

UNIVERSITÉ DE NANCY I

1986

81542

FACULTÉS A ET B DE MÉDECINE

N° 166

**UN SYSTEME EXPERT APPLIQUE
AU CALCUL DES DOSES D'INSULINE
CHEZ LE DIABETIQUE INSULINO-DEPENDANT**



THÈSE

présentée et soutenue publiquement

le 11 Juin 1986

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

par

Pierre MARIOT

né le 21 Décembre 1956, à NANCY (Meurthe-et-Moselle)



* 0 0 7 0 3 8 6 1 5 9 *

Examineurs de la Thèse : MM. B. LEGRAS, Professeur

Président

P. DROUIN, Professeur

J.-P. HATON, Professeur

Mme M. KESSLER, Professeur

} Juges

**UN SYSTEME EXPERT APPLIQUE
AU CALCUL DES DOSES D'INSULINE
CHEZ LE DIABETIQUE INSULINO-DEPENDANT**



THÈSE

présentée et soutenue publiquement

le 11 Juin 1986

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

par

Pierre MARIOT

né le 21 Décembre 1956, à NANCY (Meurthe-et-Moselle)

Examineurs de la Thèse : **MM. B. LEGRAS, Professeur** *Président*
P. DROUIN, Professeur
J.-P. HATON, Professeur } *Juges*
Mme M. KESSLER, Professeur

UNIVERSITE DE NANCY I
Président : Professeur R. MAINARD

FACULTE A DE MEDECINE

Doyen : Pr. F. STREIFF

Vice-Doyens

- 1er cycle : Pr. B. FOLIGUET
- 2ème et 3ème cycles : Pr. Ph. CANTON
- Affaires financières : Pr. D. ANTHOINE

FACULTE B DE MEDECINE

Doyen : Pr. G. GRIGNON

Vice-Doyens

- 1er cycle : Pr. J.P. CRANCE
- 2ème et 3ème cycles : Pr. M. VIDAILHET
- Affaires financières : Pr. C. PERNOT

Doyens honoraires:

- Pr. A. BEAU
- Pr. A. DUPREZ
- Pr. J.B. DUREUX

Professeurs honoraires:

- C. FRANCK — A. BODART — J. HARTEMANN — P. FLORENTIN — P. BERTRAND — C. THOMAS
N. NEIMANN — A. BEAU — L. PIERQUIN — J. RICHON — A. DOLLANDER — J. CAYOTTE
J. CORDIER — E. LEGAIT — J. LOCHARD — C. BURG — R. HERBEUVAL
G. FAIVRE — J.M. FOLIGUET — J.M. PICARD

DISCIPLINES du CONSEIL SUPERIEUR des UNIVERSITES		FACULTE A de MEDECINE	FACULTE B de MEDECINE
Sections	Sous-Sections		
37° BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE et MOLECULAIRE	7° : Biochimie et Biologie appliquées	Pr. D. BURNEL	
42° SCIENCES MORPHOLOGIQUES	1° : Anatomie	Pr. J. BORELLY N.	Pr. M. RENARD Pr. J. ROLAND
	2° : Histologie et embryologie	Pr. B. FOLIGUET	Pr. G. GRIGNON Pr. H. GERARD
	3° : Anatomie pathologique	Pr. A. DUPREZ	Pr. G. RAUBER Pr. J. FLOQUET
43° BIOPHYSIQUE et RADIOLOGIE	1° : Biophysique	Pr. A. BERTRAND	Pr. J. ROBERT
	2° : Radiologie	Pr. P. BERNADAC Pr. J.C. HOFFEL Pr. D. REGENT	Pr. A. TREHEUX (Mme) Pr. L. PICARD
44° BIOCHIMIE, PHYSIOLOGIE et BIOLOGIE CELLULAIRE	1° : Biochimie	Pr. P. NABET Pr. F. NABET- BELLEVILLE (Mme)	Pr. P. PAYSANT Pr. J.P. NICOLAS
	2° : Physiologie	Pr. P. ARNOULD Pr. M. BOURA Pr. H. UFFHOLTZ	Pr. M. BOULANGÉ Pr. J.P. CRANCE Pr. J.P. MALLIÉ
	3° : Biologie cellulaire	Pr. C. BURLET	

DISCIPLINES du CONSEIL SUPERIEUR des UNIVERSITES		FACULTE A de MEDECINE	FACULTE B de MEDECINE
Sections	Sous-Sections		
45 ^e MICROBIOLOGIE et MALADIES TRANSMISSIBLES	1 ^{re} : <i>Bactériologie, virologie, hygiène</i>	Pr. J.C. BURDIN	Pr. E. de LAVERGNE
	2 ^e : <i>Parasitologie</i>		Pr. G. PERCEBOIS
	3 ^e : <i>Maladies infectieuses et tropicales</i>	Pr. Ph. CANTON	Pr. J.B. DUREUX
46 ^e SANTÉ PUBLIQUE	1 ^{re} : <i>Epidémiologie, économie de la santé et prévention - Biostatistiques et informatique médicale</i>	Pr. R. SENAULT Pr. J.P. DESCHAMPS Pr. J. MARTIN	Pr. M. MANCIAUX Pr. Ph. HARTEMANN Pr. B. LEGRAS
	2 ^e : <i>Médecine du travail</i>		Pr. G. PETIET
	3 ^e : <i>Médecine légale</i>	Pr. G. de REN	
47 ^e HEMATOLOGIE, CANCEROLOGIE, IMMUNOLOGIE et GENETIQUE	1 ^{re} : <i>Hématologie</i> <i>Génie biologique et médical</i>	Pr. F. STREIFF N.	Pr. P. ALEXANDRE
	2 ^e : <i>Cancérologie, radiothérapie</i>	Pr. C. CHARDOT	Pr. P. BEY
	3 ^e : <i>Immunologie</i>	Pr. J. DUHEILLE N.	
	4 ^e : <i>Génétique</i>		Pr. M. PIERSON
48 ^e ANESTHESIOLOGIE, PHARMACOLOGIE, REANIMATION et THERAPEUTIQUE	1 ^{re} : <i>Anesthésiologie et réanimation chirurgicale</i>		Pr. J. LACOSTE Pr. M.C. LAXENAIRE (Mme)
	2 ^e : <i>Réanimation médicale</i>	Pr. H. LAMBERT	Pr. A. LARCAN
	3 ^e : <i>Pharmacologie fondamentale - Pharmacologie clinique - Thérapeutique</i>	Pr. P. NETTER	Pr. R.J. ROYER

DISCIPLINES du CONSEIL SUPERIEUR des UNIVERSITES		FACULTE A de MEDECINE	FACULTE B de MEDECINE
Sections	Sous-Sections		
49 ^e PATHOLOGIE NERVEUSE, PATHOLOGIE MENTALE et REEDUCATION	1 ^{re} : Neurologie	Pr. Michel WEBER	Pr. G. BARROCHE
	2 ^e : Neurochirurgie	N.	Pr. J. LEPOIRE Pr. H. HEPNER
	3 ^e : Psychiatrie d'adultes		Pr. M. LAXENAIRE
	4 ^e : Pédopsychiatrie	Pr. P. TRIDON Pr. C. VIDAILHET (Mme)	
	5 ^e : Rééducation fonctionnelle		Pr. J.M. ANDRE
50 ^e PATHOLOGIE OSTEO- ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE PLASTIQUE	1 ^{re} : Rhumatologie	Pr. A. GAUCHER	Pr. J. POUREL
	2 ^e : Chirurgie orthopédique et traumatologie		Pr. J. SOMMELET Pr. D. SCHMITT Pr. J.P. DELAGOUTTE
	3 ^e : Dermatologie	Pr. Max WEBER	Pr. J. BEUREY
	4 ^e : Chirurgie plastique et reconstitutive	Pr. J. MICHON Pr. M. MERLE	
51 ^e PATHOLOGIE CARDIO-PULMONAIRE et VASCULAIRE	1 ^{re} : Pneumologie	Pr. P. SADOUL Pr. D. ANTHOINE Pr. J.M. POLU	Pr. P. LAMY Pr. G. VAILLANT
	2 ^e : Cardiologie et maladies vasculaires	Pr. F. CHERRIER Pr. E. ALIOT	Pr. C. PERNOT Pr. J.M. GILGENKRANTZ
	3 ^e : Chirurgie thoracique et cardiaque	Pr. R. BENICHOUX Pr. J.P. VILLEMOT	Pr. P. MATHIEU
	4 ^e : Chirurgie vasculaire		Pr. G. FIEVE
52 ^e MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE	1 ^{re} : Hépatologie, gastro-entérologie	Pr. M.A. BIGARD	Pr. P. GAUCHER
	2 ^e : Chirurgie digestive		
	3 ^e : Néphrologie	Pr. C. HURIET	Pr. M. KESSLER (Mme)
	4 ^e : Urologie	Pr. P. GUILLEMIN	Pr. J. L'HERMITE

DISCIPLINES du CONSEIL SUPERIEUR des UNIVERSITES		FACULTE A de MEDECINE	FACULTE B de MEDECINE
Sections	Sous-Sections		
53 ^e MEDECINE INTERNE et CHIRURGIE GENERALE	1 ^{re} : Médecine interne	Pr. G. CUNY Pr. J.P. GRILLIAT Pr. O. GUERCI Pr. G. THIBAUT Pr. P. LEDERLIN	Pr. J. SCHMITT Pr. D. BARRUCAND Pr. M. DUC Pr. F. PENIN Pr. D. MONERET- VAUTRIN (Mme)
	2 ^e : Chirurgie générale	Pr. J. GROSDIDIER Pr. R. FRISCH Pr. P. BOISSEL	
54 ^e PATHOLOGIE DE L'ENFANT, OBSTETRIQUE, SYSTEME ENDOCRINIEN, REPRODUCTION et DEVELOPPEMENT	1 ^{re} : Pédiatrie	Pr. P. VERT Pr. D. OLIVE (Mme) Pr. P. MONIN	Pr. M. VIDAILHET
	2 ^e : Chirurgie infantile	Pr. J. PREVOT	Pr. M. SCHMITT
	3 ^e : Gynécologie et obstétrique	Pr. M. SCHWEITZER Pr. J.L. BOUTROY	Pr. M. RIBON Pr. P. LANDES
	4 ^e : Endocrinologie et maladies métaboliques	Pr. J. LECLERE Pr. P. DROUIN	Pr. P. HARTEMANN Pr. G. DEBRY
	5 ^e : Biologie du dévelop- pement et de la reproduction		
55 ^e SPECIALITES MEDICO- CHIRURGICALES	1 ^{re} : Oto-rhino- laryngologie	Pr. C. PERRIN	Pr. M. WAYOFF Pr. C. SIMON
	2 ^e : Ophtalmologie	Pr. J.L. GEORGE	Pr. A. RASPILLER
	3 ^e : Stomatologie et chirurgie maxillofaciale	Pr. J.F. CHASSAGNE	Pr. M. STRICKER

Agrégré libre : M. ARNULF

Docteurs Honoris CausaPr. André CURNAND (1968)
Columbia University, New-York (USA)Pr. Curt CUPPERS (1977)
Universität de Giessen (RFA)Pr. Marc HERLAND (1972)
Faculté de Médecine, Bruxelles (BELGIQUE)Pr. Paul MICHELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (BELGIQUE)Pr. Jean. J. PASTEELS (1972)
Université libre, Bruxelles (BELGIQUE)Pr. Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (USA)Pr. Ferdinando ROSSI (1972)
Faculté de Médecine, Gènes (ITALIE)Pr. Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (USA)Pr. Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (USA)Pr. Hamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (USA)Pr. Léo STERN (1976)
Brown University, Providence (USA)Pr. Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (USA)

A MONSIEUR LE PROFESSEUR B. LEGRAS

Qui nous a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse et nous l'en remercions. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre vive gratitude et de notre profond respect.

A NOS JUGES

MONSIEUR LE PROFESSEUR P. DROUIN

Qui nous a encouragé dès le début à réaliser ce travail.
Il nous a ouvert les portes de son service. Il nous a
donné son avis d'expert sur les règles rentées dans le
système. Nous tenons à l'en remercier profondément.

MONSIEUR LE PROFESSEUR J.P. HATON

Qui nous a fait découvrir l'intelligence artificielle et
qui nous a initié aux techniques des systèmes experts. Il
nous a conseillé dans la partie informatique de ce
travail. Qu'il trouve ici l'assurance de notre gratitude
et de notre profonde admiration.

MADAME LE PROFESSEUR M. KESSLER

Qui nous a fait l'honneur de juger ce travail et de s'y intéresser en envisageant des applications en néphrologie. Qu'elle trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR J. MARTIN

Qui est notre maître en informatique médicale. Il nous a fait découvrir cette discipline et il a su nous la faire aimer. Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect et de notre grande reconnaissance.

A TOUS CEUX SANS QUI CE TRAVAIL N'AURAIT PU ETRE REALISE:

MONSIEUR LE PROFESSEUR J.P. MUSSE

Qui a développé de nombreux programmes informatiques en diabétologie et qui a eu l'idée de cette réalisation.

MONSIEUR J.M. MARTIN

Qui nous a permis de cerner les difficultés de départ en nous aidant à comprendre ce qui était réalisable et ce qui ne l'était pas.

MONSIEUR LE DOCTEUR P. GROSS

Qui a passé de nombreuses heures à améliorer les règles du système.

MADAME DURAIN

Infirmière chargée de l'éducation des diabétiques, qui nous a expliqué une partie de son savoir-faire.

MESSIEURS F. CHARPILLET et D. FOHR

Qui nous ont aidé à écrire les premières règles du système.

Nous les remercions tous très vivement.

A AGNES

Qui m'a toujours soutenu tout au long de ce travail.

En témoignage de mon amour.

A JULIEN

A MES PARENTS

Qui m'ont encouragé dans la poursuite de mes études médicales.

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude et de ma très
vive affection.

A TOUTE MA FAMILLE ET A TOUS MES AMIS.

SERMENT

Sur ma conscience, en présence de mes Maîtres et de mes
Condisciples, je jure d'exercer la médecine suivant les lois de la morale
et de l'honneur, et de pratiquer scrupuleusement tous mes devoirs envers
les malades, mes confrères et la société.

PLAN

- III) LA FORMALISATION DES REGLES
- IV) ENVISAGER LA COMMUNICATION AVEC
L'EXTERIEUR
- V) MISE EN PLACE DU CONTEXTE
- VI) ECRITURE DES REGLES
- VII) LES TESTS
- VIII) LA MISE AU POINT
- IX) LA VALIDATION

CONCLUSION

GLOSSAIRE

ANNEXES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION



Le diabète insulino-dépendant reste une maladie redoutable par ses complications potentielles à long terme. Une équilibration correcte et permanente du diabète constitue probablement le meilleur moyen de les prévenir.

La technique de l'autocontrôle diabétique a été un progrès important dans ce sens. Mais elle demande un apprentissage difficile pour être correctement maîtrisée.

Nous avons développé un système expert fondé sur les techniques dites d'intelligence artificielle qui prend en charge une partie de l'éducation du diabétique. Pour faciliter son utilisation, il fonctionne sur un microordinateur (APPLE IIe).

Dans ce document nous envisagerons successivement:

- l'intelligence artificielle et certaines de ses applications en médecine
- les difficultés posées par l'éducation du diabétique et la façon de les résoudre par les techniques précédentes
- la réalisation du système
- l'utilisation du système pour créer son propre système dédié à d'autres applications .

REMARQUE: les termes techniques utilisés en intelligence artificielle sont détaillés dans le GLOSSAIRE.

PREMIERE PARTIE

PRESENTATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
ET DE SES RAPPORTS AVEC
L'EDUCATION DU DIABETIQUE

I) LES SYSTEMES EXPERTS

I-1) PRESENTATION

L'intelligence artificielle (IA) est une branche de l'informatique en plein développement. En donner une définition est très délicat. Son but est de donner à des machines des comportements, des capacités de raisonnement qui ne soient pas l'application simple d'un algorithme déjà prévu. Les programmes d'IA doivent donner aux machines la possibilité d'évoluer dans des contextes non prévus à l'avance, ce que ne savent pas faire les programmes classiques. L'IA s'applique à plusieurs domaines :

- l'interprétation des formes: elle permet de reconnaître des objets dans un environnement; par exemple l'identification d'une table, de quatre chaises, d'une armoire dans une pièce filmée par la caméra d'un robot, ou bien la reconnaissance d'une tumeur sur une image de scanner . Mais ces formes à identifier sont aussi les phonèmes dans le langage oral (11) ou la forme grammaticale d'une phrase écrite...

- la génération de plans qui détermine la suite d'actions à entreprendre pour arriver au résultat recherché. Un exemple simple est le problème du singe et de la banane: le système doit trouver comment peut procéder un singe pour attraper une banane accrochée au plafond et bien trop haute pour lui. Dans la pièce se trouvent une table et une chaise dont les hauteurs cumulées avec celle du singe atteignent la hauteur de la banane.

- la prise de décision dans un domaine de connaissances limitées : ce sont les systèmes experts.

Ils sont qualifiés d' "experts" car ils cherchent à atteindre la même qualité de décision qu'un expert humain dans le domaine concerné. Pour atteindre ce but, le raisonnement humain est analysé, une synthèse en est faite dans le système qui peut alors l'utiliser.

La première étape consiste à déterminer les types de connaissances utilisées et à fixer le formalisme de représentation (8). Dans le calcul des doses d'insuline la connaissance est sous forme de règles :

SI (PREMISSE 1 ... PREMISSE N) ALORS (CONCLUSION ACTION)

La deuxième étape détermine les noeuds du raisonnement de l'expert qui seront transformés en descripteurs élémentaires :

VALEUR DE GLYCEMIE, GLYCEMIE DE REGLAGE, MALAISE, TYPE D'INSULINE ...

La troisième recueille la connaissance elle-même, stockée en utilisant le formalisme précédent :

SI LA GLYCEMIE EST SUPERIEURE A 1,30 G/L ALORS ELLE EST TROP ELEVÉE

Les connaissances utilisées sont des connaissances pratiques. Elles ne sont pas livresques mais issues de l'expérience concrète de l'expert. Le système contiendra les connaissances qui lui permettront de résoudre le problème. A chaque connaissance est associée son explication. L'utilisateur et l'expert lui même pourront suivre la démarche du système. La justification du raisonnement sera donc possible contrairement à un programme classique qui ne peut que donner le résultat. Les systèmes experts permettent simultanément la mise en oeuvre et la transmission du savoir de l'expert. Les connaissances sont données sous forme déclarative. Elles sont indépendantes entre elles et du contexte. Ces connaissances exprimées clairement et de façon indépendante sont très facilement modifiables. L'exploration longue et fastidieuse d'un programme n'est plus nécessaire, la connaissance à modifier pouvant intervenir à de nombreux niveaux dans le programme à modifier. Dans un programme classique l'enchaînement des étapes est fixé définitivement et contient en lui-même la connaissance.

Le système expert va donc être construit avec une architecture très particulière qui comprend trois structures principales (5):

- La base de connaissance :

Elle contient les connaissances elles-mêmes écrites dans un langage spécifique du domaine d'expertise. Les informations sont rentrées sans ordre particulier hors de leur contexte. Le système les exploitera correctement ultérieurement.

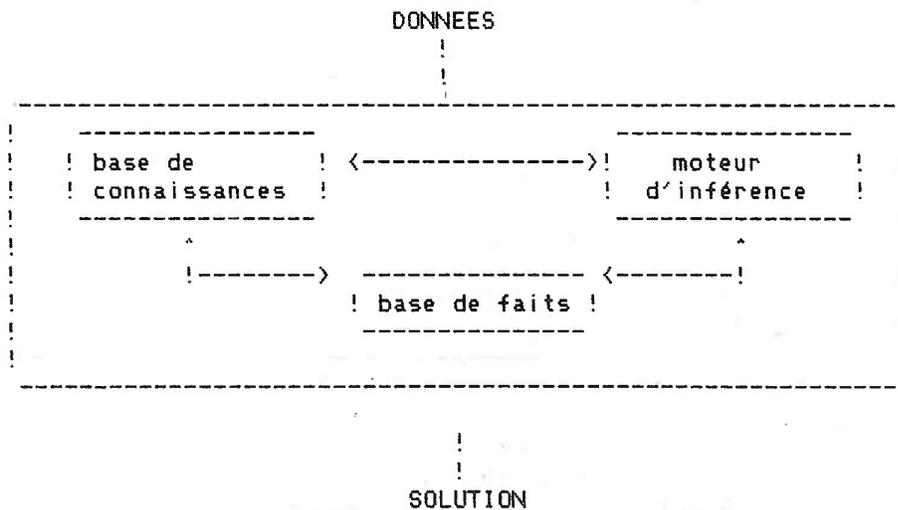
- La base de faits :

Elle sert de mémoire intermédiaire lors du fonctionnement. Les étapes partielles du raisonnement y sont stockées, c'est-à-dire qu'elle contient toutes les données connues et inférées par le système à un moment donné. Elle sert à justifier le raisonnement et à donner une trace de l'enchaînement suivi.

- Le moteur d'inférence :

Exploite la base de connaissances et la base de faits dans l'ordre nécessaire pour résoudre le problème posé.

Ces trois structures peuvent être représentées selon ce schéma (4):



Exemple :

La base de connaissance (une règle):

si

Moment-action-insuline (JOUR, MOMENT, TYPE,
HEURE-DEBUT, HEURE-FIN)

Sport (JOUR, HEURE-SPORT)

Dans (HEURE-SPORT, HEURE-DEBUT, HEURE-FIN)

alors

Diminuer-insuline (JOUR, MOMENT, TYPE)

Ce qui veut dire: si l'insuline au jour: JOUR, d'un moment: MOMENT, de type: TYPE, agit entre les heures: HEURE-DEBUT et HEURE-FIN et que l'on fera du sport entre ces deux heures, alors il faut diminuer la dose d'insuline.

La base de fait au départ contient:

Moment-action-insuline (10, matin, rapide, 7, 12)

Sport (10, 11)

Ce qui veut dire: l'insuline du 10^e jour du matin de type rapide agit de 7 à 12 heures et une activité sportive est prévue le 10^e jour à 11 heures.

