

**Revue Internationale de**

ISSN 0980-1472

**systemique**

CONNAISSANCES IMPLICITES  
ET  
CONNAISSANCES EXPLICITES

Vol. 6, N° **1-2**, 1992

**afcet**

DUNOD

**AFSCET**

**Revue Internationale de**  
**systemique**

**Revue**  
**Internationale**  
**de Sytémique**

**volume 06, numéro 1-2, pages 167 - 180, 1992**

Le problème de l'extraction  
de connaissances implicites :  
apports du système Macao

Nathalie Aussenac, Jean Frontin,  
Jean-Luc Soubie, Marie-Hélène Rivière

Numérisation Afcset, août 2017.



Creative Commons

connaissances qui lui ont été transmises et il les transmet telles quelles. Il ne raisonne pas non plus lorsqu'il acquiert des réflexes conditionnés par l'expérience et le temps. Dès lors, il n'y a pas forcément omission des connaissances de sa part, par « évidence » : *les raisonnements hypothético-déductifs des cognitiviciens ont des besoins en connaissance supérieurs à ceux de l'expertise humaine, qui en fait l'économie grâce à l'expérience.*

Il nous paraît important de conclure sur la polysémie du terme d'« expert ». Il signifie à la fois « le praticien confirmé » et le « savant érudit », éventuellement les deux simultanément. Il a pu dans certains cas englober le « chercheur », mais nous avons vu dans quelle mesure la connaissance produite par la recherche peut conduire le cognitivicien dans des impasses méthodologiques. Confondre les différents types d'experts ou chercher à capter une expertise multifacette peuvent parfois fausser le dialogue entre le cognitivicien et l'expert : le premier acquiert une connaissance qu'il explicite pour la formaliser, le deuxième livre ce qu'il pense être l'explication de ses connaissances. Il lui arrive souvent d'ailleurs de substituer à l'expression de son savoir l'historique de son acquisition. C'est en ce sens que le cognitivicien a peut-être intérêt, en vue d'intégrer réellement une expertise, de savoir reconnaître et prendre en compte les divers modes d'expertise. Cela pourrait induire des modèles ou même des orientations (cognitivism-connexionnisme) différents en cohabitation et faire l'objet d'un exercice d'expertise, qui serait cette fois l'*expertise du cognitivicien.*

#### Références

- J. P. HATON, Intelligence artificielle, panorama des techniques et des domaines d'application, in *Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence*, J. L. Lemoigne éd., Fayard, collection Diderot, Paris, p. 57-73, 1986.
- J. L. LE MOIGNE, Intelligence et conception, in *Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence*, J. L. Le Moigne éd., Fayard, collection Diderot, Paris, p. 229-247, 1986.
- J. LEONE, D. G. SHIN, A synergistic model for memory recall, *Actes du colloque systèmes experts*, Avignon, 1989.
- J. PITRAT, Quelques remarques sur l'intelligence artificielle, in *Intelligence artificielle : mythes et limites*, H. L. Dreyfus éd., Flammarion, Paris, p. 433-439, 1984.
- J. PITRAT, Connaissances et métaconnaissances, in *Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence*, J. L. Le Moigne éd., Fayard, collection Diderot, Paris, p. 75-113, 1986.
- V. PRINCE, La pidginisation du Français par le jargon américain de l'informatique, *Actes du II<sup>e</sup> colloque du GEPE*, Université des sciences humaines de Strasbourg, 1986.
- V. PRINCE, L'infléchissement stylistique du Français en informatique, *Revue La Banque des Mots*, numéro spécial *Terminologie et Langue*, CTN et INALF, Paris, p. 85-96, 1989.

### LE PROBLÈME DE L'EXTRACTION DES CONNAISSANCES IMPLICITES : APPORTS DU SYSTÈME MACAO

N. AUSSÉNAC\*, J. FRONTIN\*\*,  
J.-L. SOUBIE\*\*, M.-H. RIVIERE\*\*

\* ARAMIIHS UMR 115 du CNRS

MATRA-Espace<sup>1</sup>

\*\* IRIT-URA 1399 du CNRS<sup>2</sup>

#### Résumé

La place prépondérante des savoir-faire dans l'expertise explique pour une grande part les difficultés rencontrées lors du développement de systèmes à base de connaissances, qui exige précisément l'explication de ces connaissances implicites. Le succès de leur recueil passe entre autres par une bonne adéquation des techniques aux connaissances recherchées grâce à une analyse de l'activité. La méthode d'acquisition des connaissances MACAO aborde ce problème en référence à un modèle cognitif de l'expert et s'appuie principalement sur une analyse de protocoles de résolution de problèmes.

