



**HAL**  
open science

# Un Système Expert Orienté Objet d'Aide au Diagnostic Médical

Joël Colloc, Danielle Boulanger

► **To cite this version:**

Joël Colloc, Danielle Boulanger. Un Système Expert Orienté Objet d'Aide au Diagnostic Médical. IA/SANTE 87 Colloque associé au SITEF : Intelligence Artificielle et Santé, Oct 1987, Toulouse, France. hal-02570109

**HAL Id: hal-02570109**

**<https://hal.science/hal-02570109v1>**

Submitted on 11 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# UN SYSTEME EXPERT ORIENTE OBJET D'AIDE AU DIAGNOSTIC MEDICAL

COLLOC J., BOULANGER D.

Laboratoire Informatique, Université Lyon III,  
1, rue de l'Université, 69007 LYON, Tél. 78.58.88.88

## \*\*\* INTRODUCTION \*\*\*

"Pourquoi les systèmes experts, à l'origine presque tous appliqués à la médecine, (SHOR 76) (FIES 81) sont aujourd'hui si peu utilisés dans cette discipline alors qu'ils sont fréquents dans d'autres domaines (gestion, diagnostic d'entreprise ...) ?".

Affirmation paradoxale au moment où la médecine est considérée comme un domaine type de l'application des règles alors qu'elles paraissent mal adaptées aux cas suivants : Les problèmes liés à la représentation de signes cliniques utilisant des valeurs continues, l'aspect dynamique des maladies (évolution et disparition des signes), les boucles de raisonnement générées parfois lors du déclenchement des règles.

Actuellement s'affrontent deux types de procédés : le premier utilisant les règles de production, basé sur les systèmes formels, le second représentant la connaissance sous la forme d'objets complexes hiérarchisés.

Une première partie définit les contraintes liées à la nature du raisonnement médical, la deuxième partie recherche un mode de représentation des connaissances mieux adapté. Nous montrerons que modèles sémantiques de données ou langages typés apportent des éléments de solution. La troisième partie présente le système expert orienté objet que nous proposons et la dernière en décrit l'architecture.

## 1) DEFINITION DES CONTRAINTES LIEES A LA NATURE DU RAISONNEMENT MEDICAL

### I-1) LA COMPLEXITE DU DOMAINE MEDICAL

La Médecine est une science basée sur la pratique et l'observation de l'organisme humain dont la complexité interdit une représentation exhaustive du fonctionnement et a fortiori de la genèse des maladies. Malgré les progrès de la science, le médecin doit raisonner dans un univers incertain. La sémiologie médicale établit une classification des signes cliniques observés chez le malade. Un signe sera qualifié de pathognomonique, s'il est obligatoire pour évoquer le syndrome auquel il est rattaché. Un signe est évocateur si son existence suggère fortement la présence d'un syndrome. Enfin un signe est accessoire s'il est observé de manière inconstante ou s'il est peu spécifique.

### I-2) LA CONNAISSANCE MEDICALE EST EXPERIMENTALE ET INHOMOGENE

Les théories médicales basées sur l'observation des signes cliniques et sur l'expérimentation peuvent varier selon les écoles de médecine.

\* Variation selon les individus : Une même maladie peut s'exprimer d'autant de manières différentes qu'il y a de malades.

\* Variation suivant la localisation : Certaines maladies sont multifocales, elles présentent une forme différente selon l'organe ou l'appareil atteint. exemple: Tuberculose osseuse, pulmonaire.

\* Variation selon la périodicité : Les maladies sont des processus dynamiques, un tableau clinique n'est qu'un cliché instantané d'une pathologie à un stade donné de son évolution. Cette dernière peut être de type linéaire (la syphilis possède trois phases successives) ou bien cyclique comme l'ulcère gastro-duodénal, l'Herpès. Le temps est donc un facteur prépondérant dans la description des pathologies.

\* Variation selon le traitement instauré : Un traitement inadéquat ou une autre maladie sous-jacente peuvent interférer et donner un tableau clinique inhabituel, voir faire apparaître une maladie iatrogène.

\* La connaissance médicale est en perpétuel changement : La médecine est basée sur l'observation de certains faits corréllés entre eux.

### 1-4) PROBLEMES LIES A LA REPRESENTATION DE CONNAISSANCES MEDICALES

\* La réversibilité des règles est souvent problématique : Les règles sont formées de deux membres unis par une relation de dépendance : si A est vrai, B l'est aussi et vice versa. (CORD 84) (LAUR 81)

En univers incertain renverser les règles soulève problème (GASC 84).

R1:	Si Sexe(patient)= masculin ALORS	seuil=12g/l
R2:	Si Sexe(patient)= féminin ALORS	seuil=11g/l
R3:	Si Tx Hémoglobine < seuil ALORS	Anémie
R4:	Si Anémie ALORS	Baisse nombre Hématies (GR) (0,8)
R5:	Si Anémie ALORS	Souffle Cardiaque (0,5)

Une anémie se définit comme une baisse du taux d'hémoglobine (Hb) sanguin reflétant généralement une diminution du nombre de globules rouges (GR) par litre de sang. La valeur pathologique admise du taux d'Hb varie selon l'âge et le sexe.

Dans ces règles, un certain nombre de paramètres manque : l'âge, l'hématocrite permettant d'évaluer le rapport entre les éléments figurés (les cellules) et la partie liquide du sang, le volume moyen des GR.

Dans les anémies hypochromes (ferriprives), la charge en hémoglobine de chaque GR est diminuée (le nombre de GR est souvent normal et par conséquent R4 est fausse).