Après passage du moteur d'inférence sur la base de connaissances et sur la base de faits, cette dernière contiendra en plus le fait suivant:

Diminuer-insuline (10, matin, rapide)

Ce qui veut dire: il faut diminuer l'insuline rapide du matin, du 10^e jour.

Les systèmes experts fonctionnent en mode incertain (ou flou) ou en mode certain. Le premier a pour but de reproduire des raisonnements ayant plusieurs conclusions possibles mais de plausibilité différentes. Ainsi à la suite d'un examen clinique, plusieurs diagnostics peuvent être évoqués mais avec des plausibilités différentes (1). Le deuxième reproduit des raisonnements où chaque étape est sûre. Le but recherché est atteint ou ne l'est pas.

Les étapes de la construction d'un système expert seront:

- Fixer de façon précise et limitée le domaine de ce que l'on veut représenter.
- Choisir le formalisme de représentation.
- Reconnaître les concepts opératoires et les connaissances par un dialogue suivi avec un expert du domaine. Un expert en ayant une connaissance pratique et non pas seulement théorique.
- Réaliser une première version du système qui permette de mieux appréhender les résultats en visualisant le cheminement par lequel ils sont obtenus. Les connaissances sont modifiées et retestées jusqu'à l'obtention de conclusions en accord avec celles de l'expert dans le maximum de cas possibles.
- Valider le système en le soumettant à d'autres experts pour obtenir des résultats plus généraux et mettre en évidence des aspects oubliés par la première équipe.

I-2) L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR OU EAO

L'enseignement assisté par ordinateur a pour but de procurer ou aider un enseignement par l'intermédiaire d'un ordinateur en général dans un domaine limité. L'EAO traditionnel est caractérisé par un enchaînement d'exercices prévus à l'avance, dont les réponses sont stockées dans les programmes.

L'inconvénient de cette méthode est que les réponses prévues par l'ordinateur sont figées, le programme ne possédant pas les capacités de raisonner sur les connaissances qu'il doit enseigner. Il est juste bon à montrer les exercices et à en donner les solutions enregistrées à l'avance.

Toutefois cette façon de faire a permis de faire progresser l'enseignement assisté par ordinateur. La plupart des programmes d'enseignement fonctionnent ainsi actuellement.

L'introduction de l'intelligence artificielle dans ces programmes d'enseignement doit permettre des améliorations notables dans leurs capacités, la qualité principale étant la résolution par eux-mêmes des problèmes posés aux élèves (3).

Les différentes techniques de l'intelligence artificielle vont apporter les améliorations suivantes:

- le système peut choisir une méthode de raisonnement possible parmi d'autres
- le système peut vérifier le raisonnement suivi par l'élève
- ces deux possibilités combinées montrent la réflexion à suivre face à un problème posé.

L'introduction de fausses règles de raisonnement dans le système,

fausses règles qu'utilise souvent l'élève le faisant aboutir à des résultats erronés, lui permet alors de comprendre quelles sont ses erreurs et de le guider pour les corriger (3).

Il est souhaitable d'introduire également dans le système un mécanisme permettant d'obtenir un compte-rendu sur l'activité de l'élève, permettant à l'enseignant de suivre sa progression. Un système intelligent peut s'adapter au niveau de l'élève, en réussissant à faire une identification c'est-à-dire à trouver progressivement quels sont ses points faibles ou forts et à adapter les exercices à la progression de sa compréhension.

En conclusion un système d'EAO associé à un système expert permet de donner des explications rationnelles du raisonnement, de suivre le raisonnement de l'élève, d'avoir une gestion personnalisée des exercices, de modifier très facilement les exercices d'EAO traditionnel, enfin de poser des exercices directement à l'ordinateur (12).

Les connaissances stockées dans le programme sont celles de l'enseignant ou de l'expert; ces connaissances sont donc facilement modifiables par l'enseignant ou l'expert.

1-3) LES APPLICATIONS DES SYSTEMES EXPERTS EN MEDECINE ET SURTOUT EN DIABETOLOGIE

L'aide à la décision en médecine utilise plusieurs techniques: probabilités, analyse discriminative ... (10), mais actuellement l'utilisation de l'intelligence artificielle semble la plus efficace.

Les systèmes experts et l'EAO intelligent sont étroitement imbriqués. La plupart des systèmes experts proposent un module d'enseignement. Ce module est facile à implanter puisque la structure même des connaissances dans les systèmes experts leur permet de donner très facilement les justifications de leur raisonnement (6). Ce sont ces justifications qui permettent l'enseignement.

Les premiers systèmes ont été développés aux Etats-Unis:

- MYCIN (25)

Ce système est le plus cité lorsque l'on parle de systèmes experts médicaux car c'est le premier qui a utilisé les techniques de l'intelligence artificielle alors que les autres étaient jusqu'alors fondés sur les méthodes statistiques.

Il a pour but essentiel le diagnostic et le traitement des méningites. Toutefois il n'est pas utilisé par les cliniciens car ses réponses ne deviennent pertinentes qu'avec les résultats des cultures bactériennes. Mais les développements qu'il a suscités, ont ouvert de nombreuses voies (16).

- UN SYSTEME D'EVALUATION DES COMPLICATIONS DU DIABETE

(31)

Ce système assez ancien développé à Haifa en Israël a pour but de déterminer le type de diabète et de révéler les complications dues à la maladie. Il prend ses décisions par la combinaison de critères suffisants pour confirmer ou infirmer. Il établit un rapport sur les signes trouvés et les conclusions qui en ont été tirées.

- CASNET

Son objectif est d'obtenir un système expert de consultation pour une pathologie évolutive restreinte: le glaucome (14).

Les données évolutives des patients sont reliées à un modèle de la physiopathologie du glaucome, permettant au système de donner des modèles explicatifs des pathologies rencontrées.

Le système, évalué par des ophtalmologistes serait adéquat dans 95% des cas (15).

- INTERNIST (21)

Ce système expert a le but très ambitieux de vouloir répondre à tous les problèmes diagnostiques rencontrés en médecine interne. Il a une base de connaissance très importante. Il a été évalué sur des cas cliniques complexes du "New England Journal of Medicine". Mais ses performances restent inférieures à celles des cliniciens. En outre il ne peut pas prendre en compte des connaissances anatomiques ou temporelles.

En France il existe de nombreux systèmes. Nous citerons particulièrement les trois plus connus sur LE DIABETE :

- SPHINX (7)

Il est développé dans le laboratoire d'informatique médicale de la faculté de médecine de Marseille. Il a pour but la thérapeutique du diabète non insulino-dépendant. Il possède un module d'enseignement, un module de dialogue en langage restreint et un module de décision. Son évaluation (20) met en évidence un niveau d'expertise intermédiaire entre les experts et les généralistes. L'appréciation test de deux experts ne diffère pas d'un expert à l'autre.

- PROTIS (27)

Il est développé par l'équipe du laboratoire d'informatique médicale de Marseille. Son principal intérêt est d'utiliser des règles d'inférence en logique floue (32), les déductions se faisant à partir de propositions floues. En effet considérer par exemple, la glycémie comme normale jusque 1,29 g/l et anormale à partir de 1,3 g/l est source d'erreurs. Les conclusions sont donc pondérées et s'adaptent aux informations imprécises. Les solutions sont fournies de façon ordonnées et l'accès se fait en mode conversationnel.

- DIABETO

Il est développé à Toulouse. La connaissance sur le diabète est découpée par thème: par exemple, aider à établir un régime

régime, à adapter les doses d'insuline. Chaque thème comprend un ensemble de règles qui peuvent faire appel aux résultats d'autres thèmes. Le thème "aider à soigner le diabète" fait appel aux deux autres cités précédemment. Il est fait pour aider les médecins généralistes dans leur prise de décision en diabétologie. Cette mise à disposition est directe par le réseau télématique du Minitel.

DANS D'AUTRES DOMAINES :

- TROPICAID-2

Le système est développé à l'unité INSERM 88 de la Pitié-Salpêtrière. Il ne travaille pas en diabétologie mais nous le citons car il est réalisé sur microordinateur portable et autonome. Il a pour but d'aider les infirmières des pays en voie de développement. Il contient une base de connaissance sur les maladies rencontrées dans ces pays et leurs traitements

- REINART (2)

C'est un système développé à Montpellier à l'AIDER (association pour l'installation à domicile des épurations rénales). Il satisfait aux objectifs suivants:

- permettre aux médecins d'adapter le système aux différents équipements, de suivre l'évolution du matériel, de modifier les informations destinées aux malades
- aider à l'éducation du patient au cours du stage de

formation

- suivre et contrôler le déroulement des opérations d'une séance de dialyse
- récupérer les paramètres des séances d'hémodialyse pour faciliter le suivi des malades

- SELF (13)

C'est un système expert développé à Nancy au laboratoire d'informatique médicale de la faculté de médecine. Il a pour objectif de fournir aux médecins un système d'aide à la décision facilement utilisable et abordable. C'est pourquoi les connaissances y sont représentées de façon relativement simple, les médecins non initiés pouvant les créer. Il est implanté sur les microordinateurs les plus courants.

IL utilise des règles du type "si (prémisse) alors (conclusion)", pondérées par un coefficient. La représentation des connaissances est matérialisée par un tableau dans lequel les colonnes se réfèrent à des hypothèses cliniques, biologiques Les lignes du tableau récapitulent toutes les conclusions diagnostiques, thérapeutiques auxquelles peut arriver le système dans l'application choisie. Il établit ses conclusions par la mise en jeu de la logique floue.

Différentes bases de connaissances ont été constituées en gynécologie (il existe un assez long recul pour une base sur la prescription d'une méthode contraceptive), en pneumologie, en hématologie, en angéologie.

Tous ces systèmes sont encore à l'état de prototypes: c'est-à-dire qu'ils ne sont utilisés que dans les laboratoires ou dans les services où ils ont été conçus. Les systèmes experts "industriels" n'existent pas encore en médecine. Les perspectives les plus prometteuses semblent être dans leur application à l'enseignement et à la thérapeutique (24).

II) L'AUTOCONTROLE DU DIABETIQUE INSULINODEPENDANT

Le diabète est une maladie grave par ses complications à long terme. Le principal facteur de risque de la microangiopathie diabétique est l'hyperglycémie chronique. Un des principaux aspects du traitement a donc pour but de ramener en permanence la glycémie dans les fourchettes de normalité, à savoir de 0,65 à 1,30 g/l avant les repas et de 1,00 à 1,80 g/l après les repas (17). Ce but peut être atteint chez le diabétique insulino-dépendant par l'injection sous-cutanée pluriquotidienne d'insuline. Ceci à condition que la dose de chaque insuline puisse en permanence être déterminée de façon précise en fonction des besoins de son organisme (19) (26), évitant ainsi aussi bien l'hyper que l'hypoglycémie. Cela nécessite que le diabétique puisse mesurer sa glycémie plusieurs fois dans la journée et de façon fiable (23). Cela est possible moyennant l'utilisation d'un matériel adéquat actuellement disponible de façon courante: autopiéromètres, bandelettes réactives à la glucose oxydase et lecteurs par réflectancemétrie de ces bandelettes (18) qui sont simples à manipuler même par des enfants (28). L'équilibre n'est amélioré que si le diabétique a bien assimilé l'éducation spécifique à ce mode de calcul des doses.

II-1) L'EDUCATION DU DIABETIQUE INSULINODEPENDANT

Le diabétique insulino-dépendant doit recevoir une éducation spécifique afin de lui permettre de vivre sa maladie le mieux possible. Cela amène à lui enseigner de nombreuses connaissances abordant des domaines très variés, tels que l'hygiène ou les problèmes qu'il peut rencontrer dans sa vie familiale, professionnelle et sociale par exemple.

Pour notre part, nous nous sommes intéressés au seul problème de l'autocontrôle glycémique qui est une des facettes les plus importantes de l'éducation globale du diabétique insulino-dépendant.

II-2) LES REGLES DE L'AUTOCONTROLE GLYCEMIQUE (ACG)

Ces règles sont les suivantes, regroupées par grand thème :

- a) l'interprétation des glycémies

- la glycémie est considérée comme normale si elle est comprise dans les fourchettes suivantes: 0,65 à 1,30 g/l en préprandial, 1 à 1,8 g/l en postprandial et 1 à 1,3 g/l au coucher vers 22 heures. En dehors de ces fourchettes elle est trop basse ou trop élevée. Au delà des seuils de 0,5 et 2,5 g/l elle est considérée comme très anormale et nécessite un ajustement immédiat de la dose d'insuline à injecter.

- une glycémie n'est utilisable pour le calcul des doses

d'insuline que si elle n'est pas perturbée par un événement survenu un peu auparavant et susceptible de la modifier, par exemple un malaise, ou un début de malaise ayant nécessité la prise de sucre, une collation non prise, une activité physique importante et inhabituelle.

- b) les principes de modification des doses

Les doses d'insuline ne doivent pas varier trop brutalement au cours du temps et être adaptées progressivement. Toutefois il faut tenir compte d'événements imprévus comme une activité physique ou une glycémie très anormale. C'est ainsi que l'on cumule trois causes de modification: une modification anticipatoire, une modification compensatoire et une modification due à des événements extérieurs.

la modification anticipatoire :

Elle permet de déterminer la dose de référence d'insuline c'est à dire la dose à partir de laquelle seront ajoutées ou retranchées les autres modifications. On tient compte des glycémies de réglage et des malaises hypoglycémiques:

* les glycémies de réglage:

La dose de référence varie lentement au cours du temps car elle se règle à partir des valeurs des glycémies des jours précédents. Ces valeurs de glycémie correspondent à

celles faites à la fin de l'action de l'insuline considérée: ainsi les glycémies de réglage de l'insuline rapide du matin en cours seront les glycémies faites la veille et l'avant-veille avant le repas de midi et les glycémies de l'insuline intermédiaire du soir en cours seront les glycémies faites avant le petit déjeuner du matin en cours et du matin de la veille. La dose de référence d'insuline sera augmentée si les doses des glycémies de réglage sont trop élevées deux jours de suite. La dose de référence d'insuline sera diminuée si la glycémie de réglage de la veille est trop basse. Rappelons que ces glycémies de réglage ne sont prises en compte que si elles ne sont pas précédées par une perturbation.

* les malaises hypoglycémiques:

La présence d'un malaise hypoglycémique non expliqué par un excès d'activité physique ou par une collation non prise ou par un repas insuffisant en hydrates de carbone doit être considérée comme une hypoglycémie. La dose de référence sera donc diminuée.

L'importance de ces diminutions dépend de la valeur de la dose de référence. Elle est d'environ 10%. C'est ainsi que la dose sera modifiée unité par unité pour une dose de référence inférieure ou égale à 15U et de deux unités par deux unités pour une dose de référence supérieure à 15U. S'il s'agit d'un malaise inexpliqué la diminution de la dose de référence est systématiquement de 2U pour un

"petit" malaise et de 4U pour un "gros" malaise.

la modification compensatoire :

Lorsque la glycémie au moment de l'injection est très anormale, la dose d'insuline est modifiée de façon à la compenser. Pour cela on ajoute ou on retranche 1 à 2 unités à la dose de référence prévue. Seule l'insuline rapide peut être ainsi modifiée. Cette modification ne sera pas répercutée sur la dose de référence du lendemain.

les autres modifications :

Elles sont dues aux efforts physiques qui doivent être précisés. L'insuline dont l'action se situe au moment de l'effort doit être diminuée. L'intensité de l'effort est gradué de 1 à 4: allant de la marche à pied à la partie de tennis de 2 heures. La baisse d'insuline est égale en unités à l'intensité de l'effort. Cette modification n'est pas répercutée sur la dose de référence du lendemain.

Le diabétique doit connaître et appliquer parfaitement ces règles: cela nécessite une éducation longue qui n'aboutit pas toujours.

II-3) L'EDUCATION DU DIABETIQUE A L'AUTOCONTRÔLE GLYCEMIQUE

S'il est montré que le diabétique doit connaître sa maladie pour s'équilibrer correctement (30), il doit donc être éduqué. Après la découverte de son diabète, il est hospitalisé 15 jours pour exploration du diabète: retentissement de la maladie et équilibration du traitement, puis pour enseignement: quelle est sa maladie, comment faut-il la traiter?. On lui enseigne donc les différents chapitres que nous venons de citer et plus particulièrement les règles de l'autocontrôle glycémique. Cet enseignement est assuré en plusieurs séances par une infirmière spécialisée. Lors des visites médicales ultérieures, le médecin vérifie sur les relevés de doses d'insuline et de glycémies remplis par le patient, que celui-ci a correctement compris les règles de l'équilibration. Le diabétique est soumis à une série de 8 exercices de calcul de doses d'insuline et doit théoriquement répondre correctement à 7 d'entre eux pour être prêt.

En pratique il s'avère que de nombreux patients n'ont pas complètement assimilé ces règles. Or il est montré que l'équilibre du diabète de ces patients est moins bon que celui des patients qui appliquent les règles correctement. Beaucoup de diabétiques ont une mauvaise connaissance de la physiopathologie de leur maladie, des règles d'utilisation des matériels qu'ils ont à manipuler et des règles qu'ils doivent suivre pour équilibrer leur diabète. Ceci semble avoir plusieurs origines:

- ceux qui ne peuvent pas comprendre.

- certains n'arrivent pas à comprendre, non pas parce qu'ils ne peuvent pas comprendre mais parce qu'ils ne font pas régulièrement l'effort de se soigner correctement.
- certains sont consciencieux mais n'osent pas soumettre à l'infirmière ou au médecin les difficultés qu'ils rencontrent, falsifiant parfois leurs chiffres de glycémies pour que les anomalies ne soient pas visibles.
- enfin l'infirmière chargée de l'éducation est seule et ne peut faire face aux besoins de tous les patients: en pratique elle éduque le patient à la première hospitalisation et ne le revoit que si de grosses lacunes apparaissent.

Un système intelligent pourrait pallier une partie de ces lacunes:

- en calculant les doses pour ceux qui n'ont pas la 'force' de le faire
- en apprenant à résoudre certaines difficultés qu'ils n'osaient soumettre au médecin
- en prenant en charge une partie de l'éducation, laissant plus de temps à l'infirmière pour s'attacher aux points délicats.

SCHEMA DES GLYCEMIES DE REGLAGE A DEUX INJECTIONS ASSOCIANT INSULINE
RAPIDE ET INTERMEDIAIRE

GLYCEMIES à :

7H	12H	19H	22H	24H	7H
/---rapide-----/					
/-----intermédiaire-----/					
^		/---rapide-----/-----			
!		/-----intermédiaire-----/			
!		^			
!		!			
injection		injection			

12H et 22H <--> glycémies de réglage des insulines rapides

19H et 7H le lendemain <--> glycémies de réglage des insulines
intermédiaires

REMARQUE: la glycémie de réglage de l'insuline rapide du soir est
ramenée à 22H au lieu de 24H pour des raisons pratiques mais sa
fourchette de normalité est un peu différente: 1 à 1,3 g/l au
lieu de 0,65 à 1,3 g/l pour ne pas entamer la nuit avec une
glycémie trop basse et ainsi diminuer le risque d'hypoglycémie
nocturne.

SCHEMA DES GLYCEMIES DE REGLAGE A TROIS INJECTIONS ASSOCIANT INSULINE
RAPIDE ET INTERMEDIAIRE

GLYCEMIES à :

7H	12H	19H	22H	24H	7H
/----rapide-----/					
^	/-----rapide-----/				
!	^	/-----rapide-----/-----			
!	!	/-----intermédiaire-----/			
!	!	^			
!	!	!			
injection	injection	injection			

7H, 12H et 22h<--> glycémies de réglage des insulines rapides

7H le lendemain <--> glycémie de réglage de l'insuline
intermédiaire

SCHEMAS DES REGLES D'ADAPTATION DES DOSES D'INSULINE

DISTRIBUES AUX MALADES DANS LE SERVICE DE DIABETOLOGIE

1) LES REGLES D'ADAPTATION DES DOSES SOUS DEUX INJECTIONS D'INSULINE

qui précisent :

* le moment d'injection de l'insuline, la durée d'action des insulines, les horaires des glycémies ("dextro" pour dextrostix* dans le tableau) quand doit-on laisser la même dose, ou l'augmenter au bout de deux jours, ou la diminuer dès le lendemain, quand doit-on augmenter ou diminuer l'insuline selon la glycémie au moment de l'injection.

Page 15
REGLES D'ADAPTATION DES DOSES

SOUS 2 INJECTIONS D'INSULINE

* VOTRE TRAITEMENT COMPORTE 2 INJECTIONS PAR JOUR

(avant le petit-déjeuner et avant le repas du soir, d'un mélange de 2 insulines :

_____ et _____

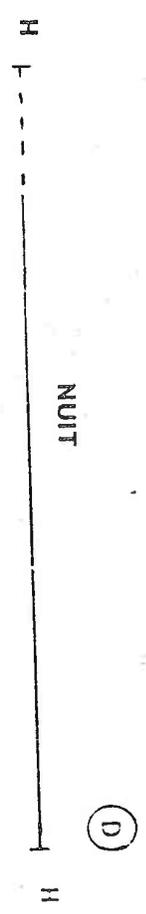
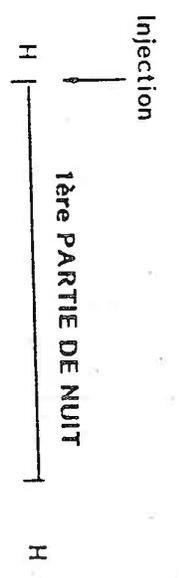
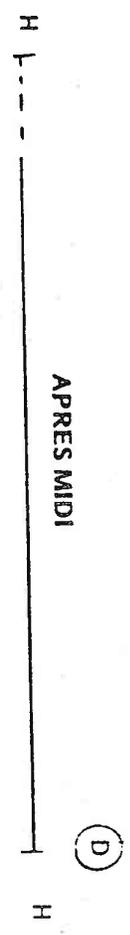
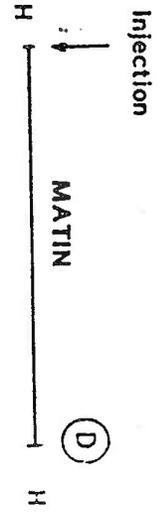
* DUREE D'ACTION DE VOS INSULINES

- l' _____ du matin agit environ jusque _____
- l' _____ du matin agit à partir de _____ environ,
- l' _____ du soir agit environ jusque _____
- l' _____ du soir agit à partir de _____ h environ,
prend le relais et agit en 2ème partie de nuit
jusqu'au lendemain matin.