#### Abstract

The major importance of know-how in expertise transfer explains most of the difficulties met when developing a knowledge based system. Indeed, this process requires the elicitation of this implicit knowledge. Its achievement requires basically a good matching between the techniques and the target knowledge, established from the activity analysis. The MACAO knowledge acquisition methodology addresses this issue in reference to an expert cognitive model and relies mainly on problem solving protocol analysis.

1. Z.I. du Palays, 31, rue des Cosmonautes, 31077 Toulouse Cedex.
2. Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex.

## 1. Introduction

L'étude de la connaissance, trait d'union des sciences de la cognition, intéresse particulièrement les travaux sur les systèmes experts. En intelligence artificielle (IA), ce n'est que récemment que s'est fait ressentir le besoin de distinguer connaissances implicites et explicites. Il est délicat d'en parler dans l'absolu, sans doute parce que ces notions recouvrent des champs de la connaissance aux frontières floues et subjectives. Nous nous placerons donc dans le contexte de la conception des systèmes experts et du transfert d'expertise en IA.

Le cognicien chargé de l'acquisition de connaissances auprès d'un expert élabore souvent une base de connaissances à la fois réductrice par rapport à l'expertise humaine, dans la mesure où certaines heuristiques peuvent lui échapper, et plus complexe car cette lacune est souvent compensée par la formalisation de règles plus générales. Ces difficultés s'expliquent en partie par la nature même de l'expertise, essentiellement constituée de connaissances implicites, mais aussi par celle des systèmes à base de connaissances (SBC) dont la vocation n'est pas de traduire fidèlement toutes les connaissances de l'expert mais bien de s'appuyer sur celles-ci pour reproduire un comportement analogue face à un problème. Notre contribution vise à souligner l'importance de la bonne connaissance des structures cognitives de l'expert pour bien définir le modèle nécessaire à la construction de l'artefact.

Après avoir rappelé quelques résultats issus de la psychologie cognitive sur la nature de l'expertise, nous définirons les notions de connaissances implicites et explicites chez l'expert. Ensuite, nous évaluerons les difficultés liées au recueil de chacun de ces types de connaissances, ainsi que les techniques d'extraction qui leur sont le mieux adaptées.

Enfin, nous présenterons la méthode d'acquisition des connaissances MACAO et les options qu'elle propose pour aborder ce problème : référence à un modèle cognitif de l'expert, diversification et choix finalisé des techniques d'extraction, langage de modélisation.

## 2. La nature de l'expertise et la place des connaissances implicites

Socialement, l'expert est reconnu comme un spécialiste exceptionnellement compétent dans un domaine bien cerné. L'habileté d'où il tire sa notoriété n'est pas uniquement due à sa formation ou à sa capacité d'analyse. L'expertise est faite de la connaissance de nombreux cas de figure, fruits d'une expérience et d'une pratique importantes et de qualité.

C. Vogel définit l'expert comme *un technicien qui se méfie de la science, et qui acquiert vis-à-vis d'elle une indépendance telle qu'il s'autorise la création d'un savoir-faire* (Vogel, 1988).

L'expertise s'acquiert donc par assimilation de connaissances tirées de deux sources : **l'activité** et **la technique**.

L'expérience est la source des connaissances les plus pertinentes de l'expert, qui font de lui la personne la plus compétente de son domaine. Les psychologues ont montré qu'il conservait une trace de cette pratique sous forme d'une bibliothèque de cas (Reitman et Reuter, 1987). Pour chaque type de cas, il dispose d'un ensemble de critères de choix qui lui permettent de sélectionner les procédures de résolution associées.

La composante initiale des connaissances d'un expert provient cependant d'une connaissance théorique du domaine, accessible à tous et objective. L'expert possède toujours cette connaissance, partie rationnelle de son savoir (Becker, 1988).

Ce découpage apparaît nettement dans le schéma suivant, tiré de (Leplat, 1987). On remarque que l'expertise déborde largement la technique, et que les connaissances implicites, assimilées par l'expérience, occupent une place non négligeable à côté des connaissances explicites. Pourtant, les entretiens informels tels que les mènent les cogniciens limitent les données recueillies à la technique du domaine.

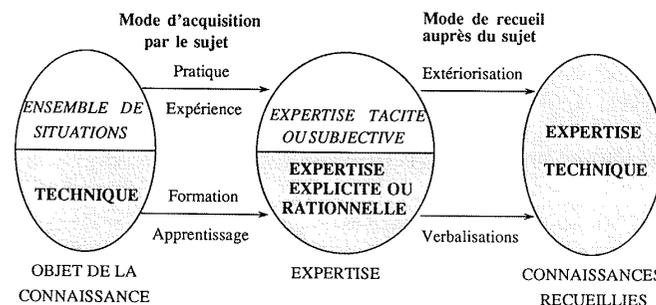


Figure 1. Les relations entre la nature de l'expertise, son mode d'acquisition et les difficultés de son explicitation (Leplat, 1987).

