antibio soient un reflet de ses habitudes de prescription (depuis février 88, d'autres infectiologues participent à cette réflexion),
– les critères d'acceptabilité sont tout à fait arbitraires, et sont donc de ce fait discutables. Ils ne prennent pas en compte la qualité de tous les éléments de la réponse, mais seulement de ceux communs aux réponses de l'expert et du système.

Tout ceci rend bien compte des difficultés à interpréter les résultats de la validation effectuée. Mais, il semble néanmoins que ce système donne de bons résultats d'ensemble. On peut d'ailleurs noter que dans quelques cas, il pourrait optimiser la réponse du Médecin généraliste, que nous n'avons pas voulu juger dans ce travail, mais qui semble inadaptée à plusieurs reprises (environ 1 cas sur 5).

## COMMENTAIRES

Les résultats de l'évaluation de SELF/Antibio semblent tout à fait encourageants. On note en effet une forte proportion de réponses excellentes, mais surtout une absence de réponse inadaptée ou inacceptable. La forme elle-même des réponses semble correcte. Bien sûr, les conditions de cette évaluation justifient, pour qu'une démonstration soit véritablement apportée, qu'une poursuite de l'étude sur une échelle plus importante soit effectuée.

Avec Antibio, SELF fait la preuve de ses possibilités multiples d'applications et de sa souplesse. L'un de ses grands intérêts nous semble être pour l'utilisateur la possibilité de modifier une base de connaissances déjà existante. En effet, et en Médecine plus qu'ailleurs, le "Savoir" est soumis à une forte dépréciation temporelle. Dans quelques années, certaines bases de connaissances élaborées aujourd'hui seront caduques, ceci étant particulièrement vrai pour les applications d'aide à la thérapeutique. L'exemple de l'antibiothérapie est caricatural ; il ne se passe pas de mois, voire de se-

maine ou de jour, sans qu'apparaissent une nouvelle résistance bactérienne ou même un "nouveau" germe, que soit commercialisé un nouveau produit, qu'un autre produit délaissé ne soit remis à l'honneur, que se fasse jour un effet secondaire gênant, etc ... L'actualisation des bases est donc indispensable. C'est aux concepteurs de l'application qu'incombe naturellement cette tâche. Il semble néanmoins raisonnable de penser qu'un utilisateur "averti" dans le domaine de l'application ait la possibilité d'apporter des retouches à celle-ci. SELF est un système expert qui rend cette actualisation accessible à l'utilisateur non informaticien.

## CONCLUSION

Les résultats très satisfaisants obtenus (mais sur un nombre de cas relativement faible) ont été une incitation à envisager une étude plus vaste (en cours depuis mars 88). Elle a pour objectifs de confirmer la validité du système expert, d'affiner la qualité de ses réponses, et de vérifier auprès de ses utilisateurs potentiels son caractère pratique et utilisable en activité courante. La diffusion du produit pourra alors être envisagée.


## SUMMARY — A COMPUTER BASED MEDICAL CONSULTATION FOR ANTIBIOTHERAPY USEFUL FOR MEDICAL PRACTITIONER

*SELF/Antibio is an application of the Expert System generator SELF, conceived in the Medical Informatics Laboratory of University of Medecine in Nancy with now about 20 medical applications running on it. SELF/Antibio has been developed to be an aid for the non specialized practitioners in the first intention antibiotic prescription. In the first part, the principles of working of Expert Systems and particularly of SELF are described. In the second part, this article describes the knowledge Base of SELF/Antibio and reports the results about the first evaluation of this application, realized with non specialized private and hospital practitioners,under the control of a medical expert from the Infections Diseases Department of the Universitary Hospital of Nancy. These results (respectively 82,3% and 16,5 % of excellent and good responses, and no false response, on 85 cases) are satisfying and need to be confirmed on a large scale study.*



**Key-words** : *Expert System - Antibiotic therapy - Infections diseases - Microcomputer.*


### BIBLIOGRAPHIE


1. ARMENGAUD M. - Apports éventuels de l'informatique au diagnostic et au traitement des maladies infectieuses. *Méd. et Hyg.*, 1987, *45*, 650-656.
2. AUVERGNAT J.C., DIOP MAR I. - Qu'est-ce qu'un traitement antibactérien de première intention ? Sa place, ses limites. *Méd. Mal. Infect.*, 1986, *16*, 109-111.
3. BASTIN R. - L'antibiothérapie de première intention. *Rev. Prat.*, 1983, *33*, 2361-2376.
4. BEUSCART R., BEUSCART C., DUHAMEL A., MOUTON Y. - Le Système Expert Septicémies (SES). *Lille Médical*, 1987, *1*, 32-33.
5. BONNET A., HATON J.P., TRUONG-NOC J.M. - Systèmes experts : vers la maîtrise technique. Paris, Inter Editions 1986.
6. DESPRES P., LEBEAU J.C., VITTECOQ D., MODAI J. - Antibiothérapie en pratique de ville. *Rev. Prat.*, 1987, *37*, 269-310.
7. DETE H. - Self/Antibio : une application d'aide à l'antibiothérapie d'un système expert sur micro-ordinateur. Mise au point et première évaluation sur 85 dossiers. Thèse Médecine, Nancy 1988, 112 p.
8. DUREUX J.B., CANTON P. - A.B.C. d'antibiothérapie clinique, Paris, Masson 1980.
9. DUREUX J.B., GERARD A. - Critères de choix d'un antibiotique. In : E.P.U. d'Anesthésie et de Réanimation 1985 : L'infection en milieu chirurgical. Paris,Arnette 1986,1 vol.
10. FIESCHI M. - Intelligence artificielle en médecine - Des systèmes experts. 2è éd.Paris, Masson 1986.
11. GERBER D. - Application du système d'aide à la décision médicale SELF au diagnostic étiologique d'une anémie. Thèse Médecine, Nancy 1987, 142 p.
12. GROUSSIN M., LANDES P., KOHLER F., MONCHOVET S., MARTIN J. - Contraception et informatique : SELF, un système d'aide à la décision médicale appliqué à la prescription des méthodes contraceptives. *Rev. Fr. Gynécol. Obstet.*, 1986, *81*, 553-558.
13. KERNBAUM S. - Eléments de pathologie infectieuse. 3è éd. Villeurbanne. Simep/Spécia 1985.
14. MODAI J. et coll. - Le point sur les antibiotiques en 1980. *Le Praticien*, 1980, *349*, 9-74.
15. MODAI J. - Apport thérapeutique des antibiotiques récemment commercialisés. *Rev. Prat.*, 1985, *35*, 811-817.
16. MODAI J. - La pathologie infectieuse en pratique de ville. *Infectiologie*, 1986, *suppl. au n° 63*, 5-8.
17. MORLAT P., PALMER G., SALAMON R., AUBERTIN J. - Antibioguide - Programme télématique de Formation Médicale Continue. *Rev. Educ. Méd.*, 1987, *10*, 43-49.
18. MOUTON Y., DEBOSCKER Y - Etude critique des bases du choix d'un antibiotique. *Méd. Mal. Infect.*, 1984, *14*, 740-749.