* HORAIRE DES DEXTROS :

- TOUS LES JOURS une glycémie avant les 3 principaux repas
- TOUS LES JOURS une 4ème glycémie à horaire variable
(1h 30 après les repas ou au coucher)
- CHAQUE FOIS que vous avez l'impression de faire un malaise.

* FAIRE UN KETODIASTIX TOUS LES MATINS AU LEVER.



(D) = Dextro

	ON LAISSE LA MEME DOSE	ON AUGMENTE LA DOSE AU BOUT DE 2 JOURS	ON DIMINUE LA DOSE DES LE LENDEMAIN
Pour régler l' _____ du matin Pour régler l' _____ du matin Pour régler l' _____ du matin	On regarde les dextros AVANT REPAS DE MIDI la veille et l'avant veille Fourchette : 0,65-1,30 Si les dextros correspondants étaient situés dans la fourchette donnée ou si les dextros correspondaient à un phénomène inhabituel (sport, oubli de la collation)	Si les dextros correspondants étaient situés _____ 2 jours de suite au dessus de la fourchette donnée.	1) Si le dextro correspondant était situé : - en dessous de la fourchette : On diminue de 1U les doses comprises entre 0 et 15U ; On diminue de 2U les doses comprises entre 15 et 40U 2) S'il y a eu un <u>malaise, hypo inexpli- qué</u> pendant la période d'action de l'insuline : On diminue toujours de 2 U en cas de <u>malaise hypo, de 4U</u> <u>en cas de coma</u>
Pour régler l' _____ du soir Pour régler l' _____ du soir	On regarde les dextros DU COUCHER la veille et l' avant veille Fourchette : 1 - 1,30	on augmente de 1 U les doses comprises entre 0 et 15 U	On diminue toujours de 2 U en cas de <u>malaise hypo, de 4U</u> <u>en cas de coma</u>
Pour régler l' _____ du matin Pour régler l' _____ du matin	On regarde les dextros AVANT REPAS DU SOIR la veille et l'avant veille Fourchette : 0,65-1,30	2 jours de suite au dessus de la fourchette donnée.	On diminue de 1U les doses comprises entre 0 et 15U ; On diminue de 2U les doses comprises entre 15 et 40U

SUPPLEMENT ET DIMINUTION D'INSULINE
SELON LE DEXTRO DU MOMENT DE L'INJECTION

Parfois vous devrez rattraper une glycémie très anormale

au dextro qui précède l'injection :

Si la glycémie <u>AU MOMENT</u> de l'injection est	IL FAUT
. Supérieure à 2,50	. Ajouter 1 ou 2 U à la dose d' que vous allez faire
. Inférieure à 0,50	. Enlever 1 ou 2 U à la dose d' que vous allez faire
. Comprise entre 0,50 et 2,50	. Appliquer <u>uniquement</u> les règles de la page précédente

ATTENTION

Cette diminution ou ce supplément d'insuline "de rattrapage" ne devra pas être maintenu le jour suivant à la même heure : il est donc nécessaire de noter de façon séparée sur votre feuille de surveillance : "dose de référence" + "dose de rattrapage".

Exemple = Si vous deviez faire 18 U en fonction des glycémies des jours précédents et ajoutez 2 U parce que votre dextro du moment de l'injection est > 2,50, vous devez inscrire 18 + 2 et non pas 20.

2) LES REGLES D'ADAPTATION DES DOSES SOUS TROIS INJECTIONS D'INSULINE

utilisent les mêmes règles que précédemment

=====
REGLES D'ADAPTATIONS DES DOSES
SOUS 3 INJECTIONS D'INSULINE
=====

■ VOTRE TRAITEMENT COMPORTE 3 INJECTIONS QUOTIDIENNES D'INSULINE :

- de l'insuline _____ avant le petit déjeuner
- de l'insuline _____ avant le repas de midi
- un mélange d'insulines _____ et _____
avant le repas du soir.

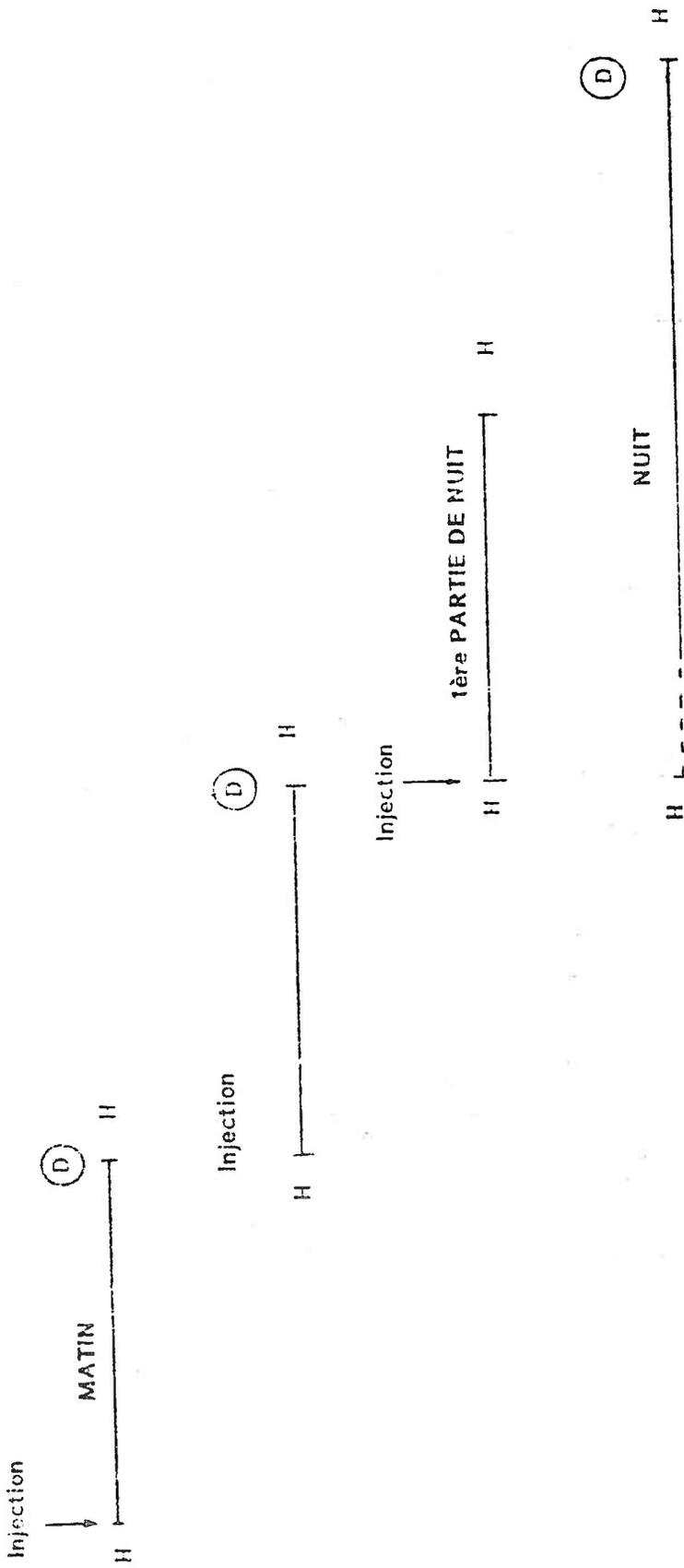
■ DUREE D'ACTION DE VOS INSULINES :

- l' _____ du matin agit environ jusque : _____
- l' _____ de midi agit environ jusqu'à _____
- l' _____ du soir agit environ jusque : _____
- l' _____ du soir agit en 2ème partie, _____ ET
jusqu'au lendemain matin.

■ HORAIRES DES DEXTRO.

- * TOUS LES JOURS une glycémie avant les 3 principaux repas.
- * TOUS LES JOURS une 4ème glycémie à horaire variable
(1 h 30 après les repas ou au coucher)
- * CHAQUE FOIS que vous avez l'impression de faire un maïaise.

■ FAIRE UN KETODIASTIX TOUS LES MATINS AU LEVER



Ⓧ = Dextro

	ON LAISSE LA MEME DOSE	ON AUGMENTE LA DOSE AU BOUT DE 2 JOURS	ON DIMINUE LA DOSE DES LE LENDEMAIN
Pour régler l' _____ du matin	On regarde les dextros AVANT REPAS DE MIDI la veille et l'avant veille Fourchette : 0,65-1,30	Si les dextros correspondants étaient situés _____	1) Si le dextro correspondant était situé : - <u>en dessous de</u> <u>la fourchette</u> :
Pour régler l' _____ de midi	On regarde les dextros AVANT REPAS DU SOIR la veille et l'avant veille Fourchette : 0,65-1,30	. 2 jours de suite au dessus de la fourchette donnée.	On diminue de 1U les doses comprises entre 0 et 15U ; On diminue de 2U les doses comprises entre 15 et 40U
Pour régler l' _____ du soir	On regarde les dextros DU COUCHER la veille et l' avant veille Fourchette : 1 - 1,30	on augmente de 1 U les doses comprises entre 0 et 15 U	2) S'il y a eu un <u>malaise, hypo inexpli</u> <u>qué</u> pendant la période d'action de l'insuline :
Pour régler l' _____ du soir	On regarde les dextros DU MATIN A JEUN la veille et le matin même Fourchette : 0,65-1,30	on augmente de 2 U les doses comprises entre 16 et 40 U	On diminue <u>toujours</u> de 2 U en cas de <u>malaise hypo, de 4U</u> en cas de <u>coma</u>

SUPPLEMENT ET DIMINUTION D'INSULINE
SELON LE DEXTRO DU MOMENT DE L'INJECTION

Parfois vous devrez rattraper une glycémie très anormale

au dextro qui précède l'injection :

Si la glycémie <u>AU MOMENT</u> de l'injection est	IL FAUT
. Supérieure à 2,50	. Ajouter 1 ou 2 U à la dose d' que vous allez faire
. Inférieure à 0,50	. Enlever 1 ou 2 U à la dose d' que vous allez faire
. Comprise entre 0,50 et 2,50	. Appliquer <u>uniquement</u> les règles de la page précédente

ATTENTION

Cette diminution ou ce supplément d'insuline "de rattrapage" ne devra pas être maintenu le jour suivant à la même heure : il est donc nécessaire de noter de façon séparée sur votre feuille de surveillance : "dose de référence" + "dose de rattrapage".

Exemple = Si vous deviez faire 18 U en fonction des glycémies des jours précédents et ajouter 2 U parce que votre dextro du moment de l'injection est > 2,50 , vous devez inscrire 18 + 2 et non pas 20.

3) CONDUITE À TENIR FACE AUX EFFORTS PHYSIQUES

E F F O R T S P H Y S I Q U E S

L'effort physique consomme du glucose. Apprenez à connaître votre glycémie au cours d'un effort physique :

EN FAISANT 1 DEXTRO. OU 2, AU COURS DE CETTE ACTIVITE.....AU DEBUT TOUT AU MOINS.

1) Si vous prévoyez un effort physique (sport, jardinage, travaux ménagers intenses, etc) :
VOUS POUVEZ :

A) DIMINUER la dose d'insuline correspondante de 1 à 4 U en fonction de l'intensité de l'effort prévu.

B) CONSOMMER au milieu de l'effort une collation supplémentaire de 30 à 100 g de glucide qui peut comporter la prise de 15 à 50 g de sucres rapides sous forme solide (morceaux de sucre, chocolat) ou liquide (jus de fruits sucré, sodas).

C) En cas d'effort intense (match, compétition, entraînement sportif) les deux mesures précédentes peuvent être associées.

2) Si vous êtes confronté à un effort physique imprévu :

Puisque vous ne pouvez plus diminuer votre dose d'insuline, VOUS DEVEZ prendre une collation supplémentaire, et au besoin, utiliser les morceaux de sucre que vous avez toujours sur vous.

Cette diminution doit être notée de la même façon que la dose de rattrapage sur votre feuille de surveillance.

EXERCICES PROPOSES DANS LE

SERVICE DE DIABETOLOGIE

III) QU'ATTENDRE D'UN SYSTEME INTELLIGENT EN DIABETOLOGIE

III-1) CE QUI SERAIT SOUHAITABLE

Qu'il ait des connaissances:

- a) Sur la physiologie de la régulation de la glycémie et sur la physiopathologie du diabète

C'est à dire qu'il ait une représentation des mécanismes que nous avons sommairement exposés au premier chapitre et avec des degrés de raffinement différents selon la précision de l'information que l'on désire obtenir.

par exemple :

- la glycémie est augmentée par l'absorption de sucre

plus précisément :

- la glycémie augmente en une demi-heure et se stabilise après l'absorption de sucres rapides.
 - la glycémie augmente en deux heures et se stabilise après l'absorption de sucres lents.
 - les sucres rapides sont des petits polymères de glucose, les sucres lents sont des gros polymères de glucose, les enzymes digestives mettent donc moins de temps à hydrolyser les sucres rapides en molécules de glucose que les sucres lents.
- b) Sur les différents objets de l'univers du diabète

On entend par 'objet' un élément ayant certaines propriétés qui permettent de l'individualiser. Ces propriétés peuvent avoir des liens avec les mécanismes physiopathologiques.

Par exemple :

- le glucose
 - . définition
 - . origine
 - . fonction dans l'organisme (lien avec la physiologie du glucose)
 - . métabolisme (lien avec la régulation de la glycémie)
 - . lien avec l'objet glycémie
- la glycémie
 - . définition
 - . fourchette de normalité
 - . méthodes de mesure
 - bandelettes (lien avec l'objet bandelettes)
 - examen de laboratoire (lien avec l'objet examen de laboratoire)
 - lecteur de glycémie (lien avec l'objet lecteur de glycémie)
 - . perturbations
 - lien avec hypoglycémie
 - lien avec hyperglycémie
- l'insuline
- le pancreas
- les seringues à insuline
- le matériel d'autocontrôle glycémique
- le medecin diabétologue

etc...

- c) Sur les conduites à tenir dans différentes situations

C'est à dire connaitre la suite d'actions à faire face à une situation donnée

Par exemple :

- en cas de malaise hypoglycémique il faut
 - . s'assurer de l'origine hypoglycémique du malaise (lien avec un module diagnostic)
 - . évaluer l'intensité du malaise
 - . si c'est un petit malaise, manger des morceaux de sucre et du pain
 - . si c'est un gros malaise, faire une injection de glucagon
 - . chercher la cause du malaise (lien avec un module diagnostic)
 - . si les malaises sont fréquents, consulter un médecin
 - en cas de prise d'un repas hors de chez-soi
 - en cas d'effort prolongé
 - en cas de panne du lecteur de glycémie
- etc...

- d) Sur les démarches de diagnostic et d'équilibration du diabète

C'est à dire connaître la suite de règles permettant d'aboutir au résultat cherché.

Par exemple :

- calcul des doses d'insuline
 - . si la glycémie est comprise entre 0,65 et 1,30 g/l, elle est normale
 - . si la glycémie de la veille est trop basse, il faut diminuer la dose d'insuline de 10%
 - diagnostic d'un malaise
 - diagnostic d'une mauvaise équilibration du diabète
 - diagnostic de panne du glucometter
- etc...

- e) Sur les relations entre ces différents domaines

C'est à dire faire le lien entre les mécanismes

physiopathologiques, les objets, les scénarios et les modules de diagnostic.

Ce système devra être capable d'utiliser cette connaissance pour:

- répondre aux questions sur ces différents domaines et les justifier.
- de prendre des décisions thérapeutiques et diagnostiques et les justifier.
- de prendre en charge les phases successives d'une éducation, c'est à dire d'introduire progressivement les différents aspects du diabète qu'a à connaître le diabétique.
- d'évaluer le niveau de connaissance du diabétique.

III-2) LES POSSIBILITES DE REPRESENTATION DES CONNAISSANCES

Les représentations pour les connaissances citées plus haut n'ont pas été approfondies. Ce sont des "idées" qui nous ont permis de mieux cerner le problème particulier que nous avons à résoudre et de mieux situer sa place dans un système sur le diabète .

- a) les mécanismes physiologiques et physiopathologiques

Le système CASNET (29) d'aide au diagnostic du glaucome utilise une représentation de ces mécanismes. En effet la physiopathologie du glaucome est très bien connue et les règles sont inspirées de ces mécanismes. Il est fait par un réseau causal d'états, représenté par un graphe. Les

liens entre les états sont des relations de causalité. Il semble que la partie connue des mécanismes du diabète puisse être représentée de cette façon.

- b) les objets du diabète

Leur représentation peut être inspirée par les structures décrites par Minsky sous le nom de frames (22), dans la mesure où elles associent des connaissances déclaratives (ou caractéristiques de l'objet), des connaissances procédurales pour valuer certaines caractéristiques, des relations avec les autres objets.

Le système TROPICAID- 2 destiné au diagnostic et au traitement des maladies des pays en voie de développement utilise ce mode de représentation. Il comprend trois types de connaissances:

- une base de médicaments

Les informations sur chaque médicament sont regroupées sur une fiche dont les différents champs sont constitués par les indications, contre-indications, le dernier champ est constitué par une dizaine de règles qui calculent la posologie.

- une base de thérapeutique

Le premier champ contient les règles qui déterminent le traitement spécifique. Le deuxième

champ donne un indice de priorité à la maladie.

- une base diagnostique

- c) les conduites à tenir

Elles peuvent être représentées par des scénarios utilisant le formalisme des 'frames'.

- d) les prises de décision diagnostique et thérapeutique sont représentées par des systèmes à règles de production basées sur le formalisme de la logique des prédicats.

Un prédicat est une relation sur des arguments

par exemple: glycémie (MATIN, 100)

signifie : la glycémie du matin vaut 1,00 g/l

Ses arguments peuvent être des variables

par exemple: fourchette (M, 65, 130)

signifie : la fourchette de normalité

de la glycémie au moment M de la journée

doit être comprise entre 0,65 et

1,30g/l.

Les prédicats prennent leur sens à l'intérieur d'un système d'inférence à base de règles de production du type:

si P1 et P2 et ... et Pn alors Q1 et ... et Qn

Il a comme avantages:

- le raisonnement est sûr
- le système est modulaire
- les connaissances sont déclaratives et facilement modifiables
- le système est simple.

- e) les relations entre ces modules

Les réseaux sémantiques ont été initialement conçus pour représenter les taxinomies complexes. Ils sont utilisés dans les systèmes utilisant ce type de connaissances comme par exemple LITHO en géologie. On peut imaginer d'étendre les types de relation utilisés afin de relier des objets plus complexes.

III-3) LES BUTS A ATTEINDRE DANS UN PREMIER TEMPS

Le système développé ici doit être capable de résoudre un des principaux problèmes du diabétique, c'est à dire le calcul de ses doses d'insulines quotidiennes.

Outre ce calcul il doit expliquer sa réponse et prendre en charge une partie de l'éducation du diabétique pour ce domaine précis.

Il doit avoir certaines propriétés:

- pouvoir poser des exercices
- pouvoir répondre aux questions posées par le diabétique
- les règles de calcul doivent être modifiables facilement
- les réponses doivent être bien adaptées au problème

posé

- les réponses doivent être simples et bien compréhensibles
- il doit évaluer le niveau de compréhension du patient

Il est préférable qu'il soit implanté sur micro ordinateur, afin de pouvoir être installé facilement chez les patients et aux consultations à l'hôpital.

DEUXIEME PARTIE

LE SYSTEME REALISE

I) ORGANISATION DU SYSTEME

Le système a pour but de calculer les doses d'insuline à partir d'un fichier de glycémies ou à partir de valeurs données par l'utilisateur. Il répond aux questions de l'utilisateur, propose des exercices dont il donne la solution et il justifie son raisonnement grâce aux explications associées aux règles.

Ce système est implanté sur microordinateur APPLE IIe avec 128K de mémoire. Nous avons été conduits à faire ce choix, malgré les difficultés de développement qu'il implique, pour deux raisons. D'une part ce type de machine est largement utilisé dans le service hospitalier où l'application a été développée. D'autre part ce choix permet à un malade d'utiliser le système à domicile. Pour des raisons d'efficacité le langage d'implantation du système que nous avons retenu est PASCAL.

Les connaissances sont représentées par des règles avec variables. Le formalisme mathématique est celui de la logique de premier ordre. La formalisation de l'expertise en règles a été relativement facile car c'est sous cette forme que la majorité des informations sont transmises au diabétique. Toutefois il a fallu choisir des règles dont le degré de généralité soit analogue à celui enseigné au malade pour que les explications fournies par le système correspondent à ce qui a pu lui être enseigné par ailleurs.

Compte tenu des spécificités du problème de l'enseignement aux

diabétiques, nous avons été contraints de développer un moteur d'inférence qui sera décrit ultérieurement. La version actuelle comporte 90 règles utilisant 120 prédicats. L'ensemble du système occupe 85 Ko de mémoire centrale.

I-1) L'ORGANISATION DE LA BASE DE CONNAISSANCE

- a) structure des règles

Ces règles sont formées

- de prédicats décrivant la connaissance proprement dite et donnant le contexte d'exécution de la règle
- de fonctions externes (ou actions) permettant:
 - . d'éditer le commentaire associé à une règle
 - . d'activer un autre contrôle
 - . de faire des opérations
 - . de modifier le contexte en modifiant la base de faits
 - . d'effectuer une entrée/sortie

Par exemple:

Si

Glycémie (JOUR, HEURE, VALEUR) Fourchette (HEURE, BORNE-INF,
BORNE SUP)

Supérieur (VALEUR, BORNE-SUP) Niveau commentaire (NIVEAU)

Alors

Qualité-de-glycémie (JOUR, HEURE, anormale, élevée)

Imprimer (NIVEAU, 3, "la glycémie du jour", JOUR, "à l'heure", HEURE, "est supérieure à", BORNE SUP)

Si la glycémie que l'on interprète a une valeur supérieure à la valeur maximale de la fourchette de normalité, alors la glycémie est "anormale" et "élevée". Le commentaire est imprimé si "NIVEAU" est supérieur ou égal à 3.