La psychologie apporte d'autres précisions sur la nature des connaissances expertes, qui expliquent mieux les difficultés de leur recueil. Depuis les travaux de Rasmussen, en psychologie cognitive, il est classique de hiérarchiser les

connaissances de l'expert en trois niveaux, selon son mode de fonctionnement (Hoc, 1988).

*Les connaissances générales* correspondent à des connaissances de bon-sens. L'expert ne les applique pas directement pour exécuter des tâches habituelles, mais dans des situations qu'il ne sait pas traiter *a priori*. Ces connaissances sont lourdes de maniement car non finalisées.

*Les connaissances opératives*, au contraire, sont finalisées et spécifiques d'un domaine ou d'une tâche. Leur acquisition découle de la pratique répétée d'une tâche, d'une série d'expériences analogues dans un *environnement imparfaitement stable*.

*Les connaissances routinières*, très familières pour le sujet, sont des automatismes de traitement, mis en œuvre sans un contrôle conscient de sa part. Ces connaissances ne sont générées qu'après la répétition d'une série de situations correspondant à des conditions extrêmement proches. L'automatisation se traduit par une sorte de compilation des procédures de résolution, c'est-à-dire un affinage par élimination des informations non directement pertinentes dans ces procédures.

A titre de récapitulation, on peut s'attendre à trouver chez l'expert :

*Des connaissances mises en œuvre de manière implicite*, et par là-même difficilement accessibles. Typiquement, ce sont les connaissances routinières, personnelles et subjectives, acquises grâce à sa pratique dans le domaine, ou par « compilation » de connaissances théoriques au cours de l'expérience.

*Des connaissances dont la mise en œuvre est explicite*, regroupant à la fois des connaissances générales, comme la technique objective et la théorie d'un domaine, et des connaissances opératives que l'expert sait énoncer parce qu'il a conscience de les utiliser.

### 3. Les problèmes soulevés par le recueil des connaissances

#### 3.1. *Les problèmes liés aux connaissances implicites et explicites*

La distinction entre connaissances implicites et explicites soulève deux points parmi les plus délicats du recueil d'expertise :

- D'une part, à cause du très faible niveau de leur contrôle par l'expert, les connaissances routinières, et certaines connaissances opératives sont implicites et difficiles à faire exprimer, alors qu'elles constituent les éléments les plus typiques de l'expertise.

En fait, vouloir recueillir et formaliser des connaissances implicites revient à les rendre explicites, à les dénaturer en quelques sorte. La notion d'implicite aurait-elle un statut provisoire ?

- D'autre part, les connaissances générales, nécessaires pour traiter de nouveaux cas, peuvent recouvrir une partie importante et mal définie de la culture de l'expert. Bien sûr, elles sont de nature explicite, mais leur expression ne pose pas moins de problèmes. Puisqu'il est impossible de toutes les formaliser, lesquelles recueillir ? Jusqu'à quelles connaissances explicatives doit-on remonter ? Ce problème est parfois abordé à travers celui des connaissances « profondes ».

Entre ces deux extrêmes, les connaissances opératives se révèlent les plus faciles à recueillir et à formaliser.

La plupart des tâches réalisées par un expert exigent l'utilisation de connaissances routinières, au service de connaissances opératives pour des cas plus rares. L'expertise présente ainsi un caractère paradoxal : plus une personne est efficace dans l'exécution d'une tâche, moins elle est consciente de sa façon de procéder, et plus elle a de mal à l'expliquer oralement.

#### 3.2. *Quelques solutions proposées par la psychologie*

D. Berry a consacré une étude aux méthodes de recueil des connaissances implicites (Berry, 1987) et montre l'inefficacité des entretiens avec l'expert, surtout s'ils sont informels ou mal dirigés. L'analyse de protocole apporte des résultats légèrement plus satisfaisants, bien qu'encore incomplets. Par contre, des variations d'énoncé, les techniques d'information manquante et autres variantes de l'analyse de protocoles, comme le traitement de problèmes sous contraintes, permettent de recueillir certaines connaissances implicites.