19. PHILLIPOTEAU C., BRUN-BUISSON C. - L'antibiothérapie de première intention. Paris, PIL/Spécia 1985.
20. PIBAROT M.L., BRION N., CARBON C. - Les principes généraux de prescription d'une antibiothérapie. *Rev. Prat.*, 1985, *35*, 821-826.
21. RAPIN M. - Politique de l'antibiothérapie. *Méd. Mal. Infect.*, 1986, *16*, 277-279.
22. RAPIN M., BRUN-BUISSON C. - Du bon choix des antibiotiques en pratique extra-hospitalière. *Sem. Hôp. Paris*, 1983, *59*, 2587-2589.
23. RAPIN M., BRUN-BUISSON C. - Stratégies antibiotiques chez l'adulte. *Conc. Méd.*, 1986, *108*, 987-1028.
24. SHOTLIFFE E.M. - Computer Based Medical Consultations : MYCIN, New York, american Elsevier 1976.

★ ★ ★

Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie sur microordinateur

DETE H, MAY TH, LEGRAS B, KOHLER F, PATRIS A, DUREUX J-B

Annales Médicales de Nancy et de l'Est, 1989, 28, 353-357

No 159

# Un logiciel d'aide à l'antibiothérapie sur microordinateur

par **H. DETE, Th. MAY, B. LEGRAS, F. KOHLER, A. PATRIS, J.B. DUREUX**

**RÉSUMÉ**

SELF/Antibio est une application du système expert SELF, conçu au Laboratoire d'Informatique Médicale de la Faculté de Médecine de Nancy, et sur lequel fonctionnent déjà une vingtaine d'applications médicales. SELF/Antibio se veut une aide à la prescription de première intention des antibiotiques en pratique de ville. Après un rappel des principes de fonctionnement de SELF, l'article décrit la base de connaissances de SELF/Antibio et rapporte les résultats d'une première évaluation de cette application effectuée auprès de médecins généralistes et hospitaliers. Ces résultats (82,3 % de réponses excellentes, 16, 5 % de bonnes réponses, et aucune réponse inacceptable sur 85 cas) sont très encourageants.
Toutefois, une évaluation plus poussée est nécessaire avant une diffusion éventuelle du produit.

**Mots-clés :**
Système expert
Antibiothérapie
Microordinateur

**A COMPUTER BASED MEDICAL CONSULTATION FOR ANTIBIOTHERAPY**

***SUMMARY***

*SELF/Antibio is an application of the Expert System generator SELF, conceived in the Medical Informatics Laboratory of University of Medecine in Nancy with now about 20 medical applications running on it. SELF/Antibio has been developed to be an aid for the non specialized practitioners in the first intention antibiotic prescription. In the first part, the principles of working of Expert Systems and particularly of SELF are described. In the second part, this article describes the knowledge Base of SELF/Antibio and reports the results about the first evaluation of this application, realized with non specialized private and hospital practitioners, under the control of a medical expert from the Infections Diseases Department of the Universitary Hospital of Nancy. These results (respectively 82,3 % and 16,5 % of excellent and good responses, and no false response, on 85 cases) are satisfying and need to be confirmed on a large scale study.*

***Key-words :***
*Expert System*
*Antibiotic therapy*
*Infections diseases*
*Microcomputer*

Un système expert (SE) est un logiciel de résolution de problème, capable de simuler certains types de raisonnement humain.

La médecine a été un domaine privilégié pour l'étude des SE. Le plus fameux, car à l'origine de bien des travaux, est MYCIN (SHORTLIFFE 1976). Il a été construit pour fournir un avis sur le diagnostic et le traitement des maladies infectieuses (septicémies et méningites). Pour des raisons surtout technologiques, MYCIN n'a pas été utilisé en routine.

Les progrès techniques actuels conduisent à un nouveau développement des SE en médecine et notamment en pathologie infectieuse et antibiothérapie, domaine où un SE en septicémies (SES) est testé actuellement par de nombreux services d'infectiologie.

SELF (Système Expert en Logique Floue) développé au laboratoire d'informatique médicale (KOHLER 1984) fonctionne sur microordinateur et permet de réaliser des applications simples par des non-informaticiens ; une vingtaine existe actuellement, concernant aussi bien l'aide au diagnostic (anémies, radio-pneumologie, hyperandrogénie, ECG) qu'à la thérapeutique (contraception, artérites, fractures ouvertes de jambe, cures thermales).

L'article décrit une nouvelle application (SELF/Antibio) d'aide à l'antibiothérapie orientée vers la pratique du généraliste qui a été validée sur 85 cas avec de bons résultats (DETE 1988).

## QUELQUES NOTIONS SUR LES SYSTÈMES EXPERTS ET SELF

Dans un SE, le traitement des faits est flexible, grâce à une architecture entièrement différente des systèmes informatiques traditionnels. En effet, un SE comporte une base de faits qui contient les données relatives à la situation en étude, une base de connaissances, où se trouve consigné le savoir de l'expert humain que la machine vise à remplacer. Enfin, le moteur d'inférence est chargé, compte tenu des faits présents dans la base

Communication présentée à la Société de Médecine de Nancy le 27 janvier 1988

de faits, d'exploiter le contenu de la base de connaissances pour résoudre le problème posé.