- b) organisation des règles

Les règles sont divisées en deux classes: les règles représentant la connaissance et celles gérant le dialogue avec l'utilisateur (comportant des règles de détermination du contexte et de gestion du déroulement d'un exercice)

- les règles représentant la connaissance sont groupées par thème. Les thèmes sont indépendants ainsi que les règles à l'intérieur des thèmes; ils reprennent la description des règles que nous avons décrites précédemment:

- . interprétation d'une glycémie
- . détermination des glycémies de réglage pour une injection d'insuline
- . interprétation simultanée des glycémies de réglage
- . détermination des fourchettes de normalité en

fonction de l'heure

. détermination du type d'insuline agissant en fonction de l'heure

. détermination de la durée d'action de l'insuline

. modification de la dose selon la dose de départ

. calcul de la variation de dose selon la cause

. calcul de la dose d'un type d'insuline

. calcul de la dose d'insuline de référence

Par exemple une règle d'interprétation d'une glycémie s'écrit :

Si

glycémie (JOUR, HEURE, V) fourchette (HEURE, BORNE-INF, BORNE-SUP)

supérieur (V, BORNE-SUP)

commentaire (NIVEAU)

Alors

qualité glycémie (JOUR, HEURE, ELEVEE)

imprimer (NIVEAU, 3, "la glycémie du", JOUR, "ème jour à", HEURE, "heures est supérieure à", BORNE SUP)

- Les règles qui déterminent le contexte servent à préciser le mode dans lequel la session va se dérouler :

. fonctionnement en consultation ou en entraînement

- . nombre d'injections d'insuline par jour
- . niveau de commentaire désiré

Par exemple:

Si mode (normal) : il faut que le mode soit normal
razbf : remise à zéro de la base de faits
commentaire (2) : le niveau de commentaire est 2
nombre d'injection (x) : le nombre d'injections est demandé
exercice : on fait un exercice
Alors déclicht exercice : déclenchement d'un exercice

Un exercice est déclenché après la mise en place du contexte: mode de fonctionnement, initialisation de la base de faits, niveau de commentaire, nombre d'injections.

- Les règles qui gèrent le déroulement de l'exercice permettent d'adapter les commentaires à l'utilisateur .

Par exemple:

Si

différent (V1,V2): si la dose répondue est différente de la dose à faire
insuline-à-faire (JOUR, HEURE, TYPE, V2): on déclenche le calcul de la dose d'insuline à faire
commentaire (NIVEAU)

Alors

comparaison (JOUR, HEURE, TYPE, V1, V2)

impression (NIVEAU, 3, "oui la dose d'insuline de type", TYPE, "est bien de", V1, "unités"): on imprime que la réponse est bonne

1-2) LE CONTEXTE

Le contexte permet de déterminer les conditions dans lesquelles la session va se dérouler (nombre d'injections par jour, niveau de commentaires, mode de fonctionnement, etc.). Il peut être déterminé par des prédicats ajoutés dans les règles, comme nous l'avons vu au paragraphe précédent.

Par exemple:

Si

deux glycémies (JOUR, HEURE, TYPE, NORMALE)

commentaire (NIVEAU)

Alors

variation (JOUR, HEURE, TYPE, 0)

impression (NIVEAU, 3, "donc on ne modifie pas la dose")

Le prédicat "commentaire" fait partie du contexte. Il fixe le niveau de commentaire. L'impression n'est effective que si la première variable est supérieure à la deuxième du prédicat "impression"; ici il faudrait que "NIVEAU" soit supérieur ou égal à 3.

Le contexte est également déterminé par les variables "données" du prédicat placé en conclusion de règle. C'est ce qui se passe

avec "JOUR, HEURE, TYPE" de la règle précédente; elle signifie: la variation de dose sera 0 pour l'insuline de type "TYPE" le jour "JOUR" à l'heure "HEURE" si les deux glycémies servant de réglage pour une injection d'insuline de type "TYPE", au jour "JOUR", à l'heure "HEURE" sont normales.

Le contexte ne peut être apporté par un prédicat car il se modifie au cours de la session pendant laquelle on est amené à déterminer plusieurs doses d'insuline simultanément.

II) LE MOTEUR D'INFERENCE

Le moteur que nous avons développé accepte les variables et peut fonctionner en chaînage avant, chaînage arrière et chaînage cumulatif.

II-1) LES VARIABLES

Elles permettent d'avoir des règles plus générales, proches des connaissances du diabétique. Elles permettent de prendre en compte le temps, c'est-à-dire par exemple la durée d'action des insulines par rapport à leur moment d'injection, les fourchettes de normalité des glycémies en fonction du temps écoulé depuis le dernier repas.

Nous avons distingué les variables 'DONNEES' et les variables 'RESULTATS'. Cette distinction permet d'éviter d'avoir simultanément des prédicats de même nom, avec des valeurs de données identiques mais des résultats différents.

Par exemple:

glycémie (10, matin, 110)

glycémie (10, matin, 130)

ne peuvent exister simultanément; le premier signifiant: la glycémie du 10ème jour, le matin, vaut 1,10 g/l et le deuxième signifiant qu'elle vaut 1,30 g/l, ce qui est impossible. le jour et le moment de la journée sont donc ici des variables 'DONNEES'.
par contre:

glycémie (10, matin, 110)

glycémie (10, soir, 130)

peuvent coexister.

Si on a besoin d'un prédicat ayant plusieurs valeurs 'RESULTATS' simultanées, on déclare toutes ses variables en 'DONNEES'. Par exemple les variations de dose d'insuline dues à des causes différentes se cumulent entre elles; il faut donc autoriser l'existence simultanée de plusieurs valeurs de variation que l'on additionne pour obtenir la variation globale résultante.

Par exemple:

variation (10, matin, -2) due au sport

variation (10, matin, -2) due à un malaise

variation (10, matin, -1) due à une glycémie basse

La variation globale est alors de (-2 -2 -1). Le JOUR, le MOMENT et la VALEUR seront dans ce cas considérés comme 'DONNEES'.

Cette distinction données-résultats permet donc, lors de la description du prédicat, d'autoriser une seule ou plusieurs instanciations simultanées des résultats.

II-2) LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR

Le contrôle de base est le chaînage arrière; le chaînage avant et le chaînage arrière cumulatif peuvent être activés à partir des règles.

- a) le chaînage arrière

Dans ce mode de fonctionnement, un prédicat est choisi comme but; les règles applicables sont sélectionnées par unification avec les prédicats instanciés de la base de faits. Pour cela on essaie d'unifier d'abord la partie 'DONNEES'. Si cette unification réussit, on s'arrête et le résultat est "vrai" si l'unification réussit également sur la partie 'RESULTATS', et faux sinon. Si aucune unification n'a été possible avec la base de faits, on tente alors les prédicats en 'CONCLUSION' de règles. Si cela réussit, on propage les valeurs instanciées et on explore chaque prémisse de la règle retenue comme nouveau sous-but. En cas d'échec de l'unification et si une question est associée au prédicat, cette question est posée à l'utilisateur.

exemple simple :

La base de règles est:

si A alors B

si B et C alors D

si D alors E

La base de faits est:

B

Le but recherché est E. On se demande si E est vrai.

En chaînage arrière le moteur regarde:

- si E existe dans la base de faits: ici non

- puis si E existe en conclusion de règle: ici oui
- d'après cette règle, E sera vrai si D est vrai
- D est le nouveau but à atteindre
- il sera vrai si D existe dans la base de faits:
ici non
- puis si D existe en conclusion de règle: ici non
- le moteur explore la première règle qui conclut à
D: D sera vrai si "A est vrai"
- or A n'existe nulle part
- le moteur explore la deuxième règle qui conclut à
D: D sera vrai si B et C sont vrais: ce sont les
nouveaux buts
- B est vrai car il existe dans la base de faits
- C est un prédicat demandable à l'utilisateur
- or C n'existe pas dans la base de faits, ni en
conclusion d'une règle, la question posée "C est-il
vrai?" est donc posée
- si la réponse est "oui" alors
- C est stocké dans la base de faits
- le moteur conclut que D est vrai ainsi que E et
- stocke D et E dans la base de faits.

La base de faits devient après fonctionnement:

B, C, D, E

- b) le chaînage avant

Le chaînage avant fonctionne de façon très classique.

Les différentes règles utilisables à un instant donné sont activées successivement dans l'ordre où elles ont été trouvées.

Reprenons l'exemple précédent:

La base de règles est:

si A alors D

si B et C alors D

si D alors E

La base de faits est:

B, C

Cette fois il n'y a pas de but à atteindre. On cherche à connaître les nouvelles conclusions en fonction des faits stockés dans la base de faits:

- B et C étant vrais on peut déclencher la deuxième règle qui conclut à D
- la base de faits devient: B, C, D
- D étant vrai, la troisième règle est applicable: E est vrai
- la base de faits devient donc: B, C, D, E

- c) le chaînage arrière cumulatif

Ce mode de fonctionnement du moteur permet, dans une même règle et de façon simple, de faire des cumuls de valeurs, des répétitions et des comptages dans le temps.

- cumul de valeurs :

On l'utilise quand un résultat est obtenu par un cumul de

plusieurs valeurs dont on ne peut prévoir l'origine au départ. Par exemple, il existe trois causes conduisant à modifier la dose d'insuline :

si glycémie de réglage (basse)	alors variation 1 (+1)
si malaise	alors variation 2 (-2)
si sport	alors variation 3 (-1)

En chaînage arrière classique il faudrait écrire la règle récapitulative ainsi :

si

variation 1 (V1) variation 2 (V2) variation 3 (V3)
addition (V1, V2, V3 → S)

alors

variation totale (S)

Ceci oblige à nommer dans cette règle toutes les causes de variation. En outre, en ajoutant une nouvelle cause de variation on préserve ainsi l'indépendance des règles et la simplicité d'écriture. L'exemple ci-dessus s'écrira simplement :

si

affecter (0→S) cumul (variation (V) addition
(V+S→S))

alors

variation totale (S)

- répétitions :

Pour répéter un certain nombre de fois la même action,
il fallait l'appeler autant de fois dans la règle. Ici on
écrit:

si cumul (pour (I, 1, 20) prédicat n)

alors conclusion

Le 'pour' fournira successivement les valeurs de I de 1 à
20 et les prédicats seront évalués autant de fois avec la
valeur de I correspondante.

- comptages dans le temps :

Cela permet de balayer une période de temps donnée et de
faire des calculs correspondants en une seule règle.

Par exemple:

Supposons que nous voulions représenter la règle
suivante: "si dans les 30 derniers jours il y a plus de 5
glycémies supérieures à 2 g/l , alors il faut revoir
l'équilibration". On la traduira par:

```

si
    affecter (0->COMPTEUR)
    cumul (pour I->1, 30)
        glycémie (J,V)
        supérieur (V 200)
        addition (COMPTEUR 1->COMPTEUR)
    supérieur (COMPTEUR S)
alors
    revoir l'équilibration

```

ALGORITHME DE FONCTIONNEMENT DU CHAINAGE ARRIERE CUMULATIF

A chaque instanciation d'un prédicat on associe la liste de toutes les instanciations possibles des prédicats qui le suivent.

Nous donnons ci-dessous l'algorithme correspondant, dans une version simplifiée ne prenant pas en compte les variables.

fonction cumul (LP) : Booléen

```

si LP = vide
    alors cumul := vrai
    sinon
        cumul := faux
        REC: ière règle ayant le prédicat tête (LP)
        en conclusion
    tant que REC ≠ vide faire
        si évaluation prédicat (tête (LP), REC) = vrai
            alors REUSSI := cumul (LP - tête (LP))
            sinon REUSSI := faux
        fsi
    si REUSSI = vrai alors cumul := vrai

```

fsi

ftg

fsi

Par exemple: Cumul (Pa, Pb, Pc)

le prédicat Pa a trois instanciations Pa 1, Pa2, Pa3

le prédicat Pb a une instanciatiion

le prédicat Pc a deux instanciatiions Pc1, Pc2

On obtient dans l'ordre : Pa1 Pb Pc1; Pa1 Pb Pc2; Pa2 Pb Pc1; Pa2 Pb Pc2;

Pa2 Pb Pc1; Pa3 Pb Pc2.

III) EXEMPLES D'UTILISATION

III-1) Protocole de déroulement

Une session correspond au calcul des doses d'insuline à injecter à un moment donné. Une ou deux doses seront déterminées selon que l'injection ne comporte que de l'insuline d'action rapide ou une association d'insuline à action rapide et d'insuline à action intermédiaire.

Au début d'une session le système demande d'abord à l'utilisateur de préciser le contexte :

- . le mode: interrogation ou exercice,
- . le niveau des commentaires,
- . le nombre d'injections par jour,
- . le type d'exercice.

- mode "interrogation" :

le système demande alors si interviennent des perturbations du type activité physique ou malaise dans les dernières 24 heures, puis il réclame les valeurs de glycémie dont il a besoin, et seulement celles là. Il commente chaque conclusion partielle à laquelle il aboutit; ceci permet de voir le déroulement de la démarche à l'écran et c'est justement cette démarche que doit suivre le malade puisqu'il doit utiliser les mêmes règles.

- mode "exercice" :

dans ce cas, le système propose un exercice et demande la

réponse; si elle est fausse, il parcourt à nouveau toutes ses règles, donne les explications associées et le résultat juste.

III-2) Exemples de session

Nous donnons deux sortes d'exemples correspondant aux deux modes possibles de fonctionnement (interrogation ou exercice).

- a) Exemples en mode interrogation :

Ils montrent les réponses du système à des demandes de calcul de doses.

L'environnement est déterminé par une suite de questions:

- . mode de fonctionnement
- . nombre d'injections d'insuline par jour
- . moment de la journée
- . présence de perturbations

Le système demande la dose d'insuline de référence à partir de laquelle il fait son calcul, puis les valeurs des glycémies dont il a besoin et les interprète. Il donne la valeur de la modification de dose due aux glycémies anormales. Puis il interroge sur l'activité sportive, les malaises et les sauts de collation éventuels et en déduit les modifications de doses correspondantes. Il cumule ces modifications et donne le résultat final.

Nous détaillerons plus loin trois exemples:

- le premier fait intervenir des glycémies anormales,
- le deuxième fait intervenir des perturbations extérieures,
- le troisième montre l'interaction de ces perturbations entre elles et avec les glycémies.

- b) Exemples en mode exercice :

Ils montrent le déroulement des exercices.

Après avoir fixé le contexte comme précédemment, le système affiche les valeurs des glycémies et des doses d'insuline injectées des jours précédents : avant le repas de midi, avant le repas du soir, au coucher et avant le petit déjeuner. Il donne les doses d'insuline précédemment faites sous forme de deux nombres : le premier est la dose d'insuline rapide, le second est la dose d'insuline intermédiaire quand elle est associée à la première. Le format d'affichage utilisé correspond aux feuilles que remplissent quotidiennement les diabétiques suivis par le service. Le système demande la dose qui devrait être injectée et affiche, en cas de réponse erronée, la bonne valeur et la justifie. Dans un deuxième temps, il demande la dose de référence du lendemain qui est la dose à partir de laquelle le patient devra recommencer ses calculs. En effet, cette dose de référence n'est pas forcément modifiée par les perturbations présentes. Comme précédemment, en cas de réponse erronée, le système justifie la bonne solution.

Nous présenterons trois exercices extraits des trois classes
d'exercices proposées de difficulté croissante :

- le premier ne fait intervenir que des modifications
anticipatoires
- le deuxième fait intervenir une modification compensatoire
ou une modification due à une perturbation extérieure
- le troisième associe toutes les causes de modifications.

EXEMPLES EN MODE INTERROGATION

Dans les exemples qui suivent, ce qui est écrit en majuscules correspond à ce qui apparaît à l'écran. Les réponses de l'utilisateur sont soulignées. Les commentaires en minuscules expliquent ce qui se passe.

PREMIER EXEMPLE EN MODE INTERROGATION

QUEL EST LE MODE FONCTIONNEMENT?: NORMAL

COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR?: DEUX

VOULEZ-VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION?: QUESTION

NOUS SOMMES LE 0 EME JOUR

QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE?: MATIN

Y A-T-IL UNE OU PLUSIEURS DE CES PERTUBATIONS:

MALAISE SPORT SAUT-COLLATION? : NON

Le système demande en premier le contexte d'exécution de la session. Ici : deux injections par jour, en mode question, pour l'insuline du matin, aucune des perturbations prévues n'étant retenue.

CALCUL DE LA DOSE DE RAPIDE

LE 0 EME JOUR LE MATIN QUELLE EST LA DOSE D'INSULINE DE RAPIDE

DE REFERENCE? (0 à 50) : 22

QUELLE EST LA GLYCEMIE DU -1 EME JOUR DU MIDI? (20 à 600) : 190

LA GLYCEMIE DU -1 EME JOUR AU MIDI EST SUPERIEURE A 130

QUELLE EST LA GLYCEMIE DU -2 EME JOUR DU MIDI? (20 à 600) : 160

LA GLYCEMIE DU -2 EME JOUR AU MIDI EST SUPERIEURE A 130

Le système pose les questions dans l'ordre où doit se les poser le diabétique. Il donne les interprétations correspondantes. Ici la comparaison des glycémies aux valeurs maximum des fourchettes de normalité.

LES GLYCEMIES DE LA VEILLE ET DE L'AVANT-VEILLE SONT TROP FORTES
LA DOSE DE REFERENCE EST SUPERIEURE A 15 DONC ON MODIFIE DE 2 UNITES
DONC ON AUGMENTE LA DOSE DE 2
LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE QUE L'ON VIENT
DE CALCULER EST DE $(22+2) = 24$ UNITES

Il interprète les deux glycémies simultanément, calcule la modification de dose en fonction de la dose de référence, donne le sens de la variation et le résultat final pour cette cause de variation qui détermine la dose de référence.

QUELLE EST LA GLYCEMIE AU MOMENT DE L'INJECTION (20 à 600)? : 45
LA GLYCEMIE DU 0 EME JOUR AU MATIN EST TRES ANORMALE INFERIEURE A 50
GLY IMMEDIATE TRES BASSE DONC DIMINUER INS RAPIDE DE -2

Le système cherche une cause de modification compensatoire. La glycémie immédiate est très basse et il en tire la conséquence.

VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(22+2) + -2 = 22$ UNITES D'INSULINE RAPIDE
RAPPELLEZ VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR
DEMAIN

Il cumule les deux causes de variation en donnant le résultat final.

CALCUL DE LA DOSE D'INTERMEDIAIRE

LE 0 EME JOUR LE MATIN QUELLE EST LA DOSE D'INSULINE INTERMEDIAIRE
DE REFERENCE? (0 à 50) : 17

QUELLE EST LA GLYCEMIE DU -1 EME JOUR DU SOIR? (20 à 600) : 55

LA GLYCEMIE DU -1 EME JOUR AU SOIR EST INFERIEURE A 65

LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP FAIBLE

LA DOSE DE REFERENCE EST SUPERIEURE A 15 DONC ON MODIFIE DE 2 UNITES

DONC ON DIMINUE LA DOSE DE 2

LA DOSE DE REFERENCE DE L'INSULINE INTERMEDIAIRE QUE L'ON VIENT DE

CALCULER EST DE $(17+ -2) = 15$ UNITES

Le système calcule la dose d'insuline intermédiaire à associer. La glycémie de réglage est trop basse et la dose doit être diminuée.

VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(17+ -2) = 15$ UNITES D'INSULINE INTERMEDIAIRE

RAPPELEZ-VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR

DEMAIN

Il récapitule le résultat final.

DEUXIEME EXEMPLE EN MODE INTERROGATION

QUEL EST LE MODE DE FONCTIONNEMENT?: NORMAL

COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR?: TROIS

VOULEZ-VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION?: QUESTION

NOUS SOMMES LE 0 EME JOUR

QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE?: MIDI

Y A-T-IL UNE OU PLUSIEURS DE CES PERTUBATIONS:

MALAISE SPORT SAUT-COLLATION? : MALAISE ET SPORT

Détermination du contexte avec cette fois, la survenue d'un malaise et une activité sportive prévue.

LE 0 EME JOUR LE MIDI QUELLE EST LA DOSE D'INSULINE RAPIDE DE
REFERENCE (0 à 50)? : 17

SI VOUS AVEZ FAIT UN MALAISE LE -1 EME JOUR, RENTREZ SES
CARACTERISTIQUES, SINON TAPÉZ <N>

A QUELLE HEURE (0 à 23)? : 17

DE QUELLE INTENSITE (1 à 4): 1

Le système demande l'heure et l'intensité du malaise de la veille.

PRATIQUE DU SPORT LE -1 EME JOUR, RENTREZ SES CARACTERISTIQUES
SINON TAPÉZ <N>

A QUELLE HEURE (0 à 23)? : N

DE QUELLE INTENSITE (1 à 4)? : N

Le système demande l'heure et l'intensité du sport la veille. Ici, il n'y en a pas eu.

VOUS AVEZ FAIT UN PETIT MALAISE INEXPLIQUE PENDANT LA PERIODE D'ACTION DE L'INSULINE RAPIDE DU MIDI

IL FAUT DONC DIMINUER LA DOSE DE -2 ET ON NE TIENT PLUS COMPTE DE LA GLYCEMIE QUI LE SUIT

Il donne les conséquences du malaise sur la dose d'insuline.

LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE QUE L'ON VIENT DE CALCULER EST DE $(17 + -2)$ UNITES

QUELLE EST LA GLYCEMIE AU MOMENT DE L'INJECTION (20 à 600)? : 100

PRATIQUE DU SPORT LE 0 EME JOUR, RENTREZ SES CARACTERISTIQUES SINON TAPEZ <N>

A QUELLE HEURE (0 à 23): 15

DE QUELLE INTENSITE (1 à 4)? : 4

Il demande les caractéristiques du sport prévu dans la journée.

VOUS FAITES DU SPORT D'INTENSITE 4 PENDANT LA PERIODE D'ACTION DE L'INSULINE RAPIDE DE MIDI

IL FAUT DONC DIMINUER LA DOSE DE -4

VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(17 + -2) + -4 = 11$ UNITES D'INSULINE RAPIDE

RAPPELEZ-VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR DEMAIN

Il en tire les modifications de dose et fait le récapitulatif.