Toutefois, parmi les techniques proposées en psychologie pour l'extraction des connaissances, certaines résolvent partiellement cette difficulté (Reitman et Reuter, 1987). Leur objectif est de provoquer des situations dans lesquelles on peut observer des manifestations explicites de connaissances implicites, comme leur mise en œuvre dans l'activité par exemple. C'est aussi de prévoir des indicateurs pour révéler les connaissances sous-jacentes à ces manifestations.

Les techniques directes, moins utilisées, comme le dessin de courbes fermées ou l'analyse du mouvement des yeux, révèlent des connaissances autrement inaccessibles. Elles complètent avec pertinence des techniques plus générales. Leurs applications sont malheureusement trop limitées car contraignantes.

Les techniques indirectes, basées sur l'interprétation d'indicateurs de l'expertise, sont supposées débloquent l'expression de l'expert. L'échelonnage multi-dimensionnel, les regroupements hiérarchiques, les grilles répertoires ou les réseaux pondérés donnent accès à des connaissances implicites. Elles s'avèrent précieuses en phase complémentaire de l'extraction, à condition de bien les maîtriser.

Cependant, la mise en œuvre de ces techniques exige un ensemble de pré-supposés. La réussite de l'accès aux connaissances implicites dépend avant tout d'une bonne identification, par le cogniticien, de l'activité cognitive de l'expert et du contexte dans lequel elle s'exerce. Nous avons relevé trois exigences qui conditionnent la qualité de l'acquisition de connaissances auprès d'un expert (Aussenac et Chabaud, 1990) :

- bien cerner la situation du travail, qui couvre à la fois l'ensemble des tâches liées à l'activité de l'expert et l'environnement de cette activité;
- connaître de manière fine l'activité réelle de l'expert à travers son observation et l'utilisation de grilles d'observation, puis son analyse;
- avoir analysé les processus cognitifs mis en œuvre par l'expert et sous-jacents à cette activité.

Ces principes ont été retenus dans la méthode d'acquisition des connaissances MACAO.

#### 4. L'acquisition des connaissances avec MACAO

La méthode d'acquisition des connaissances MACAO s'adresse à un cogniticien, comme guide pour mener à bien l'acquisition des connaissances auprès d'un expert. Cette méthode fait intervenir un logiciel, à la fois comme moyen de mémorisation des données recueillies et comme support à la mise en œuvre de la méthode.

La définition de MACAO a bénéficié des fruits d'une collaboration avec une équipe de psychologues. Aussi, ce système ne prétend pas apporter « la » solution aux problèmes du recueil des connaissances implicites et explicites. Mais, ayant eu le souci d'acquérir tous les aspects de l'expertise, nous pensons qu'il apporte des éléments de réponse.

Cette méthode a été appliquée à titre de validation pour modéliser deux expertises : celle de techniciens surveillant le trafic d'un réseau de bus et la résolution d'un problème d'affectation de bureaux à une équipe (Aussenac, 1989), (Aussenac et Dieng, 1991). Elle a été utilisée pour le développement opérationnel d'un système expert de diagnostic en maintenance informatique (projet SAMIE) (Aussenac *et al.*, 1991). Nous nous servirons des exemples de SAMIE et Sisyphus pour illustrer notre propos par la suite.

##### 4.1. Intégration d'un modèle cognitif de l'expert

Toute technique utilisée pour extraire des connaissances auprès d'un expert ne convient que pour certaines formes de l'expertise. Le choix d'une technique repose sur un ensemble d'hypothèses concernant le contenu et le fonctionnement des connaissances de l'expert. Un des objets de la psychologie cognitive

est d'ailleurs d'émettre et de valider de telles hypothèses sur le fonctionnement cognitif, rassemblées dans des *modèles cognitifs*.

Un modèle permet une structuration et une formalisation de l'expertise qui en respecte mieux la nature tout en étant adaptée à son opérationnalisation informatique.

MACAO fait référence à un modèle cognitif de l'expert, issu du courant STI et basé sur les notions de schémas empiriques et conceptuels (Aussenac et Michez, 1988). Le modèle a servi à définir une représentation interne des connaissances et a infléchi certaines des spécifications de la méthode et du logiciel : favoriser l'intervention directe de l'expert, analyser ses connaissances par catégories de problèmes, etc.

##### 4.2. Diversification et choix des techniques d'extraction

Une des solutions préconisées pour couvrir la diversité des connaissances de l'expert s'appuie sur l'utilisation de plusieurs techniques complémentaires. Ainsi, dans MACAO, l'identification préliminaire de l'expertise combine plusieurs procédés, dont chacun permet l'extraction de connaissances particulières, des automatismes aux règles routinières, ou même à la théorie du domaine :

- entretiens informels (*vocabulaire du domaine*);
- observation directe de l'expert en situation (*environnement de l'activité, gestes, démarche générale, cas de problèmes*);
- analyse de l'activité (*nature et priorité des tâches effectuées, chiffrage de l'activité*);
- entretiens centrés (*échantillon de cas*);
- grilles répertoires (*classification de problèmes en classes tenant compte du mode de résolution*).