L'anémie par spoliation, par hémorragie, est due à une fuite des GR par la brèche vasculaire (ici R4 est vraie).

La traduction du phénomène par les règles de R1 à R5 n'est donc pas pertinente, les règles de production ne pouvant être renversées que si l'on est sûr de n'avoir oublié aucun facteur.

Le nouveau-né a un nombre naturellement élevé de GR, de sorte qu'une chute de son taux d'Hb ne sera pas détecté par les règles R1 ou R2 (le facteur âge a été oublié).

Le moteur d'inférence peut déduire à partir de règles une nouvelle en contradiction avec celles déjà implantées.

La formulation sous forme partielle de la connaissance conduit souvent à des contradictions qu'il n'est pas toujours possible de détecter. (FLOR 86)

Nous avons affaire à des variables continues et non à un seuil strict : un taux d'Hb de 11,2 g chez une femme doit suggérer la présence d'une anémie modérée or R2 ne se déclenche pas.

En outre, la différence entre le seuil pathologique théorique et le taux d'Hb observé est significatif : un taux d'Hb à 6 g/l traduit une hémorragie importante, ou un trouble hématopoïétique tandis qu'un taux de 10 g évoque une anémie de Biermer ou une anémie ferriprive. Cette différence permet donc de faire un diagnostic étiologique.

Il faut alors établir une règle pour chaque étiologie particulière avec un seuil pathologique particulier, et créer une métarègle pour les gérer. Avec un système orienté objet, nous verrons qu'il est possible de gérer des valeurs continues.

## II\*) RECHERCHE D'UN MODE DE REPRESENTATION DES CONNAISSANCES MIEUX ADAPTE AU RAISONNEMENT MEDICAL

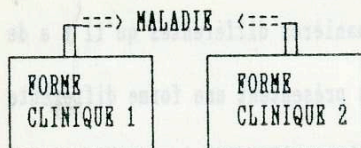
Un système expert requiert trois composantes : un bon expert, une somme importante de connaissances et un mode de représentation adapté au domaine concerné et au raisonnement de l'expert. Après avoir recensé les concepts nécessaires à la représentation de la connaissance et du raisonnement médical, nous dresserons l'inventaire des solutions existantes.

### 2-1) RECENSEMENT DES CONCEPTS NECESSAIRES

#### 2-1-1) Classification

La classification rassemble des objets ayant des propriétés communes en type d'objets.

#### 2-1-2) Notion d'agrégat et de généralisation



L'agrégation permet la composition des objets : Elle regroupe un ensemble de types composants pour constituer un type composé.

La généralisation crée une partition d'un type d'objet en sous-types.

Tout sous-type est une spécialisation du type d'objet générique.

FORME - CLINIQUE 1 "est un" (noté ==>=) aspect de MALADIE.

#### 2-1-3) Hiérarchie et héritage

Ces deux formes d'abstraction agrégation et généralisation permettent de construire un objet complexe à partir d'autres objets complexes ou simples. Le résultat est une hiérarchie d'objets obtenue en appliquant récursivement les concepts de généralisation et d'agrégation. Tout sous-type d'objet hérite des propriétés du type d'objet.

#### 2-1-4) Contraintes d'intégrité

L'ensemble des états pris par un type d'objet est limité par des règles propres au domaine concerné. Les Contraintes d'intégrité définissant les valeurs possibles des objets. Dans le domaine médical ce seront essentiellement des contraintes statiques par valeur et des contraintes dynamiques.

#### 2-1-5) Prise en compte du temps

Elle se fait par le biais de contraintes dynamiques et par l'expression de l'évolution de la maladie. Les concepts d'événements déclenchant de synchronisation, et de procédures sont nécessaires à leur description.

## 2-1-6) Concepts utilisant des fonctions continues

Pour faire un diagnostic, nous utilisons une fonction d'évaluation qui permet de calculer un "score" représentant la différence existant entre l'objet maladie appartenant à la base de connaissances et le mal dont souffre le patient.

## 2-2) SOLUTIONS EXISTANTES

Dans la première, la représentation des connaissances est construite en utilisant une extension de modèles sémantiques provenant de l'intelligence artificielle ou du domaine des bases de données; la seconde travaille avec des langages de programmation "fortement typés".

### 2-2-1 Modèles sémantiques (réseaux sémantiques, frames)

#### a) Réseau sémantique

C'est un graphe dont les noeuds représentent les concepts, et les arcs les associations entre ces concepts. En pratique, le réseau sémantique est peu utilisé dans les systèmes experts bien qu'il offre des concepts de classification, agrégation, généralisation, la hiérarchie de type et donc le mécanisme d'héritage de propriétés. L'article de Schrel (SCHR 84), dans la comparaison de plusieurs modèles sémantiques de données, montre leur insuffisance dans la prise en compte des aspects dynamiques.

#### b) Les frames

Les frames (ou schémas), unités d'information regroupant des ensembles d'attributs ("slot") sont reliés entre eux par des liens hiérarchiques transmettant l'héritage de propriétés. Les attributs décrits par des "facettes" peuvent contenir des données ou des procédures. Les facettes établissent les contraintes d'intégrité par valeur (procédures DOMAIN, DEFAULT) et les actions à entreprendre lors du déclenchement d'un événement (IF - ADDED, IF - NEEDED).