La séparation de la base de connaissances et du moteur d'inférence donne une grande souplesse au système : cette flexibilité permet d'ajouter ou d'éliminer un morceau de connaissance sans avoir à modifier le programme informatique.

**Principes de fonctionnement de SELF**

Dans SELF, la base de connaissances est un ensemble de règles qui ont la forme suivante :

si/ < prémisse > / alors (coefficient de confiance) / < conclusion >.

Lors de la phase interrogative, SELF déclenche l'évocation des règles selon un double mécanisme : d'abord déductif (chaînage avant), puis inductif (chaînage arrière), permettant d'aboutir à une (ou plusieurs) conclusion(s) et de vérifier la validité de celle(s)-ci, selon les techniques mathématiques de la logique à appartenance floue.

**La base de connaissances dans SELF**

Elle a la forme d'un tableau à deux dimensions. Les colonnes représentent les prémisses (ou hypothèses), et les lignes les conclusions. Chaque intersection colonne/ligne représente alors une règle de production, à laquelle est attribué un coefficient de vraisemblance, qui pondère la règle de production. Il est important de noter que ce coefficient n'a pas de valeur statistique ou de probabilité, mais peut être tout à fait subjectif. Il varie arbitrairement de 0 à 100 dans SELF. La valeur 0 est attribuée chaque fois qu'une conclusion ne peut pas être évoquée (contre-indication thérapeutique, non-sens diagnostique, etc.).

Par exemple la règle suivante :

si **allergie aux Pénicillines** alors **Pénicilline G** se verra attribuer le coefficient 0.

A l'inverse, le coefficient 100 est attribué chaque fois qu'une prémisse ne contre-indique aucunement une conclusion. Par exemple :

si **angine**, alors **Pénicilline G** aura le coefficient 100.

Entre ces deux extrêmes, la valeur du coefficient sera attribuée en fonction de la confiance de l'expert dans la contre-indication de la conclusion à partir de la prémisse.

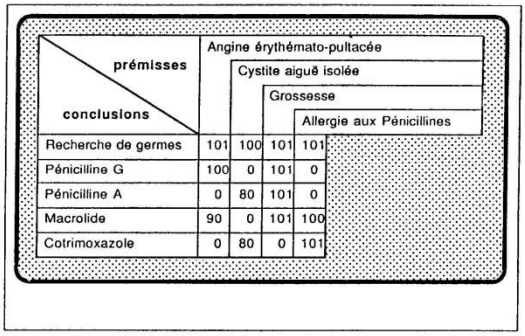
Enfin, la représentation sous forme de tableau peut mettre en présence des hypothèses et des conclusions pour lesquelles aucun lien n'est justifié : la règle de production n'existe pas. On lui attribue dans ce cas un coefficient dit neutre, placé arbitrairement à 101, ce qui correspond à ne pas prendre en compte la conclusion dans le processus d'établissement des résultats. Par exemple :

si **allergie aux Pénicillines**, alors **Cyclines** aura le coefficient 101.

On trouvera à la figure 1 un exemple (simplifié) d'un extrait de base de connaissances.

**Fonctionnement de SELF en pratique**

L'utilisateur choisit d'abord une application. Ensuite, le système procède en chaînage avant ou arrière.



| prémisses / conclusions | Angine érythémato-pultacée | Cystite aiguë isolée | Grossesse | Allergie aux Pénicillines |
|---|---|---|---|---|
| Recherche de germes | 101 | 100 | 101 | 101 |
| Pénicilline G | 100 | 0 | 101 | 0 |
| Pénicilline A | 0 | 80 | 101 | 0 |
| Macrolide | 90 | 0 | 101 | 100 |
| Cotrimoxazole | 0 | 80 | 0 | 101 |

Figure 1

**Exemple de base de connaissance dans SELF.**

**Commentaires** : cette base est constituée de 4 prémisses et 5 conclusions, ce qui représente 20 règles de production, qu'on peut départager en règles « décisives » (coefficient = 101), au nombre de 13, et en règles « non opérantes » (coefficient neutre), au nombre de 7.

*A - Chaînage avant*

Sur la page-écran apparaît la totalité des prémisses contenus dans la base de connaissances. L'utilisateur sélectionne les faits pertinents parmi les prémisses proposées, correspondant au problème qu'il veut résoudre (par exemple, les signes cliniques présents chez le patient). SELF active alors les règles associées et va en déduire une ou plusieurs conclusions par la mise en jeu de l'opérateur MIN, qui attribue à chaque conclusion le plus petit des coefficients des règles activées. Un coefficient nul exclut la conclusion en regard. Si le coefficient neutre reste attribué à une conclusion, cette conclusion sera présentée comme potentiellement évocable, mais sans argument pour ou contre. Reprenons l'exemple de base de la figure 1. Supposons que nous ayons affaire à une angine chez une femme enceinte. Les règles correspondant à **angine** et à **grossesse** vont être activées, ce qui va avoir pour conséquences :

— d'éliminer les conclusions **Pénicilline A** (coefficient 0 dans la colonne angine), et **Cotrimoxazole** (coefficient 0 dans les colonnes **angine** et **grossesse**)

— de ne pas évoquer, mais sans l'éliminer, la conclusion **recherche de germes** (le coefficient 101 restant attribué)

— d'évoquer les conclusions **Pénicilline G** (coefficient final après opérateur MIN : 100) et **Macrolide** (coef. 90).

SELF présente finalement ses conclusions, c'est-à-dire celles qui ne sont pas éliminées, dans l'ordre décroissant de leur coefficient. L'interrogation peut se poursuivre autant de fois que l'utilisateur désire sélectionner de nouveaux faits.

*B - Chaînage arrière*

Ceci se fait généralement en fin d'interrogation, et uniquement si l'utilisateur le désire. Il choisit alors, parmi les conclusions envisageables, celle qu'il veut tester. SELF indique alors :

— toutes les hypothèses non choisies qui élimineraient cette conclusion

— toutes les hypothèses non choisies qui sont très en faveur de cette conclusion.