Dans le cadre du projet SAMIE, cette phase a donné lieu à une étude ergonomique de l'activité de l'opérateur et des experts concernés, à une analyse fine de la situation et des besoins réels avant de spécifier les problèmes que devait résoudre le SBC.

L'étape suivante représente une *variante de l'analyse de protocoles*.

L'expert est invité à résoudre plusieurs problèmes de chacune des classes, dans des conditions aussi proches que possible de la réalité. En effet, ce n'est qu'à travers leur mise en œuvre que les connaissances implicites acquises par l'expérience peuvent être perçues. Repérer l'utilisation de règles ou de stratégies implicites est le seul moyen de les rendre explicites, et d'inviter dans un deuxième temps l'expert à les exprimer.

The screenshot shows the MACAO software interface. At the top, there is a menu bar with options: EXPERTISE : sisyphus, Version : 14, PRESENTATION GENERALE, INITIALISATION EXPERTISE, PREPARATION RECHERCHER, RECUEIL DES PROTOCOLES, ANALYSE, VALIDATION, INITIALISER, SAUVER, and QUITTER. Below the menu bar is a toolbar with buttons: AIDE, LEXIQUE, and TAXONOMIE DES CLASSES DE LIENS. The main window is divided into several sections. On the left, there is a list of concepts: central, hacker, head-of-individual, head-of-project, head-object, manager, near-center, number-of-occupan, office, project, researcher, secretary, single-office, twin-office, and twin-office. Below this list are buttons: VALIDER, METTRE A JOUR, AJOUTER UN CONCEPT, AIDE, IMPRIMER, and QUITTER. In the center, there is a section for 'CONCEPT : head-of-group' with fields for 'Definition : researcher at the head of a research group', 'References : Sisyphus document', 'Valeurs autorisées : Thomas', and 'Type : researcher'. Below this is a 'Validation : [checked]' button and a 'SUPPRIMER' button. On the right, there is a semantic network diagram with nodes and edges. The nodes include: est-un-is-a, dependance, attribut-property, quantification, meronimique, est-compose-de, works-with, works-in, situation, temporel, absolu, relatif, spatial, localisation, is-assigned, dynamique, changement-etat, and transposition-etat. The edges are labeled with 'lien'. At the bottom left, there is a 'STRUCTURATION DONNEES' section with checkboxes for DOSSIER, TAXONOMIE DES LIENS, GRILLES REPERTOIRES, BIBLIOGRAPHIE, and BIBLIOTHEQUE SCHEMAS. At the bottom right, there is a 'TRAVAILLER SUR :' section with checkboxes for Un exemple de PROBLEME, Une classe de PROBLEME, and L'ensemble de L'EXPERTISE.

Figure 2. Exemple d'écran de MACAO :  
éditeurs de gestion du lexique et des relations du domaine.

Simultanément, on demande à l'expert de décrire oralement sa démarche pas à pas, suivant un ensemble de consignes fixées avec le cogniticien, alors que celui-ci prend note de son activité. Les verbalisations sont enregistrées. Elles constituent une source de connaissances explicites pour le cogniticien, qui note ensuite dans le logiciel MACAO tous les objets et concepts cités pour former un « glossaire » du problème traité.

Pour le projet SAMIE, le protocole retenu était très proche de la situation habituelle de résolution de problème. Dans la situation réelle, l'opérateur fournit un diagnostic puis dépanne des incidents informatiques signalés par des utilisateurs et ce au cours d'une conversation téléphonique. Pour cela, il dispose d'un ensemble d'outils logiciels accessibles depuis un terminal. Au cours des simulations, l'expert a été placé dans des conditions analogues. L'utilisateur soumettait des cas tests sélectionnés et leur conversation ainsi que les descriptions orales de l'expert ont été enregistrées.

Par rapport à des entretiens centrés, ces simulations ont permis de repérer l'ensemble des outils utilisés, les phases clés du dialogue nécessaire pour établir un diagnostic ainsi que les éléments déterminants du contexte qui orientent la résolution.

Dans un deuxième temps, au cours d'entretiens centrés, l'expert est invité à reprendre chacune des résolutions pour la commenter, l'expliquer et indiquer à l'aide du logiciel les concepts associés aux mots du glossaire. Les consignes du cogniticien l'incitent alors à expliquer *pourquoi* il utilise une information à un instant donné, et son rôle dans la résolution. Ces verbalisations sont aussi enregistrées.