TROISIEME EXEMPLE EN MODE INTERROGATION

QUEL EST LE MODE DE FONCTIONNEMENT?: NORMAL

COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR?: TROIS

VOULEZ-VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION?: QUESTION

NOUS SOMMES LE 0 EME JOUR

QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE?: MATIN

Y A-T-IL UNE OU PLUSIEURS DE CES PERTUBATIONS:

MALAISE SPORT SAUT-COLLATION? : MALAISE ET SAUT-COLLATION

Le contexte est fixé avec la survenue d'un malaise et d'un saut de collation.

LE 0 EME JOUR LE MATIN QUELLE EST LA DOSE D'INSULINE RAPIDE DE

REFERENCE (0 à 50)? : 12

SI VOUS AVEZ FAIT UN MALAISE LE -1 EME JOUR, RENTREZ SES

CARACTERISTIQUES SINON TAPÉZ <N>

A QUELLE HEURE (0 à 23)? : 11

DE QUELLE INTENSITE (1 à 2)? : 1

SI VOUS AVEZ SAUTE UNE COLLATION OU PRIS UN REPAS INSUFFISANT

LE -1 EME JOUR, CELUI DE QUELLE HEURE EST-CE? SINON TAPÉZ <N>

A QUELLE HEURE (0 à 23)? : 10

Le système demande les caractéristiques du malaise et du saut de collation.

LE -1 EME JOUR VOUS AVEZ FAIT UN MALAISE EXPLIQUE PAR LA PERTUBATION LE
PRECEDANT

IL NE FAUT PAS MODIFIER L'INSULINE MAIS CORRIGER LA CAUSE

ON NE TIENT PLUS COMPTE DE LA GLYCEMIE QUI LE SUIV

LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE QUE L'ON VIENT DE CALCULER

EST DE $(12 + 0) = 12$ UNITES

Le malaise est dû au saut de collation et le système en tire les
conclusions.

QUELLE EST LA GLYCEMIE AU MOMENT DE L'INJECTION (20 à 600)? : 300

LA GLYCEMIE DU 0 EME JOUR AU MATIN EST TRES ANORMALE

SUPERIEURE A 250

LA DOSE DE REFERENCE EST INFERIEURE A 15 UNITES DONC ON MODIFIE DE 1
UNITE

GLY IMMEDIATE TRES ELEVEE DONC AUGMENTER INS RAPIDE DE 1

VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(12 + 0) + 1 = 13$ UNITES D'INSULINE RAPIDE

RAPPELEZ-VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR
DEMAIN

La glycémie immédiate très anormale est prise en compte et le
récapitulatif affiché.

EXEMPLES EN MODE EXERCICE

Comme précédemment les réponses données par l'utilisateur sont soulignées.

L'exercice est proposé sous forme d'un tableau qui est celui que remplissent quotidiennement les diabétiques.

Ses colonnes sont dans l'ordre:

- la date du jour
- les doses d'insuline rapide et intermédiaire du matin séparées par "+"
- les glycémies mesurées après le petit déjeuner et avant le repas de midi
- les doses d'insuline rapide et intermédiaire de midi
- les glycémies mesurées après le repas de midi et avant le repas du soir
- les doses d'insuline rapide et intermédiaire du soir
- les glycémies mesurées après le repas du soir, au coucher et avant le petit déjeuner
- les malaises survenus dans la journée caractérisés par l'heure de survenue, l'intensité et la glycémie mesurée à ce moment-là
- les glycémies supplémentaires faites dans la journée

En bas du tableau sont affichées les perturbations: malaise, sport et saut

de collation

La troisième ligne du tableau correspond au jour en cours où le patient doit calculer ses doses d'insuline. Les cases n'y sont donc pas remplies. Le but de l'exercice est donc de trouver les doses d'insuline à rentrer dans chaque case.

PREMIER EXEMPLE EN MODE EXERCICE

COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR?: DEUX

VOULEZ-VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION?: EXERCICE

QUEL EST LE NUMERO DE L'EXERCICE (1 à 15)?: 1

QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE?: MATIN

Le contexte est fixé comme précédemment: deux injections par jour, le matin, pour l'exercice numéro 1.

```

=====
! DATE! INS ! DEXTRO! INS ! DEXTRO! INS ! DEXTRO !MALAISE ! GLY !
!      !      ! AP! AV!      ! AP! AV!      ! AP!COU! AV!      ! SUPP !
!      !MATIN!P.D!MID! MIDI!MID!SOI! SOIR!SOI!CHE!P.D!HE!I!GLY!HE!GLY!
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!
!  2! 6+12!  : 75! + !      : 70! 8+10!  :125: 60!  : :  ! :  !
!  3! 6+12!  : 55! + !      : 85! 8+10!  :105: 80!  : :  ! :  !
!  4! + !    :   ! + !      :   ! + !    :   :   !  : :  ! :  !

```

LE 4 EME JOUR LE MATIN QUELLE DOSE DE RAPIDE FAITES-VOUS

(0 à 50)? : 6

LE 4 EME JOUR LE MATIN QUELLE DOSE DE INTERMED FAITES-VOUS

(0 à 50)? : 12

L'utilisateur donne les doses d'insuline rapide et d'insuline intermédiaire qu'il associe pour son injection du matin.

NON NON LA DOSE DE RAPIDE A FAIRE N'EST PAS DE 6 MAIS DE 5 UNITES

CAR

La dose de rapide est erronée et le système va expliquer pourquoi.

LA GLYCEMIE DU 3 EME JOUR AU MIDI EST INFERIEURE A 65
LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP FAIBLE
LA DOSE DE REFERENCE EST INFERIEURE A 15 UNITES DONC ON
MODIFIE DE 1 UNITE
DONC ON DIMINUE LA DOSE DE 1
LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE QUE L'ON VIENT DE CALCULER EST
DE $(6 + -1) = 5$ UNITES
VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(6 + -1) = 5$ UNITES D'INSULINE RAPIDE
RAPPELEZ-VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR
DEMAIN

Le système donne les mêmes explications que dans le mode
interrogation, mais il ne pose plus de question, car il va chercher
directement les valeurs des glycémies dans le fichier des glycémies.

OUI!!! BRAVO!!! LA DOSE DE INTERMEDIAIRE EST BIEN DE 12 UNITES

La dose intermédiaire étant la bonne, le système félicite
l'utilisateur et ne donne pas d'explications.

LE 4 EME JOUR LE MATIN QUELLE DOSE DE REFERENCE DE RAPIDE
PREVOYEZ-VOUS POUR DEMAIN (0 à 50)? : 6
LE 4 EME JOUR QUELLES DOSE DE REFERENCE DE INTERMEDIAIRE
PREVOYEZ-VOUS POUR DEMAIN (0 à 50)? : 6

Dès qu'une des deux réponses est bonne, le système demande les doses
d'insuline pour le lendemain afin de s'assurer que l'utilisateur a

correctement compris les règles qui lui ont permis de donner le bon résultat. En effet, cette dose de référence est souvent différente de la dose injectée.

NON NON LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE POUR DEMAIN N'EST PAS DE 6

MAIS DE 5 CAR

ON DIMINUE LA DOSE D'INSULINE DE REFERENCE DE -1 UNITES

CAR LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP BASSE

NON NON LA DOSE DE REFERENCE DE L'INSULINE INTERMEDIAIRE

POUR DEMAIN N'EST PAS DE 6 MAIS DE 12

CAR

LA GLYCEMIE DU 3 EME JOUR AU SOIR EST NORMALE

LA GLYCEMIE DU 2 EME JOUR AU SOIR EST NORMALE

LES DEUX GLYCEMIES DE REFERENCE SONT NORMALES

LES GLYCEMIES DE REGLAGE NE SONT PAS SIMULTANEMENT ANORMALES

DONC LA DOSE DE REFERENCE N'EST PAS MODIFIEE A CAUSE D'ELLES

En cas de réponse erronée, il justifie le calcul correct de la dose de référence.

DEUXIEME EXEMPLE EN MODE EXERCICE

QUEL EST LE MODE DE FONCTIONNEMENT?: NORMAL

COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR?: TROIS

VOULEZ-VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION?: EXERCICE

QUEL EST LE NUMERO DE L'EXERCICE (1 à 15)?: 8

QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE?: MATIN

Détermination du contexte: trois injections, le matin.

```

=====
! DATE! INS ! DEXTRO! INS ! DEXTRO! INS ! DEXTRO !MALAISE ! GLY !
!      !      ! AP! AV!      ! AP! AV!      ! AP!COU! AV!      ! SUPP !
!      !MATIN!P.D!MID! MIDI!MID!SOI! SOIR!SOI!CHE!P.D!HE!I!GLY!HE!GLY!
!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!
! 90!15+ ! :100!18+ ! :130!13+16! :103!110! : : ! : !
! 91!15+ ! : 88!18+ ! :192!13+16! :155!110!11:1: ! : !
! 92! + ! : ! + ! : ! + ! : : ! : : !
    
```

VOUS AVEZ FAIT UN MALAISE D'INTENSITE 1 LE 91 EME JOUR A 11 HEURES

Une perturbation extérieure: un malaise à 11 heures la veille.

LE 92 EME JOUR LE MATIN QUELLE DOSE DE RAPIDE FAITES-VOUS

(0 à 50)? : 15

NON NON LA DOSE DE RAPIDE A FAIRE N'EST PAS DE 15 MAIS DE 13 UNITES

CAR

VOUS AVEZ FAIT UN PETIT MALAISE INEXPLIQUE PENDANT LA PERIODE

D'ACTION DE L'INSULINE RAPIDE DU MATIN

IL FAUT DONC DIMINUER LA DOSE DE -2

ON NE TIENT PLUS COMPTE DE LA GLYCEMIE QUI LE SUIT

LA DOSE DE REFERENCE DE RAPIDE QUE L'ON VIENT DE CALCULER
EST DE $(15 + -2) = 13$ UNITES
VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(15 + -2) = 13$ UNITES D'INSULINE RAPIDE
RAPPELEZ-VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR
DEMAIN

Le système tient compte du malaise et en tire les conclusions.

Il n'y a pas de question sur la dose de référence, car la seule
réponse à donner était fausse et le système a donné les explications.

TROISIEME EXEMPLE EN MODE EXERCICE

QUEL EST LE MODE DE FONCTIONNEMENT?: NORMAL

COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR?: DEUX

VOULEZ-VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION?: EXERCICE

QUEL EST LE NUMERO DE L'EXERCICE?: 15

QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE?: SOIR

Détermination du contexte: deux injections par jour, le soir.

```

=====
! DATE! INS ! DEXTRO! INS ! DEXTRO! INS ! DEXTRO !MALAISE ! GLY !
!      !      ! AP! AV!      ! AP! AV!      ! AP!COU! AV!      ! SUPP !
!      !MATIN!P.D!MID! MIDI!MID!SOI! SOIR!SOI!CHE!P.D!HE!!GLY!HE!GLY!
!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!=====!
! 58!14+11! :100! + ! :120!13+10! :150:100! : : ! : !
! 59!14+11! : 60! + ! : 60!13+10! :210: 40! : : ! : !
! 60! + ! : 90! + ! :280! + ! : : ! : : ! : !
VOUS FAITES DU SPORT D'INTENSITE 4 LE 60 EME JOUR A 20 HEURES
    
```

LE 60 EME JOUR LE SOIR QUELLE DOSE DE RAPIDE FAITES-VOUS

(0 à 50)? : 14

LE 60 EME JOUR LE SOIR QUELLE DOSE D'INTERMEDIAIRE

FAITES-VOUS (0 à 50)? : 9

NON NON LA DOSE DE RAPIDE A FAIRE N'EST PAS DE 14 MAIS DE 11 UNITES

CAR

LA GLYCEMIE DU 59 EME JOUR AU COUCHER EST SUPERIEURE A 130

LA GLYCEMIE DU 58 EME JOUR AU COUCHER EST SUPERIEURE A 130

LES GLYCEMIES DE LA VEILLE ET DE L'AVANT-VEILLE SONT TROP FORTES

LA DOSE DE REFERENCE EST INFERIEURE A 15 UNITES DONC ON MODIFIE

DE 1 UNITE

DONC ON AUGMENTE LA DOSE DE 1

LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE QUE L'ON VIENT DE CALCULER
EST DE $(13 + 1) = 14$ UNITES

LA GLYCEMIE IMMEDIATE DU 60 EME JOUR AU SOIR EST TRES ANORMALE
SUPERIEURE A 250

GLY IMMEDIATE TRES ELEVEE DONC AUGMENTER INS RAPIDE DE 1

VOUS FAITES DU SPORT D'INTENSITE 4 PENDANT LA PERIODE D'ACTION
DE L'INSULINE RAPIDE DU SOIR
IL FAUT DONC DIMINUER LA DOSE DE -4

Ici se trouvent associées trois causes de modification de la dose
d'insuline, alors que l'utilisateur n'en a détectée qu'une.

VOUS DEVEZ DONC FAIRE $(13 + 1) + 1 + -4 = 11$ UNITES D'INSULINE RAPIDE
RAPPELEZ-VOUS QUE LA DOSE ENTRE () EST VOTRE DOSE DE REFERENCE POUR
DEMAIN

Le système récapitule le résultat.

OUI!!! BRAVO!!! LA DOSE DE INTERMEDIAIRE EST BIEN DE 9 UNITES

La dose intermédiaire était la bonne.

LE 60 EME JOUR LE SOIR QUELLE DOSE DE REFERENCE DE RAPIDE
PREVOYEZ-VOUS POUR DEMAIN (0 à 50)?

: 11

LE 60 EME JOUR LE SOIR QUELLE DOSE DE REFERENCE DE INTERMED
PREVOYEZ-VOUS POUR DEMAIN (0 à 50)? : 10

NON NON LA DOSE DE REFERENCE DE LA RAPIDE POUR DEMAIN N'EST PAS
DE 11 MAIS DE 14 CAR

ON AUGMENTE LA DOSE D'INSULINE DE REFERENCE DE 1 UNITE
CAR LES DEUX GLYCEMIES DES DEUX JOURS AVANT SONT TROP HAUTES

LA MODIFICATION DE L'INSULINE RAPIDE SERT A CORRIGER LA GLYCEMIE
IMMEDIATE TRES PERTURBEE ET NE COMPTE PAS POUR LA REFERENCE

LES MODIFICATIONS DE DOSES DUES AU SPORT NE SONT PAS PRISES
EN COMPTE POUR LA MODIFICATION DE LA DOSE DE REFERENCE

NON NON LA DOSE DE REFERENCE DE L'INSULINE INTERMED POUR
DEMAIN N'EST PAS DE 10 MAIS DE 9 UNITES CAR

LA GLYCEMIE DU 59 EME JOUR AU MATIN EST INFERIEURE A 65

LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP FAIBLE

DONC ON DIMINUE LA DOSE DE 1

ON DIMINUE LE DOSE D'INSULINE DE REFERENCE DE -1 UNITES

CAR LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP BASSE

Le calcul des doses de référence est justifié.

IV) LA MISE EN APPLICATION DU SYSTEME

Elle a eu plusieurs conséquences :

IV-1) LA STANDARDISATION DES REGLES DE L'AUTOCONTROLE GLYCEMIQUE

a) La mise au point du système a fait l'objet de nombreuses discussions avec les différents membres du service de médecine G, médecins et infirmières. La confrontation des opinions de l'ensemble de ces personnes a révélé des divergences importantes dans leurs façons d'enseigner les règles de l'autocontrôle glycémique aux diabétiques. Chacun appliquait une méthode a priori logique et efficace, mais un même patient recevant une éducation de plusieurs médecins ou infirmières pouvait être désemparé de ne pas recevoir exactement les mêmes conseils d'une consultation à l'autre. L'arrivée de la première version du système dans le service a ainsi eu l'intérêt d'autoriser une standardisation du mode d'éducation des diabétiques à l'autocontrôle glycémique. Une vingtaine de personnes au sein de l'équipe médicale sont concernées par cette éducation.

b) Le développement du système a de plus permis de prendre conscience de certaines insuffisances de l'éducation traditionnelle. La simple notion de dose de référence a fait l'objet de nombreuses heures de discussion lorsqu'il a fallu l'inclure dans le système, faisant apparaître qu'elle n'était jusque là enseignée que de façon relativement imprécise. L'élaboration de ce système a certainement permis d'avancer dans ce problème complexe de la détermination de règles clairement

formalisées pour l'adaptation des doses d'insuline. Son utilisation en routine est l'occasion de continuer à réfléchir et à améliorer l'efficacité des règles de l'autocontrôle glycémique.

IV-2) L'ENSEIGNEMENT

L'autocontrôle glycémique est un outil d'apparition relativement récente dans le traitement du diabète. Son enseignement en faculté et en école d'infirmière ne semble en outre pas être passé dans la pratique courante. On peut raisonnablement envisager d'utiliser le système pour cet enseignement, dans un premier temps au sein du service de médecine G, pour les infirmières et les étudiants qui y débute, mais également d'une façon plus large. En effet l'enseignement intelligent assisté par ordinateur répond parfaitement aux exigences de la formation continue et du perfectionnement post-universitaire.

IV-3) L'EDUCATION DES DIABETIQUES A L'AUTOCONTROLE GLYCEMIQUE

Il s'agit évidemment du but initial du développement du système. Un des problèmes essentiels de l'éducation du diabétique est d'ordre humain: les personnes chargées de l'éducation doivent consacrer beaucoup de temps et d'énergie à établir une relation de qualité avec chaque patient. Il apparaît donc primordial de les décharger de toute tâche superflue, en pratique de tout ce qui est répétitif. Ils peuvent ainsi mieux se consacrer aux

aspects humains de l'éducation. L'ordinateur a ici une place de choix, et c'est dans cet esprit que le système a été conçu. Il est utilisé de la façon suivante:

- La primo-éducation est assurée au moyen du programme "questions" où le patient a tout loisir pour essayer les cas de figures qu'il a déjà vécus ou qu'il peut imaginer. L'enseignant est libéré de l'effort intellectuel d'être didactique. Il peut se consacrer à observer les réactions du patient et à lui expliquer de façon adaptée les points restant obscurs. La discussion fréquemment informelle entre soignant et soigné devient guidée par le déroulement du programme.

- Le contrôle des connaissances est effectué au moyen du programme "exercices". Son fonctionnement est suffisamment souple et clair pour que la plupart des patients puisse l'utiliser sans aide extérieure. L'ordinateur peut ainsi être employé à la façon d'un jeu dont l'intérêt didactique est évident. L'intervention du personnel chargé de l'éducation prend alors un caractère différent du "censeur". Il s'en suit un gain de temps et d'efficacité non négligeable.

- Le suivi ultérieur du patient fait appel aussi bien à l'un ou à l'autre des programmes, ou à leur combinaison. Il n'a pas semblé souhaitable de prévoir un plan strict d'éducation à long terme, en raison de l'hétérogénéité de la population diabétique. La standardisation n'implique pas la standardisation de son application. Bien au contraire, en matière d'éducation diabétique, l'adaptation à chaque

individu apparaît comme une règle essentielle. Une large place doit être laissée à la relation humaine, et le système proposé ici permet de l'élargir.

IV-4) L'EDUCATION DU DIABETIQUE EN GENERAL

Ce système est limité à l'autocontrôle glycémique, mais représente un exemple de ce qui est probablement faisable dans d'autres domaines de l'éducation des patients.

TROISIEME PARTIE



COMMENT UTILISER LE SYSTEME
POUR CREER SA PROPRE APPLICATION

Nous allons détailler ici la façon de procéder pour créer sa propre base de connaissances dans un autre domaine que le diabète. Pour l'illustrer nous reprendrons les exemples tirés de notre application.

I) LE CHOIX DU DOMAINE DE CONNAISSANCE

Comme nous l'avons déjà souligné la réalisation du système repose sur deux caractéristiques du domaine de connaissance à représenter: il doit être bien limité et facilement formalisable.

- a) bien limité :

La quantité de connaissance à représenter dans le système doit être connue. Ce n'est pas souvent le cas en médecine où de nombreuses difficultés diagnostiques ont des ramifications dans toute la médecine. Ils sont difficilement intégrés dans un système expert car on ne sait pas fixer les limites des connaissances à représenter pour résoudre le problème. Le domaine doit donc être bien limité.

- b) facilement formalisable :

La connaissance doit être formalisable sous forme de règles du type si ... alors ... Or de nombreuses

connaissances médicales ne peuvent être représentées de cette façon: ainsi la physiopathologie d'une maladie. La suite de relations causales entre différents états et ses interactions avec la sémiologie n'est pas facilement formalisable sous forme de règles. De même les grandes classifications qu'utilisent l'anatomie, l'embryologie ... doivent être représentées autrement. Le domaine choisi doit donc être représentable par des règles.

II) LA DETERMINATION DES NOEUDS DU RAISONNEMENT

C'est-à-dire la détermination des principales conclusions intermédiaires qui permettent de construire le raisonnement. Ces conclusions deviendront les principaux prédicats du système.

Dans notre exemple ce sont:

. la détermination des glycémies de réglage qui se traduit par le prédicat suivant:

- Gly-réglage $(J, H, T, J1, H1, J2, H2)$ = les glycémies de réglage de l'insuline faite au jour J au moment H et de type T seront les glycémies du jour J1 au moment H1 et du jour J2 au moment H2.

. la modification de la dose d'insuline en fonction de la dose de référence:

- Modif (W, V) . Si la dose de référence vaut W alors on modifie la dose de V unités.

. la détermination de la période d'action d'une insuline:
- Moment action (J, M, T, J1, H1, H2) = l'insuline du jour J
au moment M de type T agit le jour J1 de l'heure H1 à l'heure
H2.

. la détermination de la variation de dose:
- Variation (J, H, T, W, V1, V2, C) = la variation de dose de
l'insuline du jour J faite au moment H et de type T, la dose
de référence étant W, sera de V1 pour la dose de référence du
lendemain et de V2 pour la dose à injecter, la cause de
variation est rappelée en C.

III) LA FORMALISATION DES REGLES

C'est la détermination des règles qui aboutissent à ces
conclusions, des conclusions précédentes pouvant intervenir dans
de nouvelles règles. Ainsi:

. "l'interprétation des glycémies de réglage" dépend de la
"détermination des glycémies de réglage" et de
"l'interprétation des glycémies" correspondantes.