Reprenons à nouveau l'exemple de la figure 1. Nous voulons tester, dans le cas que nous avons décrit, la conclusion **Pénicilline G**. SELF va alors indiquer que cette solution n'est pas envisageable en cas **d'allergie aux Pénicillines**. Ceci permet à l'utilisateur « d'oublier » dans un premier temps de rechercher la présence ou l'absence d'un fait pertinent. Bien sûr, si un tel fait est choisi, le système repart en chaînage avant et établit de nouvelles conclusions.

*C - Le réseau de cohérence*

Spécifique à chaque application, il permet d'exclure mutuellement les prémisses d'un même sous-ensemble cohérent (par exemple, âge inférieur à 10 ans et âge compris entre 10 et 60 ans).

*D - Le dialogue homme-machine*

Il est très simple. Le système pose des questions précises appelant des réponses de type oui/non. Pour le choix des faits, l'interrogation est effectuée par un simple déplacement du curseur le long des prémisses. L'opérateur peut à tout moment choisir les prémisses qui lui conviennent, visualiser les conclusions, poursuivre ses investigations, et enfin imprimer le cas traité en fin de session. Ces techniques ont comme avantage la simplicité d'usage, et surtout une grande rapidité d'exécution, n'excédant pas trois minutes, même pour un cas complexe.

*E - Les implantations matérielles*

SELF est actuellement implanté sur IBM/PC (et compatibles) et sur Macintosh.

*F - Création et/ou modification d'une base de connaissances*

Un programme intégré au système SELF permet de travailler aisément sur le contenu d'une application, avec la possibilité de créer, de modifier ou de mettre à jour à volonté une base de connaissances.

## RÉSULTATS

### Principes généraux de SELF/Antibio

La base de connaissances SELF/Antibio a été conçue en vue de son utilisation par des médecins généralistes principalement, mais également par des services hospitaliers non spécialisés. Sa construction s'est appuyée sur une revue de la littérature (voir thèse DETE) et sur l'expérience médicale de l'un de nous (Th. MAY), qui a modulé les coefficients et représente « l'expert » de fait.

SELF/Antibio se veut une aide à la prescription de première intention des antibiotiques en pratique courante, selon la définition suivante : « L'antibiothérapie de première intention est celle prescrite chez un malade présentant un syndrome infectieux isolé ou associé à des signes cliniques, bactériologiques élémentaires, et épidémiologiques, permettant un diagnostic de présomption ».

### Présentation détaillée de la base

Cette base est constituée de 81 colonnes, représentant les signes (ou hypothèses) cliniques et/ou bactériologiques que l'utilisateur choisira en fonction du cas

TABLEAU I

**Prémisses et conclusions de la base Self/Antibio**

**A - Signes et hypothèses (prémisses)**

1 Pneumopathie aiguë
2 Pneumopathie atypique
3 Bronchite aiguë
4 Surinfection de bronchite chronique
5 Pneumopathie nosocomiale
6 Angine
7 Otite moyenne aiguë
8 Otite chronique
9 Sinusite aiguë
10 Sinusite chronique
11 Infection buccodentaire
12 Laryngite aiguë
13 Rhinopharyngite purulente
14 Epiglottite
15 Erysipèle
16 Impetigo
17 Furonculose
18 Staphylococcie maligne de la face
19 Infection cutanée (plaie, morsure)
20 Gangrène gazeuse
21 Adénite subaiguë par inoculation
22 Brucellose
23 Gastro-entérite aiguë
24 Suppuration intra-abdominale ou péritonéale
25 Infection biliaire
26 Fièvre typhoïde
27 Septicémie
28 Endocardite
29 Méningite purulente
30 Infection ostéo-articulaire aiguë
31 Infection oculaire
32 Cystite aiguë
33 Infection urinaire à répétition, sur sonde ou nosocomiale
34 Pyélonéphrite aiguë
35 Prostatite
36 Urétrite ou infection gynécologique basse
37 Syphilis
38 Infection gynécologique haute
39 Streptocoque A
40 Pneumocoque
41 Streptocoque D
42 Streptocoque viridans
43 Staphylocoque
44 Méningocoque
45 Gonocoque
46 Escherichia coli
47 Salmonella
48 Shigella
49 Yersinia
50 Klebsiella
51 Enterobacter
52 Serratia
53 Proteus mirabilis
54 Proteus indole +
55 Pseudomonas aeruginosa
56 Acinetobacter
57 Hemophilus
58 Brucella
59 Pasteurella
60 Bacteroïdes fragilis
61 Fusobacterium
62 Clostridium perfringens
63 Clostridium difficile
64 Bacille tétanique
65 Corynebacterium
66 Listeria
67 Leptospire
68 Treponema
69 Rickettsia
70 Chlamydia
71 Mycoplasma
72 Legionella
73 Grossesse
74 Allaitement
75 Nouveau-né
76 Enfant de moins de 8 ans
77 Insuffisance rénale
78 Insuffisance hépatique
79 Terrain atopique, asthme allergique
80 Allergie grave aux pénicillines
81 Allergie aux sulfamides

**B - Traitements et attitudes thérapeutiques (conclusions)**

1 Hospitalisation
2 Recherche de germe et antibiogramme
3 Antibiogramme et adaptation du traitement
4 Pénicilline G ou V
5 Pénicilline M
6 Pénicilline A
7 Amoxicilline + acide clavulanique
8 Uréidopénicilline
9 Carbapéneme
10 Macrolide
11 Synergistine
12 Céphalosporine de 1re génération
13 Céphalosporine de troisième génération
14 Cycline
15 Cotrimoxazole
16 Aminoside (par voie générale)
17 Quinolone de première génération
18 Fluoroquinolone
19 Nitrofurane
20 Phénicolé
21 Imidazolé
22 Rifampicine
23 Vancomycine
24 Fosfomycine
25 Association d'antibiotiques

qu'il veut soumettre au système, et de 25 lignes correspondant aux traitements ou attitudes thérapeutiques à envisager (l'ensemble des 2 025 coefficients figure dans la thèse de DETE).