L'ensemble de ces éléments sert ensuite de base à l'analyse du cogniticien. Dans l'exemple Sisyphus, ces protocoles sont présentés en deux colonnes, l'une correspondant aux verbalisations concomitantes, l'autre aux verbalisations consécutives (Aussenac et Dieng, 1991).

Les informations concernant l'environnement de la résolution de problème forment un « modèle du domaine ». Elles sont représentées à l'aide de concepts et de relations étiquetées, puis structurées dans un réseau sémantique. Ce réseau est montré à l'écran sous forme de graphe, page suivante.

Chacun des cas résolus par l'expert est modélisé à l'aide d'un langage de représentation des connaissances basé sur la notion de *schéma*, qui permet de décrire des tâches élémentaires à partir du contexte et du but pour lesquels elles sont évoquées et des traitements mis en œuvre (Aussenac *et al.*, 1991). La comparaison de la formalisation des différents problèmes à l'intérieur de chaque classe permet de relever l'impact de certains objets de l'expertise sur

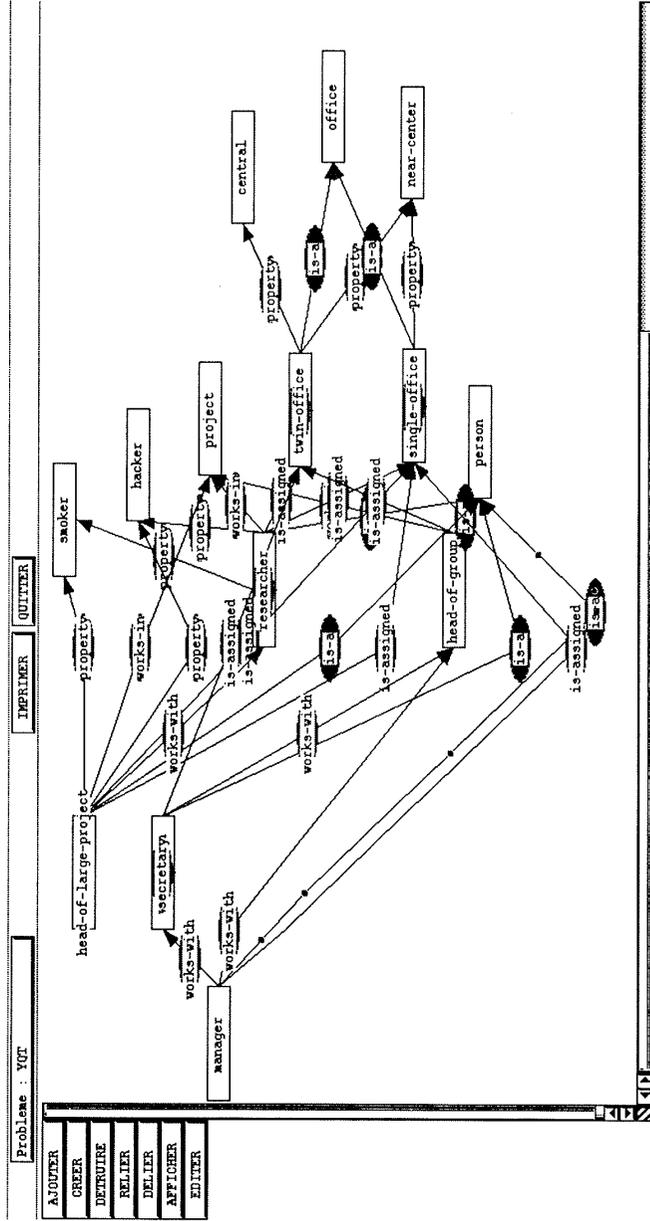


Figure 3. Une partie du modèle du domaine dans l'exemple Sisyphus.