### 2-2-2) Langages

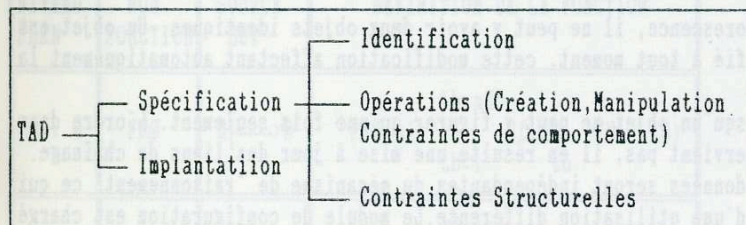
a) Les langages orientés objet ont en commun avec les frames : arborescence, héritage de propriétés; Un objet est le représentant d'une classe. Les classes sont organisées hiérarchiquement. Chaque sous-classe hérite des "méthodes" (= actions) et des "champs" (= attributs) de sa sur-classe.

Les structures conceptuelles provenant des frames associées aux langages orientés objet ont donné naissance à des langages comme LOOPS (BOBR 83), MRRING (FRBB 85), LRO2 (ROCH 86), ROSACE (VINC 85).

Ils possèdent des facettes (valeurs possibles, valeur par défaut, restriction...) rendant le système expert évolutif.

b) Langages utilisant les types abstraits de données

Le concept de type abstrait de donnée (TAD) repose sur la notion de spécification qui autorise l'abstraction vis à vis de l'implantation.



Les langages TAD définissent des objets, les actions sur ces objets ainsi que les contraintes d'intégrité s'y rapportant (BROD 78), et assurent une programmation modulaire, mais ils ne proposent pas de mécanisme d'héritage. Plusieurs chercheurs (SNYD 86), (OLTH 86) essaient d'intégrer de façon consistante, les propriétés des langages utilisant les TAD aux langages orientés "objet".

### 2-2-3) Conclusion

** MODELES PROPOSES **	*** CONCEPTS REPRESENTES ***						
	CLASSIFI- CATION	AGREGAT	GENERA- LISATION	HIERARCHIE HERITAGE	CONTRAINTES D'INTEGRITE	ASPECT TEMPS	FONCTIONS D'EVALUATION
Réseaux Sémantiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	**	Non
Frames	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Langages Orientés Objets	Oui	Oui	Oui	Oui	*	Oui	Non
Types Abstraits de Données	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non

(\* ) Oui quand ils sont associés aux frames (\*\* ) Non sauf quelques modèles : SHM+ (BROD 81), Event Model (MCLE 85).

### III) CONCEPTION ORIGINALE D'UN SYSTEME EXPERT D'AIDE AU DIAGNOSTIC MEDICAL.

#### III-1) LA REPRESENTATION DES CONNAISSANCES

##### 3-1-1) DEFINITION DU CONCEPT D'OBJET MALADIE

Nous définissons les maladies non pas à l'aide de règles mais sous la forme d'objets hiérarchisés en tenant compte des préceptes de la sémiologie médicale. CADUCEUS (MYER 82) présente une approche similaire sans parler explicitement d'objet. Certains travaux proposent une approche hybride règles et objets (ASSE 86).

Chaque maladie est un objet: Nous construisons une arborescence dont le sommet (niveau 0) est la MALADIE considérée. Des arcs unissent le sommet (l'entité maladie) aux TABLEAUX CLINIQUES (niveau 1) composant la maladie considérée. D'autres arcs relient les tableaux cliniques aux SYNDROMES (niveau 2). Ces derniers sont unis par des arcs aux SIGNES (niveau 3 ou feuilles de l'arbre) permettant de les évoquer. En fonction de leur pouvoir évocateur les signes sont répartis en trois plans distincts (figure n°1) :

- Les signes pathognomoniques (Sp) sont regroupés au plan 1 du niveau 3.
- Les signes évocateurs (Se) sont situés au plan 2 du niveau 3.
- tandis que les signes accessoires (Sa) forment le plan 3 du niveau 3.

Il n'existe pas de liens de filiation entre les différents types de signes (Sp, Se et Sa) mais seulement des arcs les unissant aux syndromes dans lesquels ils peuvent être observés, c'est pourquoi une représentation sur plusieurs plans d'un même niveau a été choisie.

A chaque noeud de l'arbre, figure un objet et ses caractéristiques sont parfaitement connues à tout moment :

- a) Les liens unissant l'objet aux autres objets appartenant à l'arborescence.
- b) Les caractéristiques des objets fils dont il est composé.
- c) Un ensemble de données décrivant l'objet d'une manière précise.

##### REMARQUES :

- 1) Un objet, exception faite des objets de niveau 0 (Maladie) peut appartenir à plusieurs arborescences différentes. Ex: Le SYNDROME "HEMORRAGIE DIGESTIVE" appartient à la maladie "CANCER DU COLON" et à la maladie "ULCERE GASTRIQUE". Mais à un instant donné, il n'appartient qu'à un seul arbre.
- 2) S'il s'agit d'un SIGNE, (niveau 3), il peut figurer à des plans différents selon l'importance qu'il prend dans chaque maladie. Les sueurs nocturnes sont un Sp de la Brucellose et un Sa de certains cancers.
- 3) Néanmoins, il n'existera qu'un seul objet "Sueurs Nocturnes" et c'est la nature des arcs provenant des divers arbres où il figure, qui spécifiera s'il doit être traité comme un objet du plan 1, 2 ou 3.
- 4) Certaines maladies ne comportent qu'un seul tableau clinique, voir qu'un seul syndrome. Nous devons alors créer un objet intermédiaire en donnant un nom identique au tableau clinique et au syndrome, afin d'établir un lien direct Maladie -Signes
- 5) Quoiqu'il en soit, à un NIVEAU donné de l'arborescence, il ne peut y avoir deux objets identiques. Un objet est donc une unité de connaissance pouvant être modifié à tout moment, cette modification affectant automatiquement la totalité de la base de connaissances.