Les signes sont classés en 3 catégories, comprenant des diagnostics cliniques (38 diagnostics au total), des germes susceptibles d'être évoqués (34 germes), et des informations générales concernant le terrain (9 au total). Dans la partie « traitements », nous avons essayé de favoriser le plus souvent les produits ayant le spectre le plus étroit. L'ensemble des signes et traitements est regoupé dans le tableau I.

**Evaluation de SELF/Antibio**

*A - Modalités de recrutement*

Cette étude a été effectuée sur 85 observations cliniques, recueillies auprès de 5 médecins généralistes, et de 2 services hospitaliers. Elle est de type rétrospectif (avec toutefois quelques observations recueillies prospectivement). Ont été incluses dans notre étude toutes les infections bactériennes ayant nécessité un traitement antibiotique, à l'exclusion des infections nosocomiales.

*B - Modalités de l'évaluation*

L'évaluation s'est déroulée en quatre temps :

1 - mise sous forme de tableau de l'ensemble des observations résumées ;

2 - pour chaque observation ainsi résumée, consultation de SELF/Antibio ;

3 - consultation de l'expert (Th. MAY) pour chaque observation ;

4 - attribution d'une appréciation sur l'acceptabilité des réponses de SELF/Antibio.

*C - Critères d'acceptabilité.*

Ils ont été définis arbitrairement en 5 catégories en comparaison de la réponse de l'expert utilisée comme référence, en tenant compte des éléments suivants :

1 - du nombre et de l'ordre des réponses de SELF/Antibio identiques à l'expert ;

2 - du coefficient de vraisemblance de ces réponses ;

3 - de la place de ces réponses dans la liste fournie par SELF/Antibio ;

4 - de la présence éventuelle dans cette liste d'une réponse inacceptable (produit contre-indiqué).

Les critères ont alors été définis en *5 catégories* comme suit :

1 - *excellente* : 2 produits cités par l'expert, cités dans l'ordre par SELF/Antibio aux 2 premières places (quel que soit le coefficient de vraisemblance (CV), ou dans les 4 premiers (avec un CV $\geq$ 70 et aucun autre produit cité contre-indiqué).

2 - *bonne* : 2 produits cités dans l'ordre dans les quatre premiers (CV $<$ 70) ou au-delà (CV $\geq$ 70) ou 2 produits cités dans le désordre dans les 4 premiers (CV $\geq$ 70 et aucun autre produit cité contre-indiqué).

3 - *acceptable* : 2 produits cités dans l'ordre ($>$ 4 premiers et CV $<$ 70) ou 2 produits cités dans le désordre (CV $<$ 70) ou 1 produit seul cité dans les 4 premiers (avec CV $\geq$ 70 et aucun autre produit cité contre-indiqué)

4 - *inadaptée* : 1$^{er}$ produit non cité et 2$^{e}$ produit cité avec CV $\geq$ 70 ou 1$^{er}$ produit cité seul ($>$ 4 premiers ou CV $<$ 70) et aucun autre produit contre-indiqué

5 - *inacceptable* : tous les autres cas, et notamment ceux où un produit contre-indiqué a été cité.

**Résultats de l'évaluation**

Après application des critères d'acceptabilité définis précédemment, nous avons obtenu des résultats fort encourageants (détaillés dans la thèse de DETE) : 82,3 % de réponses excellentes, 16,5 % de bonnes réponses, 1,2 % de réponses acceptables et surtout aucune réponse inacceptable ou inadaptée, ce qui est particulièrement satisfaisant.

## COMMENTAIRES ET CONCLUSION

Certains faits peuvent expliquer en partie la bonne qualité des résultats de SELF/Antibio :

— le nombre de cas présentés est faible en comparaison de sa taille.
Avec 81 prémisses possibles, qu'on peut combiner entre elles de façons multiples, on comprend la difficulté qu'il y aurait à épuiser ses possibilités. Ceci est d'autant plus vrai que plusieurs cas sont semblables, ce qui diminue d'autant le nombre réel d'interrogations différentes (mais nous avons voulu garder la totalité des cas qui nous ont été fournis, acceptant le risque de redondance).

— un seul expert a participé à cette validation, et il faut noter qu'il a également participé à la modulation de certains coefficients. Il n'est donc pas étonnant que les réponses de SELF/Antibio soient un reflet de ses habitudes de prescription.

— les critères d'acceptabilité sont tout à fait arbitraires, et sont donc de ce fait discutables. Ils ne prennent pas en compte la qualité de tous les éléments de la réponse, mais seulement de ceux communs aux réponses de l'expert et du système.

Tout ceci rend bien compte des difficultés à interpréter les résultats de la validation effectuée. Mais, il semble néanmoins que ce système donne de bons résultats d'ensemble. On peut d'ailleurs noter que dans quelques cas, il pourrait optimiser la réponse du Médecin généraliste, que nous n'avons pas voulu juger dans ce travail, mais qui semble inadaptée à plusieurs reprises (on peut considérer que dans environ 1 cas sur 5, SELF/Antibio aurait conseillé le médecin utilisateur dans le sens d'une réponse plus adaptée).

Travail du Laboratoire d'Informatique médicale
(P$^{r}$ B. LEGRAS)
et du Service des Maladies infectieuses
(P$^{r}$ J.B. DUREUX)

DETE (H.). — Self/Antibio : une application d'aide à l'antibiothérapie d'un système expert sur micro-ordinateur. Mise au point et première évaluation sur 85 dossiers. Thèse Médecine, Nancy, 1988.

GERBER (D.). — Application du système d'aide à la décision médicale SELF au diagnostic étiologique d'une anémie. Thèse Médecine, Nancy, 1987.

KOHLER (F.), MONCHOVET (S.), GROUSSIN-WEYLAND (M.), PATRIS (A.), MOUADDIB (N.), LEGRAS (B.), MARTIN (J.). — Un progiciel simple d'aide à la décision médicale : SELF. Marseille, Colloque International d'Intelligence Artificielle, octobre 1984.

KOHLER (F.), MONCHOVET (S.), PATRIS (A.), CHAU (N.), VERVIN (D.), KAGAN-MEYER (L.), GROUSSIN-WEYLAND (M.), ANTHOINE (D.), GUERCI (O.), LEGRAS (B.). — Applications d'un système simple d'aide à la décision médicale à différents sujets de Médecine Interne : SELF. *Rev. Méd. Interne* (à paraître).