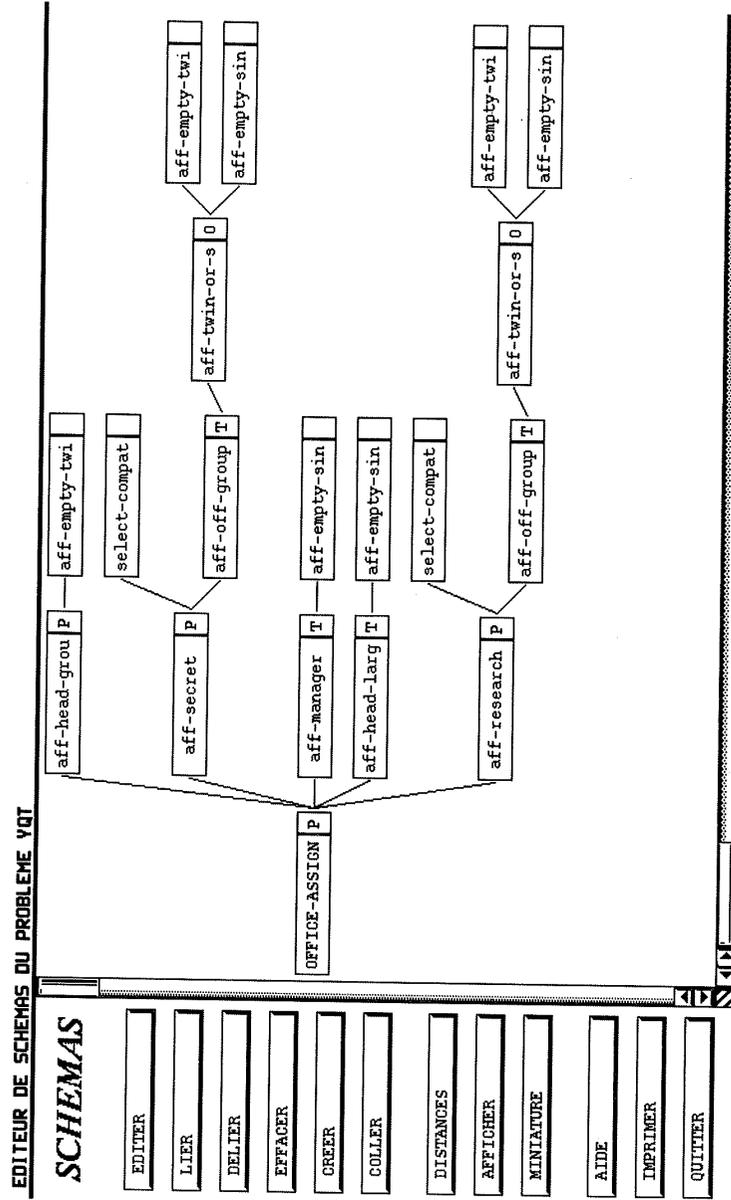


Figure 4. Le graphe traduisant le modèle du raisonnement dans l'exemple Sisyphus.

la résolution, d'identifier la démarche de l'expert pour cette classe de problèmes et de construire un modèle conceptuel de son mode de raisonnement.

La tâche principale, OFFICE-ASSIGN, se décompose en une série d'affectations dans l'ordre indiqué : placer le chef de groupe, les secrétaires, etc. Les règles justifiant ce choix sont explicitées dans la stratégie associée à ce schéma.

Une dernière approche favorise l'expression de nouvelles connaissances implicites : après leur structuration et leur formalisation par le cognicien, les connaissances sont présentées à l'expert sous forme de graphes, qu'il peut modifier ou compléter. Leur sémantique cherche à rester proche de celle de l'expertise. En disposant de points de référence, l'expert peut aller plus loin dans l'explication ou la justification de son raisonnement (Aussenac, 1989). Les automatismes utilisés au cours du raisonnement étant visualisés sur le graphe, ils peuvent évoquer chez l'expert d'autres connaissances implicites, ou des explications à l'aide de connaissances plus générales.

L'exemple Sisyphus illustre comment le langage de schémas a permis de passer progressivement d'une forme « brute » des connaissances exprimées dans les protocoles à une formulation plus formelle traduite par le graphe des schémas (Aussenac et Dieng, 1991). Ces structures facilitent en effet le découpage d'un protocole en séquences, le texte étant associé au schéma sous forme de commentaire. Puis les éléments caractéristiques du schéma, à savoir les notions de contexte, but, stratégie et traitement, guident la description structurée de cette phase du raisonnement. Enfin, l'enchaînement des schémas dans un graphe traduit la progression de la résolution.

## 5. Conclusion

La méthode d'acquisition des connaissances que nous avons développée tente donc de répondre aux exigences imposées par la diversité de l'expertise de plusieurs manières :

- en se référant à un modèle cognitif comme grille de lecture des données recueillies ;
- en considérant comme indispensable une première étape d'observation et d'analyse de l'activité dans le but de mieux choisir les techniques de recueil et les modalités de leur mise en œuvre ;
- en diversifiant les techniques d'extraction en fonction des connaissances à identifier ;

- ces techniques aident à localiser puis à demander à l'expert les connaissances implicites, ou bien l'incitent à se justifier en formulant des connaissances explicites ;

- en s'appuyant sur un logiciel qui offre un langage de représentation des connaissances dont les primitives permettent de se situer à un bon niveau d'abstraction pour modéliser l'expertise. Ces primitives orientent le recueil de nouvelles connaissances.