L'intégrité de la base est toujours assurée puisqu'un objet ne peut y figurer qu'une fois seulement. L'ordre dans lequel sont modifiés, créés, détruits les objets n'intervient pas, il en résulte une mise à jour des liens de chaînage.

Comme dans les systèmes experts règles (SE), les données seront indépendantes du mécanisme de "raisonnement" ce qui rend la base de connaissances interchangeable en vue d'une utilisation différente. Le module de configuration est chargé de préparer le système en vue de sa nouvelle utilisation.

##### 3-1-2 REPRESENTATION DES DIFFERENTS OBJETS PRESENTS DANS L'ARBRE

Outre ses caractéristiques techniques, un objet est défini par l'ensemble des liens l'unissant aux autres objets de la base de connaissance. Un signe peut appartenir à un grand nombre de syndromes différents permettant d'évoquer divers tableaux cliniques appartenant à des cadres nosologiques variés. Par là même est évité le problème des boucles de raisonnement liées à la transitivité, observées dans les SE utilisant des règles de production.

En effet même si les règles sont déclarées en vrac, elles sont déclenchées une à une par le moteur d'inférence selon un ordre impossible à prévoir et plus ou moins bien contrôlé par des métarègles. (GASC 85)

Pour un noeud donné de l'arbre, il peut exister des liens de FILIATION traduisant l'appartenance d'un objet à un autre hiérarchiquement supérieur et des liens de PATERNITE exprimant la suzeraineté de cet objet sur celui désigné par le lien.

##### 3-1-3) CARACTERISTIQUES DES LIENS UNISSANT LES OBJETS.

Les connaissances médicales étant dépourvues d'homogénéité, nous introduisons un COEFFICIENT DE FIABILITE (1 à 100) pour chaque ARC de l'arborescence. Il est fixé par l'expert en fonction, de l'importance accordée à un signe pour établir la présence d'un syndrome. Bien qu'on ne puisse parler de probabilité, l'expert pourra s'inspirer d'un modèle probabiliste pour établir ces coefficients.

### III-2) LE MECANISME DE RAISONNEMENT SUR LES OBJETS DEFINIS DANS LA BASE DE CONNAISSANCES

#### 3-2-1) UTILISATION DE FONCTIONS D'EVALUATION (FE)

Cette notion est empruntée à la théorie des jeux (LAUR 86). Nous créons une FE calculant la distance, à partir des paramètres définis par l'expert, entre le tableau clinique théorique introduit dans l'ordinateur et la réalité que le médecin utilisateur constatera chez le malade sous la forme de signes d'appel.

Chaque signe est caractérisé par une ou plusieurs valeurs numériques traduisant soit des états distincts (valeurs discrètes) soit une plage de valeurs pathologiques représentée par une fonction continue.

**Exemple 1 :** L'expert a défini l'intensité d'une éruption cutanée

0. -----> 0	Absence	TABLEAU I
1. -----> 25	éruption cutanée visible	
2. -----> 50	éruption cutanée modérée	
3. -----> 75	éruption cutanée importante	
4. -----> 100	éruption cutanée massive	

L'utilisateur doit choisir la valeur discrète la mieux adaptée.

**Exemple 2 :** L'expert définit une valeur critique de pression artérielle en mm de Hg = 100 + Age du sujet, quand cet âge est supérieur à 50 ans et à 150 mm de Hg dans les autres cas.

Le dépassement de cette valeur critique est en faveur d'une hypertension artérielle (HTA) avec un (coeff. de fiabilité de 60).

Le signe "pression artérielle" est défini avec le paramètre âge et il utilise une fonction continue.

Grâce à une FE nous calculons la différence entre la valeur critique établie selon l'âge et la pression artérielle du patient, affectée du coeff. de fiabilité (60) fixé par l'expert. Dans tous les cas, nous obtiendrons un score d'autant plus faible que l'HTA sera probable. Un facteur correcteur est ajouté pour obtenir des valeurs positives.

Le facteur d'échelle homogénéise les valeurs afin que les signes aient une importance indépendante des valeurs extrêmes des paramètres considérés. Ceci donne toute son importance au COEFFICIENT DE FIABILITE exprimant le pouvoir évocateur du signe. Les valeurs obtenues sont ramenées sur une échelle allant de (0 à 100). (TABLEAU I).

Si dans une maladie X, l'éruption cutanée est classiquement importante (3) et que chez ce malade elle est faible (1), la valeur du signe sera de : (facteur d'échelle=25) VALSIGN = |75 - 25| = 50

Pour les valeurs continues : VALSIGN = (val. malad - val. patho.) \* coeff. correcteur \* échelle  
(le coefficient correcteur est en général la valeur maximale possible du signe).