SHORTLIFFE (E.M.). — Computer Based Medical Consultations : MYCIN, New York. American Elsevier, 1976.

Un logiciel pour l'étude comparative des mesures ambulatoires de pression artérielle

LEGRAS B

Archives des maladies du cœur et de vaisseaux, 1998, 91, 8, 975-978

No 215

# Un logiciel pour l'étude comparative des mesures ambulatoires de pression artérielle

**Summary**

**A Software for Comparing Ambulatory Blood Pressure Measures (ABPM)**

The software (MAPA-PC) for personal computers, designed by the author, provides precise and fast studies of ABPM, especially when comparing two anti-hypertensive treatments. It implies strict definitions of groups (e.g. dippers), indices (peak, trough, peak/trough ratio), and the type of smoothing of measured values: means (over 1, 2 or 3 hours) or smoothing by functions (polynomials or trigonometric series). The software calculates standard parameters (nighttime and daytime means, peak, trough...) as well as more original values (nighttime period from points of inflexion in the curve, slope in these points, coefficients of variation on differences between 2 ABPM of a given subject...). It uses statistical tests (Mann and Whitney's U, Pearson's chi square, Snedecor's F) to compare results of treatment. It provides many types of curves (blood pressure lines, box-plots) which show kinetics and variability of blood pressure. The user can compare various types of smoothing (e.g. 2 vs 3 harmonics in Fourier series). The software was used on 237 records of 79 patients, in a randomized trial. It was written with Turbo Pascal and works on DOS personal computers. It is interesting for epidemiologic studies or clinical trials in which ABPM are used. Arch Mal Cœur 1998 ; 91 : 975-8.

B. Legras *

Les études comparatives de médicaments antihypertensifs passent de plus en plus par l'analyse de mesures ambulatoires de la pression artérielle (MAPA) effectuées à différents temps [1]. L'efficacité des traitements est caractérisée habituellement à l'aide du rapport vallée/pic (v/p) obtenu à partir des mesures ambulatoires de la pression artérielle sur 24 heures. Les vallées et pics sont déterminés pour chaque patient à partir des différences des pressions artérielles entre M1 (sous placebo) et M2 (sous traitement). Le rapport est déterminé en considérant la réduction de la pression artérielle à la fin de la période d'action (vallée) et au moment de l'effet maximal (pic). Pour aboutir aux résultats, il faut passer par des opérations longues et délicates qui nécessitent la récupération de données informatiques, des traitements mathématiques plus ou moins élaborés (moyennages, lissages par des fonctions...), des calculs d'indices plus ou moins bien standardisés puis enfin des tests statistiques de comparaison. Cette complexité nous a amenés à développer MAPA-PC, un logiciel sur micro-ordinateur d'exploitation des mesures ambulatoires de la pression artérielle.

(*) Service d'informatique médicale, Epidémiologie et statistiques, CHU, 92, avenue de Lattre-de-Tassigny, 54000 Nancy.

(*Tirés à part* : Dr B. Legras).

## MÉTHODES

### Analyses des données

Les mesures ambulatoires de la pression artérielle utilisées dans ce travail ont été réalisées à l'aide du moniteur Spacelabs. À partir des fichiers ASCII créés par cet appareil, le logiciel permet de construire avant tout traitement statistique des fichiers structurés soit globaux soit limités à une partir des sujets (patients répondeurs ou sélectionnés par l'utilisateur).

On peut éliminer les valeurs ne satisfaisant pas certaines conditions (paramétrables par l'utilisateur) : par exemple pression artérielle systolique (PAS) < 50 ou > 240 mmHg, pression artérielle diastolique (PAD) < 40 ou > 140 mmHg, PP (pression pulsée) = PAS-PAD < 20 ou > 100 mmHg, FC (fréquence cardiaque) < 40 ou > 220/min. Les mesures non vali-

dées sont stockées dans un fichier pour consultation éventuelle. On peut les dénombrer et éditer les résultats. Par ailleurs, le programme structure par patient le fichier des données en y intégrant le numéro du traitement et l'heure d'administration du médicament (pour cela, on crée auparavant deux fichiers qui donnent la correspondance entre le numéro du patient et respectivement le numéro de traitement ou l'heure d'administration quand elle diffère de l'heure de début de la mesure ambulatoire de la pression artérielle. On peut imprimer la liste des mesures ambulatoires de la pression artérielle avec pour chacune d'elles diverses informations utiles dont le numéro du traitement, l'heure d'administration, le jour de la mesure ambulatoire de la pression artérielle (calculé à partir de la date), l'intervalle entre les mesures ambulatoires de la pression artérielle et le nombre de valeurs validées.

Pour constituer le fichier réduit des sujets « répondeurs » au traitement, on définit la sélection de cette catégorie : par exemple, les patients caractérisés par une baisse moyenne de la pression artérielle diastolique d'au moins 5 mmHg entre la 2e et la 10e heure suivant l'administration du médicament, différence mesurée entre les mesures ambulatoires de la pression artérielle sous placebo et celles obtenues sous traitement.

### Lissage des données mesurées

La variabilité des valeurs mesurées (2 à 4 par heure selon le moment dans notre étude) nécessite un lissage. Le logiciel offre plusieurs choix. On peut choisir la méthode habituelle du moyennage (moyenne des valeurs sur 1, 2 ou 3 heures), celui sur 2 heures étant le plus préconisé, surtout lorsqu'il y a peu de mesures par heure [2]. On peut aussi utiliser un lissage par une fonction : soit par un polynôme, soit par une suite trigonométrique (analyse de Fourier). On choisit le degré du polynôme ou le nombre d'harmoniques de la suite et le programme détermine la fonction au sens « des moindres carrés », c'est -à-dire celle qui minimise la somme des carrés des écarts entre les valeurs mesurées et les valeurs lissées. Le polynôme est écrit sous forme d'une suite de polynômes de Tchebycheff, écriture bien adaptée aux calculs. Le nombre de termes de la fonction permet d'agir sur la souplesse de la courbe d'approximation. Une des caractéristiques notables de l'analyse de Fourier sur 24 heures est d'imposer des valeurs identiques aux extrémités.