. "la détermination des glycémies de réglage" dépend de la
"durée d'action des insulines" et des "horaires d'injection".

. "l'interprétation des glycémies" dépend des "fourchettes de
normalité" et des "perturbations survenues avant".

. "les fourchettes de normalité" dépendent du "moment de leur

mesure" et des "horaires des repas".

. "les perturbations" dépendent des "malaises", "des efforts physiques", des "sauts de collation".

. "les malaises" dépendent de leur "moment de survenue", de leur "intensité", "s'ils peuvent être expliqués par une autre perturbation".

Cette étape permet d'imbriquer les différentes conclusions partielles entre elles.

IV) ENVISAGER LA COMMUNICATION AVEC L'EXTERIEUR

Les informations peuvent provenir de fichiers ou de questions posées à l'utilisateur. Les résultats sont à exprimer en tableaux ou en graphiques. Les explications que le système donnera sur son raisonnement doivent être mises en place. Ces différentes fonctions sont assurées par des procédures de communication écrites en Pascal et directement appelables depuis les règles. Ce sont dans notre cas les procédures qui vont lire les valeurs de glycémies et d'insuline dans un fichier et y ranger les résultats, les procédures qui affichent les tableaux des glycémies, les procédures d'impression de commentaires qui associées à chaque règle justifient le raisonnement suivi.

Par exemple ici:

. préciser les prédicats pour lesquels il faudra poser une question à l'utilisateur quand le système ne trouve pas la réponse:

- OGlyc (J, M, V) = question : quelle est la glycémie du jour J au moment M

fourchette de réponse: (20, 600)

- HeureMalaise (J, H) = question : si vous avez fait un malaise le jour J, à quelle heure l'avez-vous fait ?

fourchette de réponse: (0, 23)

. préciser les prédicats qui devront faire appel à une procédure écrite en Pascal d'entrée/sortie: par exemple

- Lglyc (J, H, V) va lire dans le fichier des glycémies la valeur V de la glycémie du jour J au moment H

V) MISE EN PLACE DU CONTEXTE

On distingue un contexte général et un contexte local.

V-1) LE CONTEXTE GENERAL

Ce contexte est celui qui est vrai lors du déroulement de toute une session. Il est apporté par l'instanciation des variables de certains prédicats au début de la session. Le choix de ces prédicats dépend des différents modes de fonctionnement prévus pour le système expert. Ainsi dans notre application ce sont:

- . le niveau de commentaire : "commentaire (NIVEAU)"
- . le nombre d'injections par jour : "nb-injections (N)"
- . le fonctionnement en interrogation
ou en exercice : "mode (X)"

Ces prédicats sont insérés dans la règle où ce contexte est utilisé.

Par exemple:

si

inf (REFERENCE, 15) commentaire (NIVEAU)

alors

modifier-la-dose (REFERENCE, 1)

imprimer (NIVEAU, 3, "on modifie la dose de 1 unité car la
dose de référence est inférieure à 15 unités")

Le niveau de commentaire est apporté par l'instanciation de "commentaire". Si "NIVEAU" est supérieur à 3, alors on imprime le commentaire.

V-2) LE CONTEXTE LOCAL

Un contexte propre à un noeud du raisonnement sera inclus dans le prédicat associé dans sa partie donnée:

- a) Exemple 1 :

On s'intéresse à une dose d'insuline. Or le système peut dans une session en calculer plusieurs; il faut donc la caractériser. Si on ne le faisait pas on aurait un prédicat:

"Insuline à faire (V)": la dose d'insuline à faire vaut V

Si on veut la caractériser il faudra écrire:

"Insuline à faire (J, M, T, V)": la dose d'insuline à faire au jour J au moment M de type T vaut V; J, M, T sont le contexte de l'insuline à faire et seront déclarés en partie données.

- b) Exemple 2 :

"Fourchette de normalité (I, S)"

serait insuffisant à lui seul. Dans une même session on est amené à utiliser des fourchettes différentes.

Il faut donc fixer son contexte. Dans ce cas c'est le moment de la journée, les fourchettes ne variant pas d'un jour à l'autre.

On mettra donc:

"Fourchette de normalité (M, I, S)": la fourchette de normalité au moment M va de I à S, M est le contexte mis en données, I et S sont les résultats.

Les instanciations seront:

Fourchette de normalité (avt-petit-dej, 65, 130)

Fourchette de normalité (après-midi, 100, 180)

Fourchette de normalité (coucher, 100, 130)

Les variables de la partie résultat ne peuvent avoir des valeurs différentes pour une même valeur des variables de contexte en 'données'. Ainsi les fourchettes ne peuvent avoir des valeurs différentes au coucher.

Par exemple:

"Fourchette de normalité (coucher, 100, 130)" ne peut coexister avec "Fourchette de normalité (coucher, 80, 120)"

- b) exemple 3 :

"Glycémie (J, M, V)": J et M = données et V = résultat

On peut avoir: Glycémie (10, Matin, 105) et
Glycémie (10, Soir, 95)

mais pas : Glycémie (10, Matin, 105) et
Glycémie (10, Matin, 95)

Car 10, Matin sont des données identiques avec des résultats différents.

On fait une entorse à ce principe quand on veut qu'un prédicat ait plusieurs résultats différents pour une même valeur des données. Ceci se produit dans les variations de dose. Cette variation à un jour J à un moment M pour un type T d'insuline aura plusieurs valeurs simultanées: car une dose peut varier à cause du sport, à cause d'un malaise, à cause de glycémies anormales. Cette valeur de variation sera stockée dans la variable "VALEUR". Cette variable sera déclarée en partie "données", lui permettant ainsi d'exister avec des valeurs différentes simultanément.

Par exemple:

Variation (10, matin, rapide, -1)

Variation (10, matin, rapide, -2)

Variation (10, matin, rapide, +2)

VI) ECRITURE DES REGLES

VI-1) DES REGLES REPRESENTANT LA CONNAISSANCE

Elle se fait à partir de la structure obtenue dans la formalisation des règles. Les variables, le contexte et les entrées/sorties y sont ajoutés.

Exemple :

<u>si</u>	!	<u>si</u>
Momentacti (J M T J1 H1 H2)	!	le moment d'action de l'insuline
	!	du jour J au moment M de type T
	!	est le jour J1 de l'heure H1 à H2
Sub (J1 1 J2)	!	et que J2 est la veille de J1
Malaise (J2 H I)	!	et qu'il y a eu ce jour là un
	!	malaise à l'heure H et
	!	d'intensité I
Dans (H H1 H2)	!	et que cette heure H est dans
	!	l'intervalle H1 H2 pendant
	!	lequel agissait l'insuline
Commentaire (NIVEAU)	!	et que le niveau de commentaire
	!	vaut NIVEAU
<u>alors</u>	!	<u>alors</u>
Variation (J M T W -2 0 malaise)	!	la variation de la dose d'insuline
	!	du jour J au moment M de type T
	!	sera de -2 pour la dose à injecter
	!	et 0 pour la dose de référence du
	!	lendemain et cette variation
	!	est due à un malaise
Imprimer (NIVEAU, 3,	!	et imprimer à l'écran
"vous avez fait un malaise	!	le commentaire si NIVEAU > 3
pdt la période d'action de	!	
l'insuline", "T", "du", "M", "il	!	
faut diminuer la dose de 2"	!	

VI-2) DES REGLES DE GESTION DE LA SESSION

En effet une session enchaîne des étapes obligatoires et des étapes variables selon les choix et les réposes de l'utilisateur. La gestion de ces étapes se fait facilement par les règles. Ainsi les premières règles

activées mettront en place le contexte.

Dans notre exemple ce sont: le niveau de commentaire, le nombre d'injections par jour, le mode interrogation ou exercice. Les prédicats qui apportent la valeur de ce contexte doivent être insérés dans les règles qui les utilisent. Ainsi les règles où une édition est déclenchée doivent contenir le prédicat: "commentaire (NIVEAU)", celles qui déterminent le moment des injections doivent contenir: "nombre d'injections par jour (N)".

exemple : les règles qui déclenchent ou non l'exploration de la solution selon que la réponse à l'exercice est bonne ou mauvaise:

si

eg (X1, X2)

alors

imp ("oui bravo, la dose de", "T", "est bien de", "X1", "unités")

comparaison (J, H, T, X1, X2)

Si on a égalité entre la dose correcte X1 et la dose X2 répodue par le diabétique alors on le félicite.

si

dif (X1, X2)

imp ("non la dose de", "T", "à faire n'est pas de", "X2", "mais de", "X1", "unités")

insuline (J, H, T, V)

alors

comparaison (J, H, T, X1, X2)

Si la dose correcte X1 est différente de la dose répondue X2, après impression du commentaire on calcule la dose d'insuline en donnant les

explications qui sont associées à ce calcul.

VII) LES TESTS

Une fois les règles écrites, elles sont compilées. Le compilateur signale les erreurs syntaxiques.

On teste les règles par petits groupes en partant des plus bas niveaux. Ceci permet de bien identifier l'origine des erreurs lorsque elles surviennent, le moteur permettant d'activer le chaînage arrière à partir de n'importe quelle liste de sous-buts rentrée interactivement.

VIII) LA MISE AU POINT

Une fois cette première version terminée, l'histoire du système expert ne fait que commencer. En effet cette version ne conviendra pas et l'expert demandera de nombreuses modifications pour arriver à la version définitive. Car ce n'est qu'en voyant le résultat à l'écran que l'expert est en mesure de compléter ou modifier les règles. Cette phase est relativement longue par rapport à la constitution du noyau initial de règles.

IX) LA VALIDATION

C'est seulement à ce stade que débute la validation proprement dite. Elle consiste à faire tester le système par d'autres experts que les concepteurs et à vérifier que dans tous les cas ils sont en accord avec les conclusions du système.

Il est également mis entre les mains d'utilisateurs: leurs remarques

permettent d'améliorer la présentation.

Cette phase est de loin la plus longue et dure plusieurs années.

Notre système actuel a été testé par les différents médecins du service et par trois diabétologues d'autres hôpitaux mais il n'est utilisé que dans le Service des Professeurs DEBRY et DROUIN de Médecine G à l'hôpital Jeanne d'Arc de NANCY-TOUL.

CONCLUSION

Nous avons présenté l'état actuel d'un système expert développé pour l'éducation des malades atteints de diabète insulino-dépendant sous auto-contrôle glycémique.

Ce système calcule les doses d'insulines en fonction des glycémies des jours précédents et des perturbations extérieures comme les malaises, le sport ou le saut d'un repas. Il justifie son raisonnement permettant au diabétique d'assimiler les règles de calcul des doses. Les données permettant ce calcul sont fournies soit par le patient (programme "question") soit par l'ordinateur à partir d'exercices (programme "exercice"). Dans ce dernier mode les réponses erronées sont relevées et le bon raisonnement est alors expliqué.

Nous avons essayé de montrer l'intérêt de ce type de réalisation pour l'enseignement.

La suite de ce travail s'oriente vers deux études:

- l'amélioration du système à partir de l'expérience tirée de son utilisation.
 - l'extension du système à d'autres connaissances à savoir la physiopathologie, le fonctionnement et l'utilisation des appareils de mesure de la glycémie, les conduites à tenir dans certaines situations.
- Ceci pour permettre au système d'aider le diabétique dans d'autres domaines que le seul calcul des doses d'insuline.

GLOSSAIRE

ALGORITHME : Description pas à pas de toutes les étapes de la solution d'un problème; transcrit dans un langage informatique, il devient un programme.

BASE DE CONNAISSANCES : Partie d'un système expert contenant la représentation du savoir, valide dans le domaine de compétence du système. Cette représentation est ici sous forme de règles.

BASE DE FAITS : Structure dans laquelle le système stocke tous les éléments de connaissance dont il est sûr au cours de son raisonnement.

CHAINAGE ARRIERE : Stratégie d'exploration des règles de la base de connaissance dans laquelle on cherche à vérifier la validité du but à atteindre. Une règle est retenue si elle a, en partie conclusion, le but à vérifier. Les éléments de sa partie "prémisse" deviennent alors les nouveaux sous-buts à explorer.

CHAINAGE AVANT : Stratégie d'exploration des règles de la base de connaissance dans laquelle, partant de certains faits établis au départ, on cherche à en déduire toutes les conclusions possibles. Cette méthode est l'inverse de la précédente: une règle est retenue quand tous les éléments de sa partie "prémisse" existent déjà dans la base de faits et les éléments de sa partie "conclusion" sont alors ajoutés à la base de faits.

INSTANCIATION : Processus consistant à remplacer une variable par

sa valeur, processus par lequel on crée un exemplaire d'un concept abstrait: une instanciation de "glycémie (JOUR, HEURE, VALEUR)" sera glycémie (10e jour, à 11 heures, vaut 1,10 g/l).

FRAME : Structure représentant les caractéristiques d'un objet.

LOGIQUE DES PROPOSITIONS OU LOGIQUE D'ORDRE ZERO : Théorie mathématique qui formalise le raisonnement logique sur des propositions simples:

"si le ciel est bleu et que le soleil brille alors il fait beau"

"si il fait beau et que l'on est dimanche alors les routes sont encombrées".

LOGIQUE DU PREMIER ORDRE : Théorie mathématique permettant la prise en compte des variables avec quantifications (quelque soit, il existe) dans le raisonnement logique.

LOGIQUE FLOQUE : Théorie mathématique, extension de la théorie des ensembles, qui permet de déterminer des coefficients d'appartenance d'un élément à un ensemble. Ainsi une glycémie au lieu d'être normale jusque 1,29 g/l et élevée à partir de 1,30 g/l, appartiendra à l'ensemble des glycémies élevées avec un coefficient variant de 0 à 1 quand elle variera de 1,10 à 1,50 g/l.

MOTEUR D'INFERENCE : Programme qui met en oeuvre la stratégie d'exploration de la base de connaissance et de la base de faits pour résoudre les problèmes.

PREDICAT : Nom donné à un objet ou à un élément en logique de premier ordre. "glycémie (JOUR, HEURE, VALEUR) est un prédicat et "glycémie (10^e jour, à 11 heures, vaut 1,10 g/l) est un prédicat instancié ou un fait.

REGLES DE PRODUCTION : Règle dans laquelle, à une situation rencontrée, correspond une action à effectuer.

ANNEXES

Nous présentons la liste des règles et les prédicats qu'elles utilisent telles qu'elles sont réellement rentrées dans le système.

SI ALORS XXX;

```
%*****%
%acquisition des caractéristiques des glycémies, du sport, des malaises%
%des sauts de collation%
%*****%
```

SI DIF(J 0) OU(LGLY(J M V) QGLY(J M V)) ALORS GLYCEMIE(J M V);
SI EG(J 0) QGLY(V) ALORS GLYCEMIE(J M V);

SI OU(ET(SUB(J 1 J1) LINSREGL(J1 M T V)) QINSREGL(J M T V))
ALORS DOSEREGLAGE(J M T V);

SI LMALAISE(J H I G) ALORS XMALAISE(J H I G);

SI COM(Z N1) IMPRET(Z N1 5 CHR13
"SI VOUS AVEZ FAIT UN MALAISE LE ",J," EME JOUR, RENTREZ SES CARACTERISTIQUES"
, " SINON TAPEZ <N>")
QHEURE(H) QINTENSITE(I)
ALORS XMALAISE(J H I G);

SI LSPORT(J H I G) ALORS XSPORT(J H I G);

SI COM(Z N1) IMPRET(Z N1 5 CHR13
"PRATIQUE DU SPORT LE ",J," EME JOUR, RENTREZ SES CARACTERISTIQUES"
, " SINON TAPEZ <N>")
QHEURE(H) QINTSPORT(I)

ALORS XSPORT(J H I G);
SI LMALADE(J H) ALORS XSAUT-COLLA(J H);

SI COM(Z N1) IMPRET(Z N1 5 CHR13
"SI VOUS AVEZ SAUTE UNE COLLATION OU PRIS UN REPAS INSUFFISANT LE "
,J," EME JOUR",CHR13,"CELUI DE QUELLE HEURE EST-CE ? SINON TAPEZ <N>")
QHEURE(H)
ALORS XSAUT-COLLA(J H);

```
%*****%
%moments entre lesquels une perturbation annule une glycémie%
%*****%
```

SI ALORS MOMENTGLY(MATIN 0 6);
SI ALORS MOMENTGLY(MIDI 7 11);
SI ALORS MOMENTGLY(SOIR 12 18);
SI ALORS MOMENTGLY(COUCHER 19 23);

```
%*****%
%determine si une glycémie est normale ou non%
%*****%
```

SI MOMENTGLY(M H1 H2)
OU(ET(MALAISE(OUI) XMALAISE(J H5 I1 G1) DANS(H5 H1 H2))
ET(SPORT (OUI) XSPORT (J H6 I2 G2) DANS(H6 H1 H2))
ET(SAUT-COLLA(OUI) XSAUT-COLLA(J H7) DANS(H7 H1 H2))
)
COMQGLY(Z J M
"SUIT UNE PERTURBATION, ON NE LA PREND PAS EN COMPTE POUR LA SUITE ",0)
ALORS PERTURB(J M);

%si la glycémie au moment H vaut V
et si la fourchette de normalité au moment H va de I a S
et si V > S
alors la glycémie est anormale et trop élevée %
SI GLYCEMIE(J,H,V) FOURCHETTE(H,I,S) SUP(V,S)
COMQGLY(Z,J,H,"EST SUPERIEURE A ",S) NON(PERTURB(J H))

```
%si la glycemie au moment H vaut V
  et si la fourchette de normalite au moment H va de I a S
  et si V < S
  alors la glycemie est anormale et trop basse %
SI GLYCEMIE(J,H,V) FOURCHETTE(H,I,S) INF(V,I)
  COMQGLY(Z,J,H,"EST INFERIEURE A",I) NON(PERTURB(J H))
ALORS QUALITEGLY(J,H,ANORMALE,BASSE);
```

```
%si la glycemie au moment H vaut V
  et si la fourchette de normalite au moment H va de I a S
  et si I > V > S
  alors la glycemie est normale %
SI GLYCEMIE(J,H,V) FOURCHETTE(H,I,S) DANS(V,I,S)
  COMQGLY(Z,J,H,"EST NORMALE",0)
ALORS QUALITEGLY(J,H,NORMALE,NORMALE);
```

```
SI PERTURB(J H) ALORS QUALITEGLY(J H NORMALE NORMALE);
```

```
%si la glycemie au moment H vaut V
  et si la fourchette de valeurs tres anormales au moment H va de I a S
  et si V > S
  alors la glycemie est tres anormale et tres elevee %
SI GLYCEMIE(J,H,V) GRDEFURCH(I,S) SUP(V,S)
  COMQGLY(Z,J,H,"EST TRES ANORMALE SUPERIEURE A",S)
ALORS QUALITEGLY(J,H,TRESANORM,TRESELEVEE);
```

```
%si la glycemie au moment H vaut V
  et si la fourchette de valeurs tres anormales au moment H va de I a S
  et si V < S
  alors la glycemie est tres anormale et tres basse %
SI GLYCEMIE(J,H,V) GRDEFURCH(I,S) INF(V,I)
  COMQGLY(Z,J,H,"EST TRES ANORMALE INFERIEURE A",I)
ALORS QUALITEGLY(J,H,TRESANORM,TRESBASSE);
```

```
SI COM(Z,N1) IMPRET(Z,N1,5,"LA GLYCEMIE DU ",J," EME JOUR AU ",H," ",C," ",B)
ALORS COMQGLY(OUI,J,H,C,B);
SI ALORS COMQGLY(NON J H C B);
```

```
%*****%
%determination des glycemies de reglage pour un type d'insuline a une
  heure et un jour donnees%
%*****%
```

```
%les glycemies de reglage de l'insuline rapide du matin sont:
  la glycemie de la veille a midi et
  la glycemie de l'avant-veille a midi %
SI SUB(J,1,J1) SUB(J,2,J2) ALORS GLYREGLAGE(J,MATIN,RAPIDE,J1,MIDI,J2,MIDI);
%les glycemies de reglage de l'insuline semilente du matin sont:
  la glycemie de la veille le soir et
  la glycemie de l'avant-veille le soir %
SI SUB(J,1,J1) SUB(J,2,J2) ALORS GLYREGLAGE(J,MATIN,INTERMED,J1,SOIR,J2,SOIR);
%les glycemies de reglage de l'insuline rapide du soir sont:
  la glycemie de la veille au coucher et
  la glycemie de l'avant-veille au coucher %
SI SUB(J,1,J1) SUB(J,2,J2)
  ALORS GLYREGLAGE(J,SOIR,RAPIDE,J1,COUCHER,J2,COUCHER);
%les glycemies de reglage de l'insuline semilente du soir sont:
  la glycemie du meme jour le matin et
  la glycemie de la veille le matin %
```

```

%
SI SUB(J,0,J1) SUB(J,1,J2) ALORS GLYREGLAGE(J,SOIR,INTERMED,J1,MATIN,J2,MATIN);
%
SI SUB(J,1,J1) SUB(J,2,J2) ALORS GLYREGLAGE(J,SOIR,INTERMED,J1,MATIN,J2,MATIN);
%les glycemies de reglage de l'insuline rapide de midi sont:
  la glycemie de la veille le soir
  et la glycemie de l'avant-veille le soir %
SI SUB(J,1,J1) SUB(J,2,J2) ALORS GLYREGLAGE(J,MIDI,RAPIDE,J1,SOIR,J2,SOIR);

%regarde si les deux glycemies de reglage sont anormales%

SI GLYREGLAGE(J,H,T,J1,H1,J2,H2)
  QUALITEGLY(J1,H1,X,ELEVEE) QUALITEGLY(J2,H2,Y,ELEVEE) COM(Z,N1)
ALORS DEUXGLY(J,H,T,DEUXELEV)
  IMPRET(Z,N1,5,
  "LES GLYCEMIES DE LA VEILLE ET DE L'AVANT VEILLE SONT TROP FORTES");

SI GLYREGLAGE(J,H,T,J1,H1,J2,H2)
  QUALITEGLY(J1,H1,X,BASSE ) COM(Z,N1)
ALORS DEUXGLY(J,H,T,UNEBASSE)
  IMPRET(Z,N1,5,"LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP FAIBLE");

SI GLYREGLAGE(J,H,T,J1,H1,J2,H2)
  QUALITEGLY(J1,H1,ANORMALE,ELEVEE) NON(QUALITEGLY(J2 H2 X ELEVEE)) COM(Z,N1)
ALORS DEUXGLY(J,H,T,ELEVEE)
  IMPRET(Z,N1,5,"SEULE LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST ELEVEE")
;

SI GLYREGLAGE(J,H,T,J1,H1,J2,H2)
  QUALITEGLY(J1,H1,NORMALE,X) QUALITEGLY(J2,H2,ANORMALE,Y) COM(Z,N1)
ALORS DEUXGLY(J,H,T,UNEANORM)
  IMPRET(Z,N1,5,"SEULE LA GLYCEMIE DE L'AVANT VEILLE EST ANORMALE")
;

SI GLYREGLAGE(J,H,T,J1,H1,J2,H2)
  QUALITEGLY(J1,H1,NORMALE,X) QUALITEGLY(J2,H2,NORMALE,Y) COM(Z,N1)
ALORS DEUXGLY(J,H,T,NORMALE)
  IMPRET(Z,N1,5,"LES DEUX GLYCEMIES DE REFERENCE SONT NORMALES")
;

%*****%
%determination de la duree d'action d'une insuline%
%*****%

%l'insuline rapide du matin agit le meme jour de 7 a 11 heures%
SI ALORS MOMENTACTI(J MATIN RAPIDE J 7 11);
%l'insuline semilente du matin agit de 12 a 18 heures%
SI ALORS MOMENTACTI(J MATIN INTERMED J 12 18);
%l'insuline rapide du soir agit de 19 a 23 heures%
SI ALORS MOMENTACTI(J SOIR RAPIDE J 19 23);
%l'insuline semilente du soir agit le lendemain de 0 a 6 heures%
%
SI ALORS ADD(J 1 J1) MOMENTACTI(J SOIR INTERMED J1 0 6);
%
SI ALORS MOMENTACTI(J SOIR INTERMED J 0 6);
%l'insuline rapide de midi agit de 12 a 18 heures%
SI ALORS MOMENTACTI(J MIDI RAPIDE J 12 18);

%*****%
%determination des fourchettes%
%*****%

%la fourchette extreme va de 50 a 250%
SI ALORS GRDEFURCH(50 250);