#### 3-2-2) FORMULATION MATHÉMATIQUE

NIVEAU PLAN	NOM FONCTION	SOURCE BUT	DEFINITION DE LA FONCTION	LEGENDE
NIV 0	FN0	M  → N	$FN0(m) = \sum_{tb=1}^{tb=ntb} Cfiab \cdot FN1(tb)$	<b>ENSEMBLES :</b> E : Ensemble des maladies Si : Ensembles des signes d'un plan N : Ensemble des Naturels V : Ensembles des paramètres d'un signe T : Ensemble des Tableaux Cliniques E : Ensemble des Syndrômes P : Plans de l'arbre sd : numéro de syndrôme np : nombre de plans nsi : nombre de signes Cfiabx : coefficient fiabilité Echx : Echelle Coeff-Corrx : Coefficient correcteur kx, lx : valeurs indicatrices VMLDx : valeur pour le malade VSIGNx : valeur discrète Signe VPATHx : seuil pathologique théorique (critique) ntb : nombre de tableaux tb : numéro de tableau nsd : nombre de syndrômes
NIV 1	FN1	T  → N	$FN1(tb) = \sum_{sd=1}^{sd=nsd} Cfiab \cdot FN2(sd)$	
NIV 2	FN2	E  → N	$FN2(sd) = \sum_{i=1}^{i=np} Cpi \cdot F(i)$	
NIV 3	F	P  → N	$F(i) = \sum_{x=1}^{x=nsi} FPi(x)$	
PLAN i	FPi	Si  → N	$FPi(x) = Cfiabx \cdot Echx \cdot kx \cdot VMLDx - VSIGNx + lx \cdot (VMLDx - VPATHx + Coeff-Corrx) \cdot s$	
SIGNE	Fx	V  → N	Développement d'une banque de fonctions d'évaluation propres à un signe donné de manière à répondre à chaque cas particulier <b>exemples</b> : f1 : $f1(x) =  VMLDx - VSIGNx $ f2 : $f2(x) = VMLDx - VPATHx + Coeff-corrx$ (d'autres fonctions peuvent être créées)	

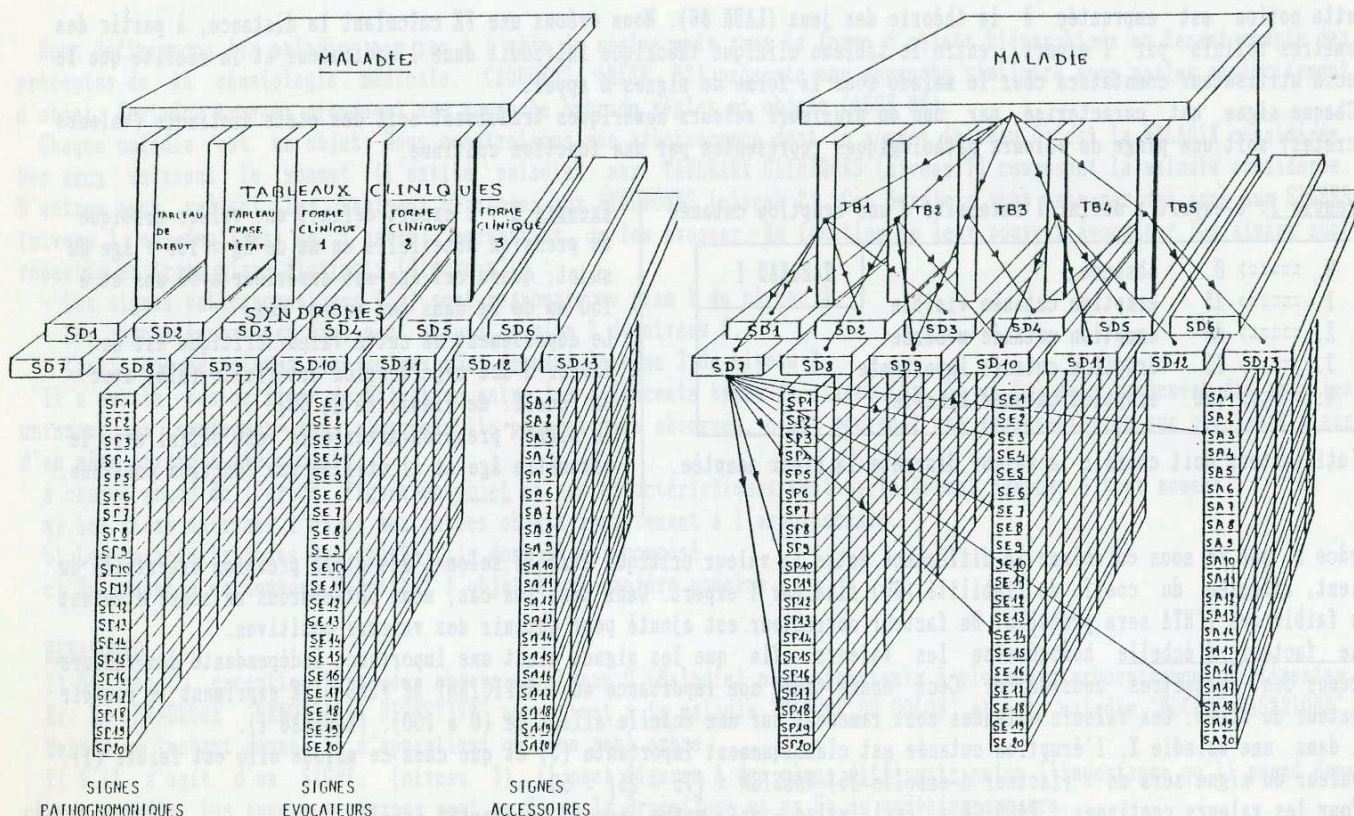


Figure 1 : Objet complexe maladie

III-3 EXEMPLE D'APPLICATION A UN CAS PARTICULIER DE MALADIE

m1	NIV 0	NOM DE LA MALADIE : Perforation d'un ulcère gastro-duodénal.
tb1	NIV 1	TAB. 1 : Phase de début.
	sd1	NIV 2 : Contexte Général
		NIV 3 : sa1 - Sexe (homme plus qu'une femme) sa2 - Age <20-50 ans> se1 - Antécédents familiaux ulcéreux se2 - Antécédents personnels ulcéreux se3 - Prise de médicaments antiinflammatoires
	sd2	NIV 2 : Syndrome douloureux épigastrique
		NIV 3: sp1 - Douleur du creux épigastrique se4 - mode de survenue brutal se5 - irradiation douleur dans la gouttière pariéto-colique D, puis dans le cul de sac de Douglas.
	sd3	NIV 2 : Syndrome de choc
		NIV 3 : sp2 - Hypotension artérielle se6 - pouls accéléré > 100 se7 - Faciès pâle décomposé sa3 - Sueurs sa4 - Angoisse se8 - Durée éphémère (10 minutes)