### Calcul de paramètres

Les paramètres concernent soit la cinétique d'une mesure ambulatoire de la pression artérielle soit les différences entre 2 paramètres d'un même sujet. Certains sont originaux (détermination de la période nocturne à partir des points d'inflexion de la fonction définis par des dérivées secondes nulles, mesure des pentes en ces points), d'autres sont classiques (calcul de la vallée et du pic et du rapport v/p). À partir des différences entre 2 mesures ambulatoires de la pression artérielle, le logiciel détermine aussi d'autres indices : leur moyenne, leur écart-type et le rapport des 2 (coefficient de variabilité) qui semblent plus sensibles que les indices habituels.

### Analyse statistique

Le logiciel détermine pour chacun des deux groupes de sujets traités des paramètres statistiques et compare les distributions par des tests statistiques classiques.

Les paramètres statistiques sont nombreux : moyenne, médiane, 1er et 3e quartiles, 5e et 95e percentiles, écart-type, écart-type estimé de la moyenne, minimum, maximum, effectif ; ces paramètres sont calculés sur les différences suivantes déterminées sur chaque patient : valeurs horaires (lissées), moyenne, minimum et maximum sur ces 24 valeurs, valeur moyenne sur les périodes diurne et nocturne (l'opérateur fixe les intervalles de ces 2 périodes), pic, vallée, rapport vallée/pic et fréquence des rapports supérieurs à 50 %. Tous ces paramètres sont déterminés pour chacun des 2 groupes correspondant aux 2 traitements.

Les distributions sont comparées par le test non paramétrique de Mann et Whitney (test de rangs mieux adapté que le test paramétrique t de Student-Fisher car les distributions ne sont pas gaussiennes en général). Les fréquences des rapports v/p > 50 % sont comparées par le test du chi 2 de Pearson. Les variances sont comparées par le test F de Snedecor. Les différences significatives sont signalées à l'impression par + ($p < 5$ %), ++ ($p < 1$ %), +++ ($p < 0{,}1$ %).

Les résultats sont affichés et peuvent être imprimés. Les caractéristiques de la population et des traitements mathématiques réalisés sont rappelées. On peut visualiser en *box-plot* les indices de base pour les 2 traitements (vallées, pics et v/p).

### Visualisation de courbes

Le logiciel permet aussi de visualiser une ou plusieurs mesures ambulatoires de la pression artérielle du même sujet sous forme de courbes (figure). Il propose divers graphiques dont les plus utiles sont les suivants :

– la courbe d'un type choisi (PAS, PAD, PAM, PP ou FC) avec les valeurs mesurées

– les courbes pression artérielle systolique et pression artérielle diastolique d'un couple de mesure ambulatoire de la pression artérielle avec les différences et le pic.

Les paramètres essentiels sont affichés à côté des courbes. On peut également visualiser ou imprimer séparément l'ensemble des paramètres calculés à paertir des courbes et de leurs différences.

Le logiciel permet également de comparer les cinétiques obtenues par deux lissages différents : par exemple avec 2 ou 3 harmoniques en analyse de Fourier.

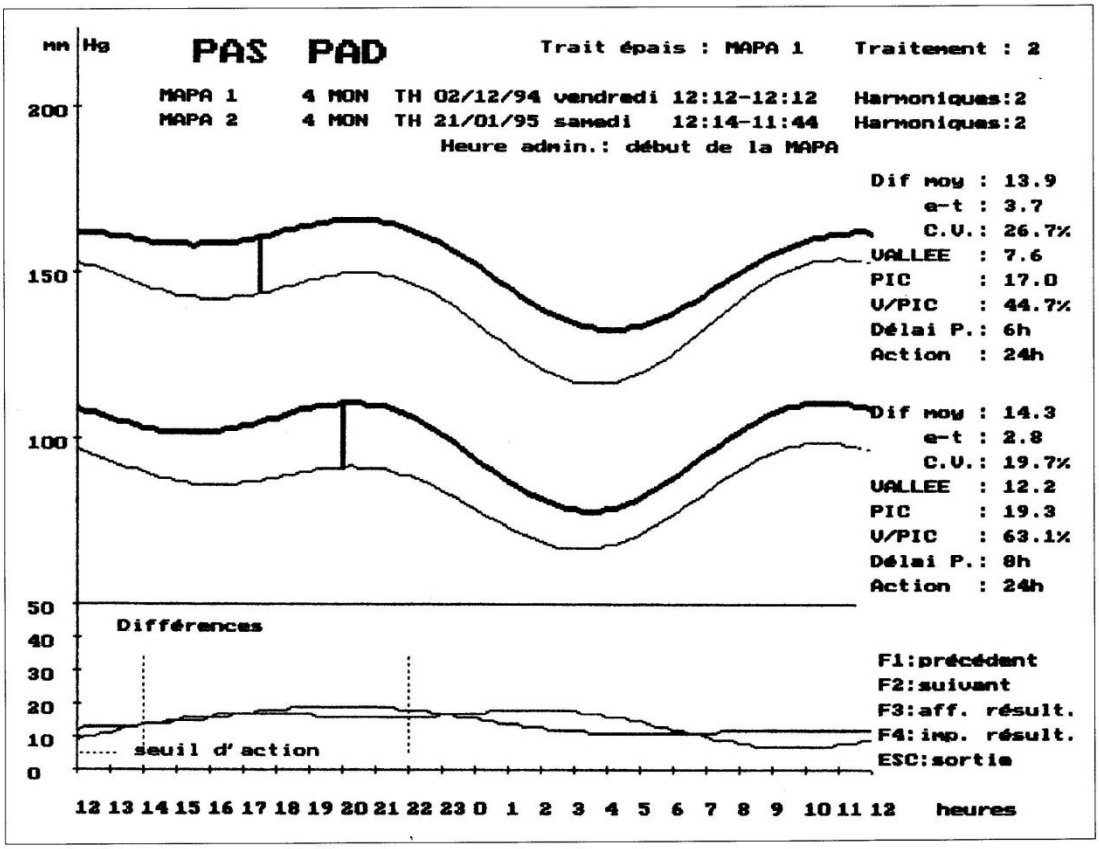



FIG. 1 - Visualisation des 2 MAPA d'un même sujet. Lissage des courbes en analyse de Fourier.
FIG. 1 - Visualisation of 2 ABPM for a same subject. Fourier's analysis.

