

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 141 - 157, 1992

Une réflexion à propos d'une extraction
de connaissances expertes
auprès d'experts en gestion de portefeuille

Sylvie Després

Numérisation Afscet, août 2017.



Creative Commons

**UNE RÉFLEXION À PROPOS D'UNE EXTRACTION
DE CONNAISSANCES EXPERTES AUPRÈS D'EXPERTS
EN GESTION DE PORTEFEUILLE**

S. DESPRÉS

École des Hautes Études en Informatique ¹

Résumé

Nous relatons une expérience d'acquisition de connaissances expertes qui doit conduire au sein d'une entreprise, à la réalisation d'un système à base de connaissances dont la gestion dynamique de portefeuilles boursiers constitue le domaine d'application.

Abstract

This paper is devoted to the reflexion about an experience of knowledge acquisition in the financial portfolio area. The issue of this extraction must result in a knowledge based system.

1. Introduction

Nous relatons une expérience d'acquisition de connaissances expertes qui s'est déroulée dans le cadre d'un projet européen sur une durée de trente mois. La finalité de ce projet était l'élaboration d'un ensemble d'outils, de méthodes et de techniques d'aide à la gestion dynamique de portefeuilles boursiers. Dans ce cadre, un système à base de connaissances devait être réalisé. Notre réflexion a été consacrée au processus long et délicat d'extraction des connaissances nécessaires auprès d'agents de change afin d'élaborer la base de connaissances de ce système.

Ce projet impliquait quatre partenaires (français, anglais, irlandais) dont les compétences étaient ainsi réparties : l'université anglaise, les sociétés française et irlandaise faisaient autorité en informatique et/ou en intelligence

1. Université René Descartes, 45, rue des Saints-Pères 75006 Paris.

artificielle, l'expertise financière émanait essentiellement de la société financière anglaise. Nous insistons sur cette répartition des rôles entre les partenaires car elle a obligé à établir une communication entre deux experts financiers de nationalité différente (anglais et français). La caractéristique cosmopolite de ce projet a induit cet inhabituel mode de recueil des connaissances — faire travailler un expert sur l'expertise de l'autre expert — qui ne doit donc pas être envisagé comme une erreur de méthodologie dans la gestion du projet.

Au moment de la conception d'une base de connaissances, la difficulté essentielle rencontrée par l'expert consiste à communiquer sa pratique du domaine au cognicien. Ainsi que le souligne Hayes-Roth¹ (1983), le transfert d'expertise est rendu difficile par la nature des connaissances expertes. L'expression et la formalisation de l'expertise sont en effet peu naturelles, à la fois pour l'expert qui doit essentiellement exprimer des savoir-faire par nature difficilement énonçables et pour le cognicien qui doit formaliser des connaissances qu'il ne maîtrise pas. Contenant une part d'implicite, les connaissances ainsi exprimées doivent être prises en compte par le système. La question est alors de savoir ce qui doit être explicite, ce qui ne peut l'être, et ce qui ne doit pas l'être.

Dans l'expérience que nous décrivons les savoir-faire constituent l'essentiel de l'expertise du domaine. Nous avons identifié plusieurs formes d'implicite dans la communication entre les experts et le cognicien, selon qu'il s'agit de savoir-faire, de savoir-dire ou de faire-savoir. Le savoir-faire de l'agent de change met en jeu des connaissances hautement subjectives qu'il ne sait pas toujours exprimer. La volonté de faire-savoir est ici freinée en raison de la spécificité de l'environnement boursier. L'extraction des connaissances y est rendue plus complexe à cause des réticences de l'expert. En effet, outre l'expertise, habituellement vendue par les agents de change, particulièrement subjective et liée au contexte économique, les impératifs de confidentialité, et la situation concurrentielle régnant sur le marché financier mondial interviennent fortement au moment du recueil des connaissances. La singularité de ce projet tient de surcroît à son aspect cosmopolite, qui pose par exemple le problème de la variation du sens des indicateurs boursiers en fonction du pays.

1. An expert's knowledge consists not only of public knowledge found in articles and textbooks, but also private knowledge culled from years of experience in solving problems in his/her area of expertise (Hayes-Roth, 1983)

Les applications financières, particulièrement celles supportant des activités d'échange en temps réel requièrent de prendre en considération deux types de performances, le traitement des transactions opportunes, le traitement de problèmes en temps réel continu.

— Le traitement des transactions opportunes : un système d'aide à la gestion dynamique de portefeuille doit satisfaire rapidement aux requêtes de l'utilisateur généralement impatient, et résoudre les problèmes rapidement car souvent de nombreuses transactions se produisent simultanément. En outre, un traitement plus rapide signifie moins de machines et des coûts inférieurs.