Plus généralement, des progrès significatifs, mais pas encore décisifs, sont perceptibles dans les travaux en cours sur l'acquisition des connaissances. Les avancées à venir nécessitent des résultats plus précis que seule la psychologie cognitive peut produire, ou qui seront tirés de l'expérience des cogniciens. En effet, des questions demeurent en intelligence artificielle sur l'objet même de l'extraction des connaissances :

- De manière plus précise, quelle est la nature de l'expertise ?
- Comment caractériser les connaissances implicites, encore mal cernées ?
- Quels rôles jouent ces connaissances et dans quelles conditions sont-elles mises en œuvre ou explicitées ?
- Dans quelle mesure le modèle de l'artefact doit-il être proche du modèle humain ?

## Références

- N. AUSSENAC, B. MICHEZ, MACAO : Application d'un modèle psychologique à la réalisation d'un outil d'aide à l'acquisition des connaissances. *Actes du colloque du CREIS*, Saint-Etienne, mai 1988.
- N. AUSSENAC, *Conception d'une méthode et d'un outil d'acquisition des connaissances expertes*, Thèse de l'Université P. Sabatier, Toulouse, n° 523, octobre 1989.
- N. AUSSENAC, C. CHABAUD, La place des savoir-faire dans l'acquisition des connaissances, *Cognitiva 90*, Madrid (E), novembre 1990.
- N. AUSSENAC, J.-L. SOUBIE, J. FRONTIN, Évolution d'une représentation des connaissances pour l'acquisition, *Knowledge modelling and expertise transfer (KMET91)*, Sophia-Antipolis, avril 1991.
- N. AUSSENAC, R. DIENG, Models of problem solving for knowledge acquisition: comparison of MACAO and 3DKAT, *Proceedings of EKAW 91, Sisyphus project part II*, Glasgow, May 1991.
- B. BECKER, Towards a concept for case-based knowledge acquisition, *Proceedings of EKAW 88*, GMD Studien n° 143, Bonn, p. 9.1-9.10, June 1988.
- D. BERRY, The problem of implicit knowledge. *Expert Systems*, 4, (3), p. 114-151, August 1987.
- J. M. HOC, *Psychologie Cognitive de la Planification*, Ed. PUF, 197 pages, 1988.

J. LEPLAT, Quelques voies pour l'analyse de l'activité experte, *Exposé dans le cadre de l'axe 1 du PIRTEM*, octobre 1987.

O. J. REITMAN, H. REUTER, Extracting expertise from experts: Methods for knowledge acquisition, *Expert Systems*, 4, (3), p. 152-167, August 1987.

C. VOGEL, *Génie cognitif*, Masson, Paris, 1988.

# Au cœur des sciences

*Afct*  
*Systemes* collection dirigée par  
Bernard Paulré

La  
modélisation  
des systèmes  
complexes

Sciences  
des systèmes  
Sciences  
de l'artificiel

**Sciences des systèmes  
Sciences de l'artificiel**

H.A. SIMON

Maître à penser des "Computer Sciences", Herbert A. Simon considère cet ouvrage comme le plus révélateur de sa démarche et de ses théories. Il y développe en sept conférences son fameux "paradigme du système de traitement de

l'information" appliqué aux domaines de la gestion, de la psychologie, de l'économie et de l'intelligence artificielle.

*Traduit de l'anglais par J.-L. Le Moigne*

**230 p.**

Systémique  
&  
Cognition

E. Andreevsky  
et coll

*Afct*  
*Systemes*

H.A. Simon

Dunod

*Afct*  
*Systemes*

DUNOD

**Systémique & Cognition**

E. ANDREEVSKY, J.-L. LE MOIGNE,  
J.-C. TABARY, J.-L. VULLIERME, R. VALLÉE,  
B. BOUCHON-MEUNIER, J.-B. GRIZE

La démarche systémique - dans la mesure où elle vise à construire, dans une optique pluridisciplinaire, l'intelligibilité des phénomènes complexes - s'impose aujourd'hui pour rendre compte des mécanismes cognitifs.

*Préface de B. Paulré*

**208 p.**

**La modélisation  
des systèmes complexes**

J.-L. LE MOIGNE

Ecrit pour tous ceux qui ont à gérer des "situations complexes", ce livre montre que la résolution des problèmes d'organisation passe davantage par le respect de la complexité du réel que par une simplification réductrice.

**176 p.**

**DUNOD**