tb1 (suite)	sd4	NIV 2 : Syndrôme de contracture des muscles grands droits.
		NIV 3 : sp3 - Absence de temps respiratoire abdominal se9 - Hyperesthésie cutanée sp4 - "Ventre de bois" :contracture invincible
	sd5	NIV 2 : Disparition de la matité hépatique à la percussion.
		NIV 3 : sp5 - disparition de la matité hépatique à la percussion.
	sd6	NIV 2 : Syndrôme : Croissant gazeux inter-hépto-phrénique.
		NIV 3 : sp6 - Croissant gazeux inter-hépto-phrénique <faire une radio : Abdomen sans préparation>
tb2	NIV 1:EVOLUTION HABITUELLE ENTRE 12 EME ET 18 EME HEURE	
	sd7	NIV 2 : Syndrôme douloureux abdominal
		NIV 3 : sp7 - Diminution de l'intensité de la douleur
	sd8	NIV 2 : Syndrôme : vomissements
		NIV 3 : sp8 - Apparition de vomissements incoercibles.
	sd9	NIV 2 : Syndrôme péritonéal
		NIV 3 : se10 - Teint terreux se11 - Nez pincé se12 - Pouls > 100 se13 - température élevée > 39°C sp9 - Contracture généralisée abdominale
	sd10	NIV 2 : Syndrôme : Iléus abdominal
		NIV 3 : sp10 - Météorisme sp11 - Arrêt des matières et des gaz (silence à l'auscultation)
tb3	NIV 1:FORME CLINIQUE PERFORATION EN PERITOINE CLOISONNE	
	sd11	NIV 2 : Syndrôme : Abscès sous phrénique
		NIV 3 : sp12 - Voussure à gauche de l'épigastre sp13 - Soulèvement de la coupole Diaphragmatique Gauche. <Radiographie pulmonaire> sp 14 - Epanchement pleural aseptique <Ponction pleurale>
tb4	NIV 1 : FORME CLINIQUE : ULCERE PERFORE BOUCHE.	
	sd12	NIV 2 : Syndrôme : d'accalmie
		NIV 3 : sp14 - Disparition de tous les signes se15 - Evolution en deux temps se16 - Guérison spontanée
tb5	NIV 1:FORME CLINIQUE PERFORATION ULCEREUSE HEMORRAGIQUE	
	sd13	NIV 2 : Syndrôme : Hémorragie digestive
		NIV 3 : sp15 - Hématémèse massive

Figure : Arbre maladie



## IV ARCHITECTURE ET MISE EN OEUVRE D'UN SYSTEME EXPERT ORIENTE OBJET

### IV-1) DESCRIPTION DES DIFFERENTS MODULES DU SYSTEME (figure n°3)

#### 4-1-1 LE MODULE D'ACQUISITION ET DE MODIFICATION DES CONNAISSANCES

Il permet de créer et de modifier des objets de la base de connaissances et notamment l'édition, la création ou la destruction d'un objet, l'établissement ou la suppression d'un lien (contrôle de la validité des liens).

#### 4-1-2 LE MODULE DE MISE A JOUR AUTOMATIQUE DES POINTEURS

Il maintient l'intégrité des pointeurs lors de la mise à jour de la base de connaissances.

#### 4-1-3 L'INTERPRETEUR DES FONCTIONS D'EVALUATION IFE

Lorsque le module de recherche des objets (MRO) sélectionne un signe comportant une FK spécifique (créée par l'expert pour représenter un signe clinique particulier), il la charge dans l'interpréteur appelant les routines correspondantes et renvoyant une valeur au module de calcul prenant en charge les FK standards chargées de donner une valeur aux noeuds de l'arbre.

#### 4-1-4) LE MODULE DE CONFIGURATION

Une des qualités essentielles des S.E. c'est l'indépendance existant entre le moteur de raisonnement et la base de connaissances permettant d'utiliser le système dans des applications diverses.

Il permet de changer le nombre et l'appellation des niveaux et plans structurant les objets et il crée les fichiers de pointeurs correspondants. Il permet l'élaboration des rubriques, des fichiers de données descriptives et l'adaptation des libellés des modules d'acquisition des connaissances, et de dialogue, aux exigences du domaine considéré.

### IV-2) FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE RAISONNEMENT

#### 4-2-1) LE MODULE DE RECHERCHE DES OBJETS :MRO

Il apparie les signes présentés par le malade, avec leurs homologues présents à un plan identique dans les fichiers de pointeurs. L'utilisateur doit sélectionner un signe présent dans la base, il dispose dans ce but d'une liste maintenue à jour. Dans le cas où le signe est absent de la base, l'expert peut le créer à l'aide du module d'acquisition des connaissances. Si le signe est présent, le MRO affiche le contenu du fichier descriptif, et réclame à l'utilisateur une valeur pour les paramètres nécessaires au signe. Puis, le MRO lit dans chaque fichier de pointeurs, l'enregistrement concernant le signe. Niv3-Pli ----> Niv0, Niv3-Pli ---> Niv1, Niv3-Pli ----> Niv2, sont des pointeurs permettant de connaître les maladies, les tableaux cliniques et les syndrômes comportant ce signe dans leur définition.