— Le traitement de problèmes en temps réel continu : les données peuvent évoluer tandis que le système travaille sur des informations qui sont alors devenues caduques. Le système doit donc reconnaître et agir sur ces nouveaux faits de façon asynchrone, afin d'écarter les déductions fondées sur des faits dont la valeur s'est modifiée.

En outre, les informations liées au domaine de la bourse sont par nature imprécises, incertaines. Ainsi, l'état actuel de la balance des paiements peut être décrit au moyen des termes suivants : bon, moyen, mauvais et la perspective pour ce même indicateur : à la hausse, stable ou à la baisse. L'évaluation de la conduite de l'entreprise peut être jugée comme étant agressive, démontrée, bonne, moyenne, mauvaise, ou de capacité inconnue entachée par l'incertitude inhérente à la subjectivité d'une telle appréciation. Ainsi, dans de nombreuses situations on ne dispose pas de toutes les informations et la plupart sont entachées d'incertitude. Pour cette raison, le modèle de gestion des connaissances auquel nous nous référons est le raisonnement approximatif (Zadeh, 1979). Cependant le choix de cette approche quantitative du traitement de l'incertain influence la technique d'acquisition des connaissances, car il s'agit de recueillir ces données afin de pouvoir les exprimer dans un formalisme spécifique au raisonnement.

Or ces informations imprécises et incertaines, qui permettent l'expression de savoir-faire, constituent une forme d'implicite dans la communication et pour cette raison leur représentation occasionne des difficultés au cognicien. Quand on s'interroge sur les connaissances expertes, une distinction s'impose, celle qui sépare les connaissances implicites des connaissances explicites. Mais, cette grande division appelle cependant quelques nuances, qui atténueront la brutalité de la coupure et n'interdiront pas une certaine continuité. Considérons, par exemple, l'énoncé « plus le taux d'inflation est élevé moins les perspectives économiques sont bonnes ». Il signifie pour l'analyste financier que les perspectives économiques ne s'amélioreront pas lorsque le taux d'inflation augmentera et que l'influence de cette augmentation sur les perspectives économiques sera toujours défavorable. Mais plus précisément cela suppose

l'existence d'une relation monotone liant les le taux d'inflation et les perspectives économiques. La relation est suggérée dans l'énoncé que donne l'expert, elle y reste implicite. Un implicite qui dépasse le niveau du simple usage pratique, qui émerge à la conscience, mais qui demeure enveloppé dans l'énoncé d'une règle, comparable si l'on veut à l'ordonnance d'un médecin, laquelle suppose certes des connaissances théoriques, mais ne les énonce pas.

La méthode de recueil des connaissances qui a été retenue par le cognitif pour ce projet est l'interview. Cette technique d'acquisition typiquement empirique produit souvent des bases de connaissances qui présentent des insuffisances (Gammack *et al.*, 1985). Nous analyserons ces insuffisances et tenterons de dégager le biais supplémentaire introduit par la volonté de représenter les connaissances avec le formalisme associé au mode de traitement retenu pour cette application.

2. L'extraction des connaissances

L'extraction des savoir-faire par nature compilés et implicites et leur explicitation constituent les principales difficultés associées au recueil des connaissances (Leplat, 1987). Il convient de différencier la phase d'analyse des connaissances fournies par l'expert, dont la finalité est de dégager les concepts et les relations structurelles ou celles induites par leur utilisation même pour la résolution du problème, de celle dite de transformation du formalisme, qui concerne le passage des connaissances exprimées en langue naturelle vers le plus souvent un formalisme informatique. Toutefois, dans la pratique, l'extraction des connaissances sera fortement influencée par le type de modèle de représentation et de raisonnement retenu pour gérer les connaissances.

Ainsi, en intelligence artificielle, plusieurs choix de modèle de représentation et de raisonnement sont possibles pour gérer les connaissances. Dans le domaine de la finance, un certain nombre ont été retenus tels que l'association de frames et d'héritage dans le système Invest (Heuer), ou de frames et de réseaux de propagation dans le système PECUNIA (Decio *et al.*, 1988), ou de frames et de règles de production dans le système PORT-MAN (Chan *et al.*, 1988), de schémas dans le système FINEX (Levine *et al.*, 1989), ou du raisonnement approximatif dans le cadre de ce projet. Dans le cas des frames, le cognitif aura besoin de décrire les objets du domaine au moyen de certaines de leurs propriétés caractéristiques, dans le cas des règles de production il sera nécessaire d'obtenir les connaissances dans le formalisme qui leur est associé (si... alors...), dans le cas du raisonnement approximatif il sera

demandé à l'expert de décrire certains type de connaissances au moyen de fonction d'appartenance.