## RÉSULTATS

Les programmes ont été appliqués à une étude comportant 237 mesures ambulatoires de la pression artérielle réalisées chez 79 patients dans le cadre d'un essai randomisé en double aveule sur deux groupes parallèles (n1 = 40 et n2 = 39), comparant deux inhibiteurs de l'enzyme de conversion en monothérapie. Les résultats sont présentés dans le tableau (page suivante).

Trois mesures ambulatoires de la pression artérielle étaient effectuées chez chaque patient : à la fin des 30 jours de la période avec placebo (M1), après 50 jours de traitement actif (M2) et 1 jour après l'arrêt du traitement (M3). Les résultats ont été comparés notamment à ceux obtenus selon des méthodes moins automatisées et antérieures à la mise au point du logiciel, ce qui a permis de valider les traitements de base et les tests statistiques.

Les différents modes de lissage permis par le logiciel (nous n'avons pas programmé le lissage par des fonctions *spline*) ont été comparés et nous avons pu noter, comme d'autres auteurs [3, 4], que l'analyse de Fourier était une méthode bien adaptée, préférable au moyennage et, dans notre étude, aux lissages par polynôme. Pour l'étude des cycles circadiens (phénomènes lents et périodiques), nous préconisons l'analyse de Fourier avec deux harmoniques (la période nocturne est en général bien définie par les points d'inflexion de la courbe). En cas de traitement, trois harmoniques paraissent le meilleur compromis.

Comme le logiciel permet de définir de façon individuelle la période nocturne et par suite la baisse nocturne, nous avons comparé les résultats obtenus par notre ajustement (utilisant les points d'inflexion) avec la méthode habituelle qui fixe arbitairement cette période. Nous avons pu constater la grande variabilité

TABLEAU — RÉSULTATS STATISTIQUES : TOUS LES SUJETS

| | moy/24 h | Minimum | Maximum | Pic | Vallée | V/P % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Traitement 1** | | | | | | |
| moyenne | −5,7 | −15,3 | 3,9 | −12,4 | −4,5 | 27,4 |
| médiane | −5,8 | −14,7 | 2,3 | −12,5 | −4,6 | 37,4 |
| écart-type | 4,7 | 5,5 | 8,0 | 5,8 | 8,3 | 87,5 |
| écart-type moyen | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 0,9 | 1,3 | 14,2 |
| minimum | −15,0 | −30,4 | −10,3 | −26,3 | −29,5 | −219,9 |
| maximum | 3,1 | −5,5 | 32,1 | −0,8 | 14,2 | 175,1 |
| effectif | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| **Traitement 2** | | | | | | |
| moyenne | −3,9 | −15,6 | 9,1 | −11,8 | −1,6 | 38,7 |
| médiane | −3,9 | −17,2 | 4,8 | −14,0 | −0,4 | 35,7 |
| écart-type | 9,3 | 8,9 | 21,5 | 9,9 | 14,3 | 321,6 |
| écart-type moy | 1,5 | 1,4 | 3,5 | 1,6 | 2,3 | 52,2 |
| minimum | −26,8 | −32,7 | −18,0 | −30,5 | −31,0 | −1 535,6 |
| maximum | 22,8 | 5,3 | 95,4 | 8,8 | 57,1 | 933,9 |
| effectif | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| U | 0,81 | −0,79 | 0,97 | −0,27 | 1,19 | 0,73 |
| F | 4,01 | 2,61 | 7,16 | 2,92 | 2,94 | 13,51 |
| X2 | Rapport (v/p) > 50 % = 0,05 | | Dippers = 0,46 | | | |

Comparaison des paramètres entre les 2 traitements (exemple de bilan partiel affiché par le logiciel). U : test de Mann et Whitney ramené à la loi normale centrée et réduite. F : test de Snedecor (comparaison des variances).

individuelle de cette période et que les traitements ne modifiaient pas les caractéristiques de la cinétique nocturne [5].

## CONCLUSION

Le logiciel mis au point fonctionne actuellement avec les fichiers du Spacelabs mais peut s'adapter sans doute aisément à d'autres appareils tel le Novacor. Il facilite l'exécution d'opérations longues et délicates, souvent mal définies. Il nécessite de définir parfaitement la méthode utilisée. Il permet de gagner un temps précieux, fournit des indices difficiles à obtenir (période nocturne, variabilité). Enfin, il permet l'utilisation de lissages élaborés et peut conduire à définir des méthodes de référence. Ainsi, il peut être un outil utile pour tous ceux qui réalisent des études épidémiologiques ou des essais comparatifs en utilisant des mesures ambulatoires de la pression artérielle.

**MOTS CLÉS :** logiciel, pression artérielle, mesures ambulatoires, lissage, analyse de Fourier.

## Références

1. **Meredith PA, Elliot H.** FDA guidelines on trough : peak ratios in the evaluation of antihypertensive agents. J Cardiovasc Pharmacol 1993 ; 22 (suppl. A) : S 6-S 8.
2. **Omboni S, Parati G, Zanchetti A et al.** Calculation of trough : peak ratio of antihypertensive treatment from ambulatory blood pressure : methodological aspects. J Hypertens 1995 ; 13 : 1105-12.
3. **Chau N, Mallion J, Gaudemaris R et al.** Twenty-four-hour ambulatory blood pressure in shift workers. Circulation 1989 ; 2 : 341-7.
4. **Streiberg B, Meyer-Sabellek W.** Smoothing twenty-four-hour ambulatory blood pressure profiles : a comparison of alternative methods. J Hypertens 1990 ; 8 (suppl 6) : S 21-S 27.
5. **Legras B, Zannad F, Challier B.** Intérêt de la modélisation de la pression artérielle par analyse de Fourier pour la détermination de la cinétique nocturne. XVII[es] journées de l'hypertension artérielle. Paris, 1997.