Les maladies, sont triées par ordre de fréquence à l'aide du module de classement des objets de niveau 0. Le plan auquel le signe appartient est fixé par la nature (Pli) du fichier de pointeurs qui est lu.(voir figure 1)

Les différents pointeurs des objets cibles, sont alors stockés dans un tableau de traitement, classés par niveau et par plan. Le MRO peut charger une FK propre au signe, dans l'IFE renvoyant une valeur destinée au module de calcul.

#### 4-2-2) LE MODULE DE CALCUL ET LA SELECTION D'UNE FONCTION D'EVALUATION

Le module de calcul évalue les objets en tenant compte de la hiérarchie. Il suffit d'appliquer la FK définie à chaque niveau (voir 3.2.2), (les fonctions spécifiques de chaque signe sont traitées via l'IFE). Nous obtenons un "score" pour chaque objet contenu dans le tableau de traitement.

#### 4-2-3) LE MODULE DE CLASSEMENT DES ENTITES DE NIVEAU 0

Il classe les objets maladies (niv 0), et les place dans la Pile des hypothèses. Le module de calcul passe les objets 0 au module de classement construisant une liste selon l'ordre croissant des "scores" des maladies hypothèses.

Le cycle étant terminé, la liste des hypothèses est affichée, via le module d'édition des résultats.

#### 4-2-4) LE MODULE "STRATEGIE DES REQUETES (MSR)".

1) L'utilisateur peut par son intermédiaire changer la stratégie de recherche : Passer d'un mode diagnostic positif à un mode diagnostic différentiel. Les FK sont appliquées niveau par niveau. L'utilisateur peut avoir à compléter les objets pour lesquels, le système n'a aucune information. La maladie reçoit un nouveau classement.

2) Le MSR provoque l'édition des données descriptives d'objets actuellement présents dans le tableau de traitement.

3) Il permet à l'utilisateur d'interrompre la session.

### IV-3) ORGANISATION PHYSIQUE DE LA BASE DE CONNAISSANCES

Chaque objet comporte deux types de données :

1) Des données descriptives avec les caractéristiques techniques de l'objet, son nom, sa description, un objet ne figure qu'une seule fois dans un fichier donné, les questions devant être posées à l'utilisateur, les explications à donner, les examens paracliniques à pratiquer, les valeurs pathologiques. Au niveau du signe, des contraintes d'intégrité peuvent être définies. Il s'agit de contraintes par valeur comme maximum, minimum, facteur d'échelle.

2) Des pointeurs établissant les liens existant entre cet objet et les autres.

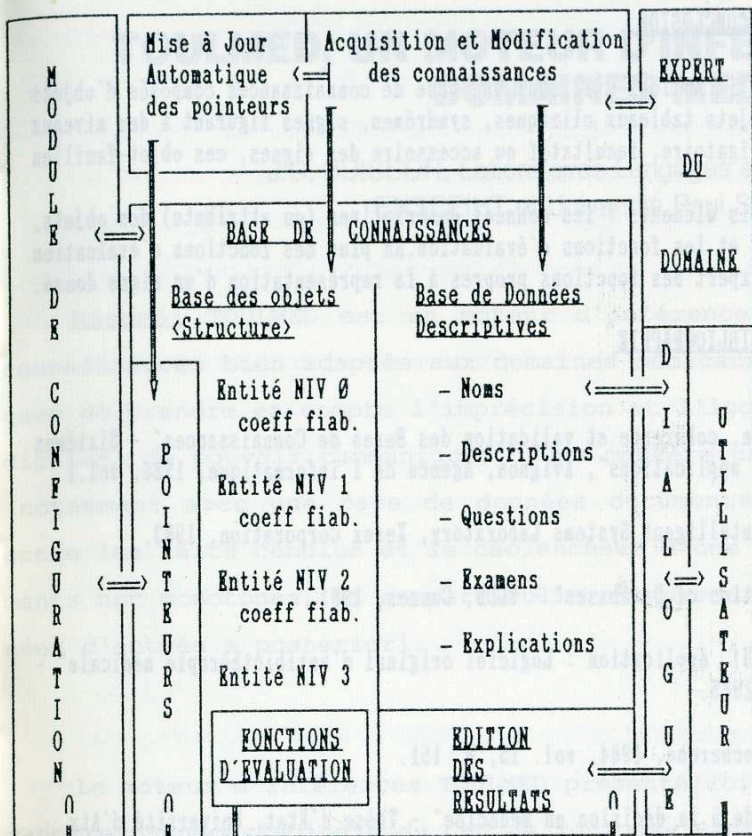


Figure 3 : Architecture du système orienté objet

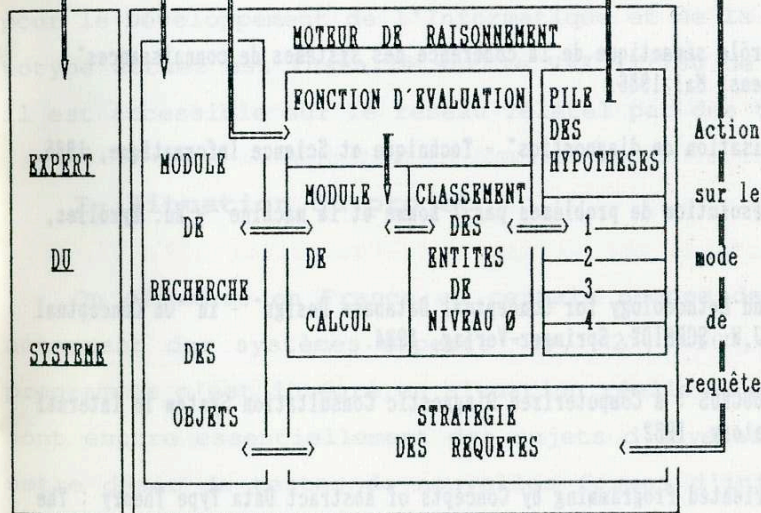


Figure 4: "Les Pointeurs"