```

```

%le matin la fourchette va de 65 a 130%
SI ALORS FOURCHETTE( MATIN, 65,130);
%a midi la fourchette va de 65 a 130%
SI ALORS FOURCHETTE( MIDI , 65,130);
%le soir la fourchette va de 65 a 130%
SI ALORS FOURCHETTE( SOIR , 65,130);
%au coucher la fourchette va de 100 a 130%
SI ALORS FOURCHETTE(COUCHER,100,130);

%*****%
%modification de la dose d'insuline selon la dose de depart%
%*****%

%si la dose de reference est inferieure a 15 unites les modifications
se feront 1 par 1 unites%
SI INF(W,16) COM(Z,N1)
ALORS MODIF(W,1) IMPRET(Z,N1,5,"LA DOSE DE REFERENCE EST ",
"INFERIEURE A 15 UNITES DONC ON MODIFIE DE 1 UNITE");

%si la dose de reference est superieure a 15 unites les modifications
se feront 2 par 2 unites%
SI SUP(W,15) COM(Z,N1)
ALORS MODIF(W,2) IMPRET(Z,N1,5,"LA DOSE DE REFERENCE EST ",
"SUPERIEURE A 15 DONC ON MODIFIE DE 2 UNITES");

%*****%
%calcul de la variation de la dose d'insuline%
%*****%

%si il y a eu un malaise pendant la periode d'action de cette insuline
on diminue la dose de 2 ou 4 selon l'intensite du malaise%

SI OU(ET(SPORT(OUI) XSPORT(J H1 I 6) DANS(H1 H8 H9))
ET(SAUT-COLLA(OUI) XSAUT-COLLA(J H2) DANS (H2 H8 H9)))
ALORS CAUSEMALAISE(J H8 H9);

SI MALAISE(OUI) MOMENTACTI(J M T J1 H1 H2) SUB(J1 I J2) XMALAISE(J2 H I 6)
DANS(H H1 H2) NON(CAUSEMALAISE(J2 H1 H))
COM(Z N1) MUL(I -2 I2) INTMALAISE(I C1)
ALORS VARIATIONGLY(J M T W I2 I2 MALAISEINE)
IMPRET(Z,N1,5,
"VOUS AVEZ FAIT UN ",C1," MALAISE INEXPLIQUE PENDANT LA PERIODE D'ACTION",
" DE L'INSULINE ",T," DU ",M,CHR13,"IL FAUT DONC DIMINUER LA DOSE DE ",I2,
" ON NE TIENT PLUS COMPTE DE LA GLYCEMIE QUI LE SUIT");

SI MALAISE(OUI) MOMENTACTI(J M T J1 H1 H2) SUB(J1 I J2) XMALAISE(J2 H I 1)
DANS(H H1 H2) CAUSEMALAISE(J2 H1 H)
COM(Z N1) MUL(I -2 I2) INTMALAISE(I C1)
ALORS VARIATIONGLY(J M T W 0 0 MALAISEEXP)
IMPRET(Z,N1,5,"LE ",J," EME JOUR ",
"VOUS AVEZ FAIT UN MALAISE EXPLIQUE PAR LA PERTURBATION LE PRECEDENT, ",
CHR13,"IL NE FAUT PAS MODIFIER L'INSULINE MAIS CORRIGER LA CAUSE",
CHR13," ON NE TIENT PLUS COMPTE DE LA GLYCEMIE QUI LE SUIT");

SI MOMENTACTI(J M T J1 H1 H2) SUB(J1 I J2) CAUSEMALAISE(J2 H1 H2) COM(Z N1)
ALORS VARIATIONGLY(J M T W 0 0 PERT)
IMPRET(Z N1 5 "ON NE TIENT PLUS COMPTE DE LA GLYCEMIE SUIVANT LE SPORT",
" OU LE SAUT DE COLLATION");

%si les deux glycemies de reglage sont elevees on augmente la dose de 1 ou 2%
SI DEUXGLY(J,H,T,DEUXELEV) MODIF(W,X) COM(Z,N1) AFFECTER(X Y)
IMPRET(Z,N1,5,"DONC ON AUGMENTE LA DOSE DE ",X)
ALORS VARIATIONGLY(J M T W 0 0 DEUXELEV)

```

ALORS VARIATIONGLY(J,H,T,W,X,Y,DEUXELEV) ;

%si la glycemie de reglage est basse on augmente la dose de 1 ou 2%
SI DEUXGLY(J H T UNEBASSE) MODIF(W,X1) SUB(0,X1,X) COM(Z,N1) AFFECTER(X Y)
IMPRET(Z,N1,5,"DONC ON DIMINUE LA DOSE DE ",X1)
ALORS VARIATIONGLY(J,H,T,W,X,Y,UNEBASSE) ;

%si une seule glycemie de reglage est elevee on ne modifie pas la dose%
SI DEUXGLY(J,H,T,ELEVEE) COM(Z,N1)
IMPRET(Z,N1,5,"DONC ON NE MODIFIE PAS LA DOSE ")
ALORS VARIATIONGLY(J,H,T,W,0,0,ELEVEE);

%si une seule glycemie de reglage est elevee on ne modifie pas la dose%
SI OU(DEUXGLY(J,H,T,NORMALE) DEUXGLY(J,H,T,UNEANORM)) COM(Z,N1)
IMPRET(Z,N1,5,"DONC ON NE MODIFIE PAS LA DOSE ")
ALORS VARIATIONGLY(J,H,T,W,0,0,NORMALE);

%si la glycemie immediate est tres elevee on augmente la dose d'insuline
de 1 ou 2 unites %
SI QUALITEGLY(J,H,X,TRESELEVEE) MODIF(W,V) COM(Z,N1)
IMPRET(Z,N1,5,"GLY IMMEDIATE TRES ELEVEE DONC AUGMENTER INS RAPIDE DE ",V)
ALORS VARIATIONIMMED(J H RAPIDE W V 0 TRESANORM);

%si la glycemie immediate est tres basse on diminue la dose de 1ou2 unites%
SI QUALITEGLY(J H X TRESBASSE) MODIF(W V1) SUB(0 V1 V)
COM(Z N1)
IMPRET(Z,N1,5,"GLY IMMEDIATE TRES BASSE DONC DIMINUER INS RAPIDE DE ",V)
ALORS VARIATIONIMMED(J,H,RAPIDE,W,V,0,TRESANORM) ;

%si on fait du sport pendant la periode d'action de cette insuline
on diminue la dose de 1,2,3 ou 4 unites selon l'intensite de l'effort%
SI SPORT(OU) MOMENTACTI(J M T J1 H1 H2) XSPORT(J1 H I G)
DANS(I 1 4) DANS(H H1 H2) COM(Z N1) SUB(0 I I1)
ALORS VARIATIONSPORT(J M T W I1 0 SPORT)
IMPRET(Z,N1,5,CHR13,"VOUS FAITES DU SPORT D'INTENSITE ",I,
" PENDANT LA PERIODE D'ACTION DE L'INSULINE ",T," DU ",M)
IMPRET(Z,N1,5,"IL FAUT DONC DIMINUER LA DOSE DE ",I1) ;

%*****%
%calcul de l'insuline de reference%
%*****%
%*..

SI VARIATIONGLY(J H T W X Y MALAISEINE)
COM(Z N1)
IMPRET(Z N1 5 "ON DIMINUE LA DOSE D'INSULINE DE REFERENCE DE ",X," UNITES")
IMPRET(Z N1 5 "CAR LES MALAISES INEXPLIQUES SONT A CONSIDERER COMME DES ",
"HYPOGLYCEMIES INEXPLIQUEES",CHR13)
ALORS VALINSREGL(J H T);

SI VARIATIONGLY(J H T W X Y DEUXELEV) COM(Z N1)
IMPRET(Z N1 5 "ON AUGMENTE LA DOSE D'INSULINE DE REFERENCE DE ",X," UNITES")
IMPRET(Z N1 5 "CAR LES GLYCEMIES DES DEUX JOURS AVANT SONT TROP HAUTES")
IMPRET(Z N1 5 CHR13)
ALORS VALINSREGL(J H T);

SI VARIATIONGLY(J H T W X Y UNEBASSE) COM(Z N1)
IMPRET(Z N1 5 "ON DIMINUE LA DOSE D'INSULINE DE REFERENCE DE ",X," UNITES")
IMPRET(Z N1 5 "CAR LA GLYCEMIE DE LA VEILLE EST TROP BASSE",CHR13)
ALORS VALINSREGL(J H T);

SI OU(DEUXGLY(J H T ELEVEE) DEUXGLY(J H T NORMALE) DEUXGLY(J H T UNEANORM))
COM(Z N1)
IMPRET(Z N1 5 "LES GLYCEMIES DE REGLAGE NE SONT PAS SIMULTANEMENT ANORMALES",
CHR13,"DONC LA DOSE DE REFERENCE N'EST PAS MODIFIEE A CAUSE D'ELLES",CHR13)

SI QUALITEGLY(J H TRESANORM X) COM(Z N1)
 IMPRET(Z N1 5 "LA MODIFICATION DE L'INSULINE RAPIDE SERT A CORRIGER LA ",
 CHR13,
 ,"GLYCEMIE IMMEDIATE TRES PERTURBEE ET NE COMPTE PAS POUR LA REFERENCE",CHR13)
 ALORS VALINSREGL(J H T);

SI VARIATIONSPORT (J H T W1 X1 Y1 SPORT)
 COM(Z N1)
 IMPRET(Z N1 5 "LES VARIATIONS DE DOSES DUES AU SPORT NE SONT PAS PRISES",
 CHR13," EN COMPTE POUR LA MODIFICATION DE LA DOSE DE REFERENCE",CHR13)
 ALORS VALINSREGL(J H T);

/%*****%
 %calcul de la dose d'un type d'insuline%
 %*****%

SI VARIATIONGLY(J H T W X Y Q) COM(Z N1)
 ADD(W X V) RINSREGL(J H T V)
 ALORS VARIATION(J H T W X V Q)
 IMPRET(Z,N1,5 ,CHR13,"LA DOSE DE REFERENCE DE LA ",
 T," QUE L'ON VIENT DE CALCULER EST DE (<,"W,"+ ",X,") =",V," UNITES")
 ATTENTE;

SI VARIATION(J H T W X V Q) COM(Z N1)
 VARIATIONIMMED(J H T W X2 Y2 Q2) VARIATIONSPORT(J H T W X3 Y3 Q3)
 ADD(V X2 V) ADD(V X3 V)
 ALORS
 VARIATIONCALC(J H T W V) EDIGLY(ECR N1 1 J H INS 3)
 IMPRET(Z N1 10 CHR13,
 "VOUS DEVEZ DONC FAIRE (<,"W,"+ ",X,")+ ",X2,"+ ",X3,"= ",
 V," UNITES D'INSULINE ",T)
 IMPRET(Z N1 10 "RAPPELZ VOUS QUE LA DOSE ENTRE (<) EST VOTRE DOSE DE ",
 "REFERENCE POUR DEMAIN ")
 ATTENTE;

SI VARIATION(J H T W X V Q) COM(Z N1)
 VARIATIONIMMED(J H T W X2 Y2 Q2)
 ADD(V X2 V)
 IMPRET(Z N1 10 CHR13 "VOUS DEVEZ DONC FAIRE (<,"W," + ",X,") + ",X2," = ",
 V," UNITES D'INSULINE ",T)
 IMPRET(Z N1 10 "RAPPELZ VOUS QUE LA DOSE ENTRE (<) EST VOTRE DOSE DE ",
 "REFERENCE POUR DEMAIN ")

ALORS
 VARIATIONCALC(J H T W V) EDIGLY(ECR N1 1 J H INS 3)
 ATTENTE;

SI VARIATION(J H T W X V Q) COM(Z N1)
 VARIATIONSPORT(J H T W X2 Y2 Q2)
 ADD(V X2 V)
 IMPRET(Z N1 10 CHR13 "VOUS DEVEZ DONC FAIRE (<,"W," + ",X,") + ",X2," = ",
 V," UNITES D'INSULINE ",T)
 IMPRET(Z N1 10 "RAPPELZ VOUS QUE LA DOSE ENTRE (<) EST VOTRE DOSE DE ",
 "REFERENCE POUR DEMAIN ")

ALORS VARIATIONCALC(J H T W V) EDIGLY(ECR N1 1 J H INS 3)
 ATTENTE;

SI VARIATION(J H T W X V Q) COM(Z N1)
 IMPRET(Z N1 10 CHR13 "VOUS DEVEZ DONC FAIRE (<,"W," + ",X,") = ",
 V," UNITES D'INSULINE ",T)
 IMPRET(Z N1 10 "RAPPELZ VOUS QUE LA DOSE ENTRE (<) EST VOTRE DOSE DE ",
 "REFERENCE POUR DEMAIN ")

ALORS
 VARIATIONCALC(J H T W V) EDIGLY(ECR N1 1 J H INS 3)

```

SI COM(Z,N1) IMPRET(Z,N1,5)
  EDIGLY(ECR N1 2 J H NON 3)
  IMPRET(Z,N1,5,"          CALCUL DE LA DOSE DE ",T) IMPRET(Z,N1,5)
  DOSEREGlage(J H T W) VARIATIONCALC(J H T W U)
  OU(ET(INF(U 2) IMPRET(Z,N1 10 "VOUS NE DEVEZ PAS FAIRE ",U,
" UNITES CAR LA DOSE MINIMUM EST DE 2 UNITES, VOUS FEREZ DONC 2 UNITES DE ",T)
  ATTENTE AFFECTER (2 U)) XXX)
ALORS INSULINE(J,H,T,U)
  RINSFAIT(J H T U);

```

```

SI COM(Z,N1) MOMENTCOURANT(H) JOURCOURANT(J)
  INSULINE(J,H,RAPIDE,R)
  OU(ET(INJLENTE INSULINE(J,H,INTERMED,L) ) XXX) COM(Z,N1)
  ALORS INSULINEFAIRE(J,H,R,L) ;

```

```

%*****%
%exercices de tests de calculs des doses d'insuline%
%*****%

```

```

SI COM(Z,N1) EG(X1 X2) IMPRET(Z,N1,5)
  IMPRET(Z,N1,5,"OUI!!! BRAVO!!! LA DOSE DE ",T," EST BIEN DE ",X1," UNITES")
ALORS REGLJUSTE(OUI) COMPARAISON(J H T X1 X2);

```

```

SI COM(Z,N1) DIF(X1 X2) IMPRET(Z,N1,5)
  IMPRET(Z,N1,5,"NON NON LA DOSE DE ",T," A FAIRE N'EST PAS DE ",
  X2," MAIS DE ",X1," UNITES ") IMPRET(Z,N1,5,"          CAR")
  INSULINE(J H T U)
ALORS COMPARAISON(J H T X1 X2);

```

```

SI COM(Z,N1) EG(X1 X2) IMPRET(Z,N1,5)
  IMPRET(Z,N1,5,"OUI LA DOSE DE REFERENCE DE LA ",T,
  "POUR DEMAIN EST BIEN DE ",X1)
ALORS COMPARREGL(J H T X1 X2);

```

```

SI COM(Z,N1) DIF(X1 X2) IMPRET(Z,N1,5)
  IMPRET(Z,N1,5,"NON NON LA DOSE DE REFERENCE DE LA ",T,
  " POUR DEMAIN N'EST PAS DE ",X2," MAIS DE ",X1)
  IMPRET(Z,N1,5,"          CAR")
  EDIGLY(Z N1 1 J H INS 3) IMPRET(Z,N1 1)
  CUMUL(VALINSREGL(J H T))
  ATTENTE(N1 2)
ALORS COMPARREGL(J H T X1 X2) IMPRET(Z,N1,5);

```

```

SI COM(Z,N1)
  IMPRET(Z,N1,5)
  EDIGLY(Z N1 2 J H NON 3)
  IMPRET(Z,N1,2)
  REponse(J H RAPIDE R2) LINSFAIT(J H RAPIDE R1)
  OU(ET(INJLENTE REponse(J H INTERMED L2) LINSFAIT(J H INTERMED L1) ) XXX)
  COMPARAISON(J H RAPIDE R1 R2)
  OU(ET(INJLENTE COMPARAISON(J H INTERMED L1 L2)) XXX)
ALORS EXERDOSE(J H);

```

```

SI COM(Z,N1)
  IMPRET(Z,N1,2)
  REponseREGL(J H RAPIDE R4) LINSREGL(J H RAPIDE R3)
  OU(ET(INJLENTE REponseREGL(J H INTERMED L4) LINSREGL(J H INTERMED L3)) XXX)
  COMPARREGL(J H RAPIDE R3 R4)
  OU(ET(INJLENTE COMPARREGL(J H INTERMED L3 L4) ) XXX)
ALORS EXERREGL(J H) ;

```

```

%*****%
%edition des glycemies insuline et perturbations%
%*****%

SI ALORS INTMALAISE(1 PETIT);
SI ALORS INTMALAISE(2 GROS);

%SI ALORS EXPLMALAISE(0 INEXPLIQUE);
SI ALORS EXPLMALAISE(1 EXPLIQUE);%

%SI LMALAISE(J H I G) COM(Z N1) INTMALAISE(I C1) EXPLMALAISE(G C2)
ALORS EDIMALAISE(Z N1 N2 J)
  IMPRET(Z,N1,N2,"VOUS AVEZ FAIT UN ",C1," MALAISE INEXPLIQUE LE ",J,
  " EME JOUR A ",H," HEURES");

SI ALORS EDIMALAISE(Z N1 N2 J);

SI LSPORT(J H I G) DANS(I 1 4)
ALORS EDISPORT(Z N1 N2 J)
  IMPRET(Z,N1,N2,"VOUS FAITES DU SPORT LE ",J," EME JOUR A ",H,
  " HEURES D'INTENSITE ",I);
SI ALORS EDISPORT(Z N1 N2 J);

SI EDIGLY(Z N1 N2 J M I N)
  SUPPFAIT(EDIMALAISE) SUPPFAIT(EDISPORT)
  EDIMALAISE(Z N1 N2 J) SUB(J 1 J1) EDIMALAISE(Z N1 N2 J1)
  EDISPORT(Z N1 N2 J)
ALORS EDITION(Z N1 N2 J M I N);%

%*****%
%gestion du contexte, du deroulement, des exercices%
%*****%

SI ALORS GENPERTURB MALAISE(OUI) SPORT(OUI) ;

SI NBINJECT(DEUX) NOEXERCICE(N) MUL(N 4 J) ALORS JOUREXO(J);
SI NBINJECT(TROIS) NOEXERCICE(N) ADD(N 15 N1) MUL(N1 4 J) ALORS JOUREXO(J);

SI QEXERCICE(EXERCICE) JOUREXO(J) MOMENTCOURANT(H)
  GENPERTURB EXERDOSE(J,H)
  REGLJUSTE(OUI) EXERREGL(J,H)
ALORS EXERCICE;

SI ALORS JOUR0 JOURCOURANT(0);

SI QEXERCICE(QUESTION) JOUR0 COM(Z N1)
  IMPRET(Z,N1,2,"NOUS SOMMES LE 0 EME JOUR")
  MOMENTCOURANT(H)
  GENFAIT("IL Y A-T-IL UNE OU PLUSIEURS DE CES PERTURBATIONS ?",
  MALAISE SPORT SAUT-COLLA )
  %CUMUL(QPERTURB)%
  INSULINEAFAIRE(0,H,R,L)
ALORS EXERCICE;

SI ALORS EXERCICE;

SI ALORS COM(ECR,1);
SI ALORS COM(IMP,2);
SI ALORS COM(IMP,5);
SI ALORS COM(ECR,10);

SI NBINJECT(DEUX) MOMENT2(X) ALORS MOMENTCOURANT(X);
SI NBINJECT(TROIS) MOMENT3(X) ALORS MOMENTCOURANT(X);

```

SI MOMENTCOURANT(SOIR) ALORS INJLENTE;
SI NBINJECT(DEUX) MOMENTCOURANT(MATIN) ALORS INJLENTE;