NIV 0		RUBRIQUE		NIV 3	POINTEURS	RUBRIQUES	
MALADIE	Niv0 ----> Niv1						
NIV 1 TABLEAUX CLINIQUES	Niv1 ----> Niv0	INDEX	N° OBJET (SOURCE) <n° Niveau, n° d'Ordre>	SIGNES	Niv3-P11--> Niv0	INDEX	N° SIGNE (SOURCE) <n° Niveau, n° d'Ordre>
	Niv1 ----> Niv2 Niv1 ----> Niv3		-		N° OBJET (BUT) <n° Niveau, n° d'Ordre>		Niv3-P12--> Niv0 Niv3-P13--> Niv0
NIV 2 SYNDROMES	Niv2 ----> Niv0 Niv2 ----> Niv1				Niv3-P11--> Niv1 Niv3-P12--> Niv1 Niv3-P13--> Niv1		
	Niv2 ----> Niv3	-	COEFF. VRAISEMBLANCE		Niv3-P11--> Niv2 Niv3-P12--> Niv2 Niv3-P13--> Niv2	-	COEFF. VRAISEMBLANCE
							VALEUR DU SIGNE

## CONCLUSION

Nous avons proposé un système expert d'aide au diagnostic médical utilisant une base de connaissances composée d'objets complexes. Chaque objet maladie est un arbre, les objets tableaux cliniques, syndrômes, signes figurant à des niveaux différents; de manière à retranscrire le caractère obligatoire, facultatif ou accessoire des signes, ces objet-feuilles de l'arbre sont situés dans trois plans distincts.

Nous caractérisons les connaissances médicales par trois éléments : les données descriptives (ou attributs) des objets, les pointeurs traduisant la structure arborescente et les fonctions d'évaluation. En plus des fonctions d'évaluation globales, il est possible de définir sur demande de l'expert des fonctions propres à la représentation d'un signe donné.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSE 86 ASSEMAT C., BONNET A. - "Conceptualisation, cohérence et validation des Bases de Connaissances" - Sixièmes Journées Internationales "Les systèmes Experts et leurs applications", Avignon, Agence de l'informatique, 1986, vol.1
- BOBR 83 BOBROW D., STEFIK M. - "The LOOPS Manual" - Intelligent Systems Laboratory, Xerox Corporation, 1983.
- BROD 81 BRODIE M.L. - "On Modelling Behavioural Semantics of Databases" - VLDB, Cannes, 1981.
- COLL 85 COLLOC J. - "Informatique médicale (SIAMED). Application : Logiciel original d'antibiothérapie médicale" - Lyon, CERCOOPE, 220 pages, Thèse Méd., Lyon, 1985.
- CORD 84 CORDIER M. O. - "Les Systèmes Experts" - La Recherche, 1984, vol. 15, N° 151.
- FIES 83 FIESCHI M. - "SPHINX : Un Système Expert d'aide à la décision en médecine" - Thèse d'Etat, Université d'Aix - Marseille, 1983.
- FLOR 86 FLORY A., BERTIN M. - "Un outil pour le contrôle sémantique de la cohérence des systèmes de connaissances" - Journée Bases de Données 3e génération, Giens, Mai 1986.
- GASC 85 GASCUEL O. - "Un Système Expert pour la réalisation de diagnostics" - Technique et Science Informatique, 1985.
- LAUR 86 LAURIERE J.L. - "Intelligence Artificielle. Résolution de problèmes par l'homme et la machine" - Ed. Eyrolles, Paris, 1986, 446 pages.
- MCLC 84 MC LEOD., KING R. - "A Unified Model and Methodology for Conceptual Database Design" - in "On Conceptual Modelling", Ed. M.L. BRODIE, J. NYLOPOULOS, J.W. SCHMIDT, Springer-Verlag, 1984.
- MYER 82 MYERS JD, POPLK H.K., MILLER R.A. - "CADUCEUS : A Computerized Diagnostic Consultation System in Internal Medicine" - pittsburgh Decision System Laboratory, 1982.
- OLTH 86 OLTHOFF W.G. - "Augmentation of Object-Oriented Programming by Concepts of Abstract Data Type Theory : The Modpascal Experience" - OOPSALA 86, Portland, Oregon, 1986.
- ROCH 86 ROCHE C, LAURENT J.P. - "LRO2 - Artificial Intelligence and Object Oriented Languages" IFIP, Dublin, 1986.
- SCHR 84 SCHREL M., TJOA A.M., WAGNER R.R. - "Comparaison criteria for Semantic Data Models" - IEE CH 2031-3/84/0000-01120/1984.
- SHOR 76 SHORTLIFFE E.H. - "MYCIN : Computer Based Medical Consultation" - American Elsevier, New York, 1976.
- SNYD 86 SNYDER A. - "Encapsulation and Inheritance in Object-Oriented Programming Languages" - OOPSALA 86, Oregon, 1986.
- VINC 85 VINCENT D. - "ROSACE : un outil de représentation des connaissances sous forme d'objets et d'actions" - CNET, Lannion, 1985.
- FERR 85 FERBER J. - "Définition récursive et évaluation distribuée : un modèle rigoureux de langage objet" - Congrès AFCET, RFIA, Grenoble, 1985.