Page 125

SI OU(MODE(NORMAL) MODE(IMPRESSION))
CUMUL(POUR(1 100 1) RAZBF IMPRET(ECR,1,1,CHR12)
OU(ET(MODE(NORMAL) COM(ECR,1)) ET(MODE(IMPRESSION) COM(IMP,2)))
NBINJECT(X) EXERCICE)
ALORS PEXERCICE;

SI NBINJECT(DEUX) MODE(TOUSEXO)
CUMUL(POUR(1 15 1) MUL(I 4 I1) RAZBF
COM(IMP 5)
EDIGLY(IMP 5 5 I1 SOIR NON 3)
INSULINE(I1 MATIN RAPIDE R1) INSULINE(I1 MATIN INTERMED L1)
INSULINE(I1 SOIR RAPIDE R2) INSULINE(I1 SOIR INTERMED L2))
ALORS PEXERCICE;

SI NBINJECT(TROIS) MODE(TOUSEXO)
CUMUL(POUR(16 30 1) MUL(I 4 I1) RAZBF
COM(IMP 5)
EDIGLY(IMP 5 5 I1 SOIR NON 3)
INSULINE(I1 MATIN RAPIDE R1) INSULINE(I1 MIDI RAPIDE L1)
INSULINE(I1 SOIR RAPIDE R2) INSULINE(I1 SOIR INTERMED L2))
ALORS PEXERCICE;

SI PEXERCICE ALORS XXX;

LES PREDICATS DU SYSTEME

F:SUP(D:E E);
 F:INF(D:E E);
 %F:SUPEG(D:E E);
 F:INFEG(D:E E);%
 F:DANS(D:E E E);
 F:EG(D:E E);
 F:DIF(D:E E);
 %F:EGCH(D:C C);
 F:DIFCH(D:C C);%
 F:ADD(D:E E R:E);
 F:SUB(D:E E R:E);
 F:MUL(D:E E R:E);
 %F:DIVI(D:E E R:E);
 F:MODULO(D:E E R:E);%
 F:IMP(D:C X);
 F:IMPRET(D:C X);
 F:GENFAIT(D:K,X);
 F:SUPPFAIT(D:F);
 %F:CRLCONCL(D:F R:P);
 F:AJLCONCL(D:F P);
 F:CHAINARR(D:P);%
 F:CUMUL(D:L);
 %F:CHAINAVT(D:P);%
 F:RAZBF;
 %F:RAZSQ;%
 F:ET(D:L);
 F:OU(D:L);
 F:NON(D:L);
 F:AFFECTER(D:E R:E);
 %F:RGLY(D:E C E);%
 F:LGLY(D:E C R:E);
 F:RINSREGL(D:E C C E);
 F:LINSREGL(D:E C C R:E);
 F:RINSFAIT(D:E C C E);
 F:LINSFAIT(D:E C C R:E);
 %F:RMALAISE(D:E E E E);%
 F:LMALAISE(D:E R:E E E);
 F:LSPORT(D:E R:E E E);
 F:LMALADE(D:E R:E);
 %F:RGLYSUPP(D:E E E);
 F:LGLYSUPP(D:E R:E E);%
 F:EDIGLY(D:C E E E C C E);
 F:POUR(D:E E R:E);
 F:ATTENTE(D:E E);
 F:TANTQUE(D:L);

Q:QEXERCICE(R:C) QUE "VOULEZ VOUS FAIRE UN EXERCICE OU POSER UNE QUESTION"
 (EXERCICE,QUESTION);
 Q:NOEXERCICE(R:E) QUE "QUEL EST LE NUMERO DE L'EXERCICE " (1,15);
 %Q: HEURECOURANTE(R:E) QUE "QUELLE EST L'HEURE COURANTE" (0,23) ;%
 N: MOMENTCOURANT(R:C) ;
 Q: MOMENT2(R:C) QUE "QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE " (MATIN,SOIR);
 Q: MOMENT3(R:C) QUE "QUEL EST LE MOMENT DE LA JOURNEE " (MATIN,MIDI,SOIR);
 Q: NBINJECT(R:C) QUE "COMBIEN D'INJECTIONS D'INSULINE PAR JOUR"
 (DEUX,TROIS);
 Q:JOURCOURANT(R:E) QUE "QUEL EST LE JOUR COURANT" (0,10000) ;
 %Q:MOISCOURANT(R:E) QUE "QUEL EST LE MOIS COURANT" (1,12) ;
 Q:ANCOURANT(R:E) QUE "QUELLE EST L'ANNEE COURANTE" (80,99);%
 Q:QGLY(D:E C R:E)
 QUE "QUELLE EST LA GLYCEMIE DU * EME JOUR DU * " (20,600) ;
 Q:QINSREGL (D:E C C R:E)
 QUE "LE * EME JOUR LE * QUELLE EST LA DOSE D'INSULINE * DE REFERENCE" (0,50) ;

I:QJOUR<R:E> QUE "QUEL JOUR" (-3,200);
I:QHEURE<R:E> QUE "A QUELLE HEURE" (0,23); Page 142
I:QINTENSITE<R:E> QUE "DE QUELLE INTENSITE" (1,2);
I:QINTSPORT<R:E> QUE "DE QUELLE INTENSITE" (1,4);

Q:REPONSE<D:E C C R:E>
QUE "LE * EME JOUR LE * QUELLE DOSE DE * FAITES VOUS ?" (0,50);
Q:REPONSEREGL<D:E C C R:E> QUE
"LE * EME JOUR LE * QUELLE DOSE DE REFERENCE DE * PREVOYEZ VOUS POUR DEMAIN ?"
(0,50);

Q:MODE<R:C> QUE "QUEL EST LE MODE DE FONCTIONNEMENT"
(NORMAL IMPRESSION TOUSEX0);
Q:QGLY0<R:E> QUE "QUELLE EST LA GLYCEMIE AU MOMENT DE L'INJECTION " (20,600);

N:XXX;
N:REGLJUSTE<D:C>;
%N:QPURTURB;%
N:COM<D:C E>;
N:GLYCEMIE<D:E C R:E>;
N:PERTURB<D:E C>;
N:VARIATION<D:E C C E E E C>;
N:VARIATIONGLY<D:E C C E E E C>;
N:VARIATIONIMMED<D:E C C E E E C>;
N:VARIATIONSPORT<D:E C C E E E C>;
N:VARIATIONCALC<D:E C C E E E>;
N:QUALITEGLY<D:E C C C>;
N:DEUXGLY<D:E C C C>;
N:MODIFINSULINE<D:E C C R:C>;
N:COMQGLY<D:C E C K E>;
N:MODIF<D:E R:E>;
N:GLYREGLAGE<D:E C C R:E C E C>;
%N:MOMENT<D:E R:C>;
N:MOMENTINS<D:E E R:E C C>;%
N:MOMENTACTI<D:E C C R:E E E>;
N:FOURCHETTE<D:C R:E E>;
%N:FOURCHE<D:C R:E E>;%
N:GRDEFURCH<D:E E>;
%N:REPAS<D:E>;%
%N:MOMENTACTION<D:E C C R:E E E E>;%
N:MOMENTGLY<D:C E E>;
%N:ADDDATE<D:E E E R:E E>;%
N:INSULINE<D:E C C R:E>;
N:INSULINEFAIRE<D:E C R:E E>;
N:COMPARAISON<D:E C C E E>;
N:CAUSEMALAISE<D:E E E>;
N:XMALAISE<D:E R:E E E>;
N:XSPORT<D:E R:E E E>;
N:XSAUT-COLLA<D:E R:E>;
%N:XMALADE<D:E R:E>;%
N:INTMALAISE<D:E C>;
%N:EXPLMALAISE<D:E C>;%
N:GENPERTURB;
N:JOUR0;
N:MALAISE<R:C>;
N:SPORT<R:C>;
N:SAUT-COLLA<R:C>;
%N:MALADE<R:C>;%
N:GLY-ANORMA<R:C>;%
N:INJLENTE;
N:EXERCICE;
N:PEXERCICE;
N:EXERDOSE<D:E C>;
N:EXERREGL<D:E C>;
N:VALINSREGL<D:E C C>;

N:COMPARREGL(D:E C C E E);
N:DOSEREGLAGE(D:E C C R:E);
N:VINSREGL(D:E C C R:E E);
%N:EDITION(D:C E E E C C E);
N:EDIMALAISE(D:C E E E);
N:EDISPORT(D:C E E E);%
N:JOUREXO(D:E);
%N:IINSREGL(D:E C C);
N:TOURNE;%

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- BARTOLIN R., BOUVENOT G., SOULA G., SANCHEZ E.
Apport des sous-ensembles flous à l'aide au diagnostic
bio-médical: à propos de deux applications concrètes.
Sem.Hôp., 1982, 58 , no 22, 1361-1365

- 2- BETAILLE M., MASSOTE A.M., MAURY M., FLAVIER J.L.
Reinart, système expert appliqué au rein artificiel.
Colloque international 'intelligence artificielle et médecine',
Marseille, 24-27 octobre 1984

- 3- BLAIN M., LANCEL J.L.
Forme et environnement d'un système expert dans un didacticiel.
Supplément bulletin trimestriel de l'association Enseignement
Publique et Informatique, 1984, 12 , 83-106

- 4- BONNET A.
L'intelligence artificielle, promesses et réalités,
Paris, InterEditions ed., 1984, 130-132

- 5- CORDIER M.O.
Les systèmes experts.
La Recherche, 1984, 15 , 60-70

- 6- FAGOT LARGEAULT A.
La simulation du raisonnement médical.
La Recherche, 1985, 16 , 1176-1187

7- FIESCHI M.

SPHINX, un système d'aide à la décision en médecine.

Thèse de doctorat en Biologie Humaine,

Faculté de médecine de Marseille, 1983, PLB/DC-43/83

8- GANASCIA J.L.

La conception des systèmes experts.

La Recherche, 1985, 16, 1142-1151

9- GARFINKEL D.

We could wire up an intelligent artificial pancreas

but what would we tell it to do?

Perspectives computing, 1984, 4, 1, 10-17

10- HABBEMA J.D.F.

Quantitative theories for clinical decision making.

Rev. Epidémiol. et Santé Publ., 1984, 32, 172-180

11- HATON J.P.

Intelligence artificielle en compréhension automatique de la

parole: Etat des recherches et comparaison avec la vision

par ordinateur.

Tech. et Sci. Inform., 1985, 3, 6, 265-287

12- HATON M.C., HATON J.P.

Applications de l'intelligence artificielle dans l'enseignement
des langues.

Colloque " l'ordinateur dans l'enseignement des langues,
progrès ou régression?

Université Laval, Québec, Canada, 31 oct. au 2 nov. 1985

13- 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.

Colloque international 'intelligence artificielle et médecine',
Marseille, 24-27 octobre 1984

14- KULLIKOWSKI C.A.

Artificial Intelligence Methods for Expert Medical Consultant
Systems.

The Mount Sinai Jour. of Med., 1985, 52 , 2, 87-93

15- KULLIKOWSKI C.A., WEISS S.M.

Representation of expert knowledge for consultation: the CASNET
and EXPERT projects.

In Szolovits P. (Ed.), Artificial Intelligence in Medicine,
Westview Press, 1981, this volume

16- LAURIERE J.L.

Représentation et utilisation des connaissances.

Première partie: les systèmes experts.

Tech. et Sci. Inform., 1982, 1 , 25-42

17- LOUIS J., DROUIN P., DEBRY G.

Autocontrôle de la glycémie et traitement du diabète
insulino-dépendant.

Problèmes quotidiens du diabète, 1984, 16 , 131, 3-16

18- LOUIS J., KOLOPP M., ANTOINE J.M., COUET C., POINTEL J.P.,
DROUIN P., DEBRY G.

La pratique de l'autocontrôle glycémique chez le diabétique
insulino-dépendant.

Tempo Médical, 1983, 122 , 29-40

19- LESTRADET H., TCHOBRUTSKY G.

Pour un meilleur traitement du diabète sucré insulino-prive.

Nouv. Presse Med., 1981, 10 , 32, 2627-2629

20- MICHEL C.

Validation du Système Expert SPHINX dans son application
à la thérapeutique du diabète: Etude de 100 cas

Thèse de Doctorat en Médecine,

Faculté de Médecine de Marseille, 1983

- 21- MILLER R.A., POPLÉ H.E.J.R., MYERS J.D.
Internist-1, an experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine.
N. Engl. J. Med., 1982, 307 , 8, 468-476
- 22- MINSKY M.
A Framework for Representing Knowledge.
In " The Psychology of Computer Vision"
(P.H. Winston, ed.), McGraw Hill, 1975, 211-277
- 23- PERLEMUTER L.
L'autocontrôle de la glycémie chez le diabétique:
quand?, comment?, à quel prix?.
Le Quotidien du Medecin, 1981, 2427 , 15-19
- 24- SAN MARCO J.L.
L'aide à la décision médicale (Editorial).
Medecine Informatique, 1984, 13 , 1-2
- 25- SHORTLIFFE E.H.
Computer based medical consultations: MYCIN
American Elsevier, New-York, 1976
- 26- TATTERSALL R.B.
Workshop on Home Monitoring of Blood Glucose.
In Nottingham University Editer, Mars 1980.



- 27- VIALETES B., SOULA G., THIRION X., SAN MARCO J.L.,
ROUX M.
PROTIS, un système expert appliqué au traitement du diabète
non insulino-dépendant.
Nouv. Presse Méd., 1985, 14 , 41, 2085-2088
- 28- WARZAK W.J., AYLLON T., DELCHER H.K.,
Peer Instruction of Home Monotoring.
Diabetes Care, 1982, 5 , 1, 44-46
- 29- WEISS S.M., KULLIKOWSKI C.A., AMAREL S., SAFIR A.
A Model-Based Method for Computer-Aided Medical Decision-Making.
Artificial Intelligence, 1978, 11 , 145- 172
- 30- WERDIER D., JESDINSKY M.J., HELMICH P.
A randomized controlled study on the effect of diabetes
counseling in the offices of 12 general practitioners.
Rev. Epidémiol. et Santé Publ., 1984, 32 , 225-229
- 31- WIENER F., FRENKEL I., KANTER Y., BARZILAI D.
Computerized medical decisions in evaluating the diabetes
patient.
Comput. Biol. Med., 1982, 12 , 3, 241-251
- 32- ZADEH A.
Fuzzy Logic and Approximate Reasoning.
Synthese, 1975, 30 , 407-425



TABLE DES MATIERES

<u>PLAN</u>	Page 14
<u>INTRODUCTION</u>	Page 17
<u>PREMIERE PARTIE :</u>	Page 19
PRESENTATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET SES RAPPORTS AVEC L'EDUCATION DU DIABETIQUE	
I) LES SYSTEMES EXPERTS	Page 20
I-1) PRESENTATION	Page 20
I-2) L'ENSEIGNEMENT ASSISTE PAR ORDINATEUR OU EAO	Page 26
I-3) LES APPLICATIONS DES SYSTEMES EXPERTS EN MEDECINE ET EN DIABETOLOGIE	Page 28
II) L'AUTOCONTROLE DU DIABETIQUE INSULINO-DEPENDANT OU ACG	Page 34
II-1) L'EDUCATION DU DIABETIQUE INSULINO-DEPENDANT	Page 35
II-2) LES REGLES DE L'ACG	Page 35
- a) l'interprétation des glycémies	Page 35
- b) les principes de modification des doses	Page 36
II-3) L'EDUCATION DU DIABETIQUE	Page 39
III) QU'ATTENDRE D'UN SYSTEME INTELLIGENT EN DIABETOLOGIE	Page 58

III-1) CE QUI SERAIT SOUHAITABLE	Page 58
- a) connaissance sur la physiopathologie de la régulation de la glycémie et sur la physiopathologie du diabète	Page 58
- b) connaissance sur les différents objets de l'univers du diabète	Page 58
- c) connaissance sur les conduites à tenir dans différents domaines	Page 59
- d) connaissance sur les démarches de diagnostic et d'équilibration du diabète	Page 60
- e) connaissance sur les relations entre ces différents domaines	Page 60
III-2) LES POSSIBILITES DE REPRESENTATION DES CONNAISSANCES	Page 61
- a) les mécanismes physiologiques et physiopathologiques	Page 61
- b) les objets du diabète	Page 62
- c) les conduites à tenir	Page 63
- d) les prises de décision diagnostique et thérapeutique	Page 63
- e) les relations entre ces modules	Page 64
III-3) LES BUTS A ATTEINDRE DANS UN PREMIER TEMPS	Page 64

<u>DEUXIEME PARTIE :</u>	Page 66
LE SYSTEME REALISE	
I) ORGANISATION DU SYSTEME	Page 67
I-1) ORGANISATION DE LA BASE DE CONNAISSANCE	Page 68
- a) structure des règles	Page 68
- b) organisation des règles	Page 69
I-2) LE CONTEXTE	Page 72
II) LE MOTEUR D'INFERENCE	Page 74
II-1) LES VARIABLES	Page 74
II-2) LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR	Page 75
- a) le chaînage arrière	Page 76
- b) le chaînage avant	Page 77
- c) le chaînage arrière cumulatif	Page 78
III) EXEMPLES D'UTILISATION	Page 83
III-1) PROTOCOLE DE DEROULEMENT	Page 83
III-2) EXEMPLES DE SESSIONS	Page 84
EXEMPLES EN MODE INTERROGATION	Page 87
EXEMPLES EN MODE EXERCICE	Page 96
IV) LA MISE EN APPLICATION DU SYSTEME	Page 106

<u>DEUXIEME PARTIE :</u>	Page 66
LE SYSTEME REALISE	
I) ORGANISATION DU SYSTEME	Page 67
I-1) ORGANISATION DE LA BASE DE CONNAISSANCE	Page 68
- a) structure des règles	Page 68
- b) organisation des règles	Page 69
I-2) LE CONTEXTE	Page 72
II) LE MOTEUR D'INFERENCE	Page 74
II-1) LES VARIABLES	Page 74
II-2) LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR	Page 75
- a) le chaînage arrière	Page 76
- b) le chaînage avant	Page 77
- c) le chaînage arrière cumulatif	Page 78
III) EXEMPLES D'UTILISATION	Page 83
III-1) PROTOCOLE DE DEROULEMENT	Page 83
III-2) EXEMPLES DE SESSIONS	Page 84
EXEMPLES EN MODE INTERROGATION	Page 87
EXEMPLES EN MODE EXERCICE	Page 96

IV) LA MISE EN APPLICATION DU SYSTEME	Page 106
IV-1) LA STANDARDISATION DES REGLES DE L'AUTOCONTROLE GLYCEMIQUE	Page 106
IV-2) L'ENSEIGNEMENT	Page 107
IV-3) L'EDUCATION DES DIABETIQUES A L'AUTOCONTROLE GLYCEMIQUE	Page 107
IV-4) L'EDUCATION DU DIABETIQUE EN GENERAL	Page 107
<u>TROISIEME PARTIE :</u>	Page 110
COMMENT UTILISER LE SYSTEME POUR CREER SA PROPRE APPLICATION	
I) LE CHOIX DU DOMAINE	Page 111
- a) bien limité	Page 111
- b) facilement formalisable	Page 111
II) LA DETERMINATION DES NOEUDS RAISONNEMENT	Page 112
III) LA FORMALISATION DES REGLES	Page 113
IV) ENVISAGER LA COMMUNICATION AVEC L'EXTERIEUR	Page 114
V) MISE EN PLACE DU CONTEXTE	Page 115
V-1) LE CONTROLE GENERAL	Page 115



V-2) LE CONTROLE LOCAL	Page 116
- a) exemple 1	Page 116
- b) exemple 2	Page 117
- c) exemple 3	Page 117
VI) ECRITURE DES REGLES	Page 119
VI-1) DES REGLES REPRESENTANT LA CONNAISSANCE	Page 119
VI-2) DES REGLES DE GESTION DE LA SESSION	Page 119
VII) LES TESTS	Page 121
VIII) LA MISE AU POINT	Page 121
IX) LA VALIDATION	Page 121
<u>CONCLUSION</u>	Page 123
<u>GLOSSAIRE</u>	Page 125
<u>ANNEXES</u>	Page 129
REGLES DU SYSTEME	Page 130
PREDICATS DU SYSTEME	Page 140
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	Page 144
<u>TABLE DES MATIERES</u>	Page 151

VU
NANCY, le 16 Mai 1986

Le Président de Thèse,

Professeur LEGRAS

Le Doyen de la Faculté B de
Médecine

Professeur G. GRIGNON

AUTORISE A SOUTENIR ET IMPRIMER LA THESE

NANCY, le 26 Mai 1986

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

Professeur R. MAINARD

RUBRIQUES A FAIRE FIGURER
EN QUATRIEME PAGE DE COUVERTURE

NOM et Prénom MARIOT Pierre
SUJET DE LA THESE Un système expert appliqué au calcul des doses
d'insuline chez le diabétique insulino-dépendant

THESE : MEDECINE - NANCY 1 - ANNEE : 1986

N° D'IDENTIFICATION : (2) 86 NAN 11 /66

MOTS CLEFS : (1)

Diabétique insulino-dépendant, éducation / système expert
Système expert / diabétique insulino-dépendant, éducation

(RESUME DE LA THESE)

L'auteur a développé sur micro-ordinateur un système expert appliqué au calcul des doses d'insuline chez le diabétique insulino-dépendant sous auto-contrôle glycémique. Ce calcul est fait en tenant compte des glycémies des jours précédents, des malaises et des perturbations extérieures comme le sport ou le saut d'un repas. Le système donne la dose à injecter et justifie son résultat.

Il a été essentiellement conçu comme une aide au diabétique dans l'apprentissage de son auto-régulation. Il enseigne ses connaissances en proposant des exercices. Il détecte les erreurs et les rectifie en fournissant le bon raisonnement.

L'auteur montre l'intérêt des systèmes experts en médecine et précise comment utiliser le système qu'il a créé pour des applications autres que la diabétologie.

JURY : Président : - Monsieur le Professeur B. LEGRAS
Juges : - Monsieur le Professeur P. DRUIN
: - Monsieur le Professeur J.P. HATON
: - Madame le Professeur M. KESSLER

ADRESSE : 91, avenue de Strasbourg
54000 NANCY

(1) Attribués par le candidat en liaison avec la bibliothèque universitaire.

(2) Attribué par la Bibliothèque.