En outre, la phase d'extraction des connaissances repose sur la collaboration étroite entre des experts du domaine et un cognitif et suppose une prise en compte des besoins des futurs utilisateurs. Elle implique la compréhension des problèmes propres au domaine par le cognitif, qui doit ensuite représenter ces informations à l'aide de modèles de raisonnement et les coder en tenant compte des contraintes imposées par l'environnement de programmation. Toutes les formes d'expertise ne peuvent être traitées de façon identique. Ainsi, l'adoption d'une technique d'extraction des connaissances repose sur un ensemble d'hypothèses concernant l'expertise, la nature des connaissances relatives au domaine et les modes de raisonnements de l'expert. Le modèle conceptuel construit par le cognitif doit à la fois traduire le raisonnement de l'expert, et pouvoir être exploité en vue de la reproduire ou de l'expliquer. La finalité de la tâche d'extraction des connaissances — extraire pour construire la base de connaissances, extraire pour expliquer les raisonnements produits par le système aux utilisateurs — va également induire des demandes différentes du cognitif auprès de l'expert.

2.1. L'expertise

L'analyse financier doit faire face à une quantité considérable d'informations de toutes sortes. Il est important de rappeler que si l'évolution des cours repose initialement sur des bases rationnelles, la taille et la complexité des marchés est telle qu'il est impossible d'avoir une vision globale et intelligible de l'ensemble, ce qui introduit une part subjective très importante dans les décisions prises par les opérateurs financiers. Ils doivent, en un minimum de temps, rassembler le maximum d'informations afin de se faire l'idée la plus exacte possible de l'état d'un marché à un moment donné. Ainsi, les savoir-faire constituent-ils l'essentiel de l'expertise du domaine. Les experts semblent ne pas toujours s'embarasser de règles pour justifier leur raisonnement et il n'existe pas toujours de justification scientifique de leurs savoir-faire. Il leur est par exemple arrivé d'avouer, utiliser la technique éprouvée du jeu de fléchettes pour se déterminer dans certaines situations. L'expertise dans ce domaine est particulièrement volatile dans la mesure où les facteurs d'appréciation sont en évolution rapide et permanente. Il est remarquable de noter la disparité des décisions (achat ou vente des mêmes titres) des gestionnaires de portefeuilles boursiers après une réunion collective pour analyser la situation du marché boursier. Ces savoir-faire sont indispensables pour gérer l'imprévu c'est-à-dire pour faire face aux événements aléatoires.

Les sources des données sont des statistiques brutes émises par les organismes officiels et le comportement d'un marché peut être prévu par l'analyse fondamentale. Cependant, les experts consultés pensent que cette analyse ne permet pas d'intégrer la complexité des facteurs influençant les cotations en bourse. L'expert va utiliser des données supplémentaires qui peuvent être objectives comme le volume, la valeur, l'évolution historique des transactions ou subjectives comme l'avis d'autres experts et émettre des prévisions qualitatives à partir des cours précédents et d'autres indicateurs.

Les informations liées au domaine de la bourse sont par nature imprécises, subjectives, incertaines et évoluent dans le temps. Les décisions prises par l'expert sont précises, portent sur des données numériques objectives et sont explicitées sous forme d'opinions entachées d'imprécision et/ou d'incertitude. Ce passage du quantitatif au qualitatif constitue l'une des particularités du domaine. Pour cet ensemble de raisons, le modèle de gestion des connaissances auquel nous nous sommes référés est un modèle de raisonnement approximatif (RA) proposé par Zadeh (Zadeh, 1979). Fondé sur la théorie des possibilités (Zadeh, 1977) et les sous-ensembles flous (Zadeh, 1965), le modèle (RA) constitue une approche quantitative du traitement de l'imprécis et de l'incertain et présente l'avantage d'autoriser la gestion de ces deux aspects dans un même cadre conceptuel. Il comporte deux techniques complémentaires : l'une autorise la représentation numérique d'informations incertaines et/ou imprécises, de contraintes souples, de classes aux frontières vagues, l'autre permet de les manipuler et de les combiner. En outre, l'utilisation d'une logique floue permet la représentation de concepts sémantiques imprécis qui jouent un rôle important dans le raisonnement de l'expert. Dans cette phase d'acquisition des connaissances auprès de l'expert, nous avons travaillé à l'encodage de données symboliques au moyen de représentations numériques.

2.2. Quelques mots sur le modèle (RA)

Nous supposons connu le concept de sous-ensembles flous ainsi que les rudiments de la théorie des possibilités et nous définissons brièvement la terminologie relative au domaine : une information est dite vague, si la valeur de certains paramètres n'y est que partiellement ou grossièrement spécifiée; l'incertitude d'une information tient au fait que l'on est pas en mesure, dans un contexte donné, d'établir définitivement sa véracité ou sa fausseté.

Dans les systèmes à la base de connaissances reposant sur le modèle (RA), une proposition élémentaire peut être représentée de façon formelle par X est $m(A)$, (par exemple, le taux de croissance est relativement bon), où X (taux de croissance) est une variable linguistique (Zadeh, 1979) définie sur un univers U , $m(A)$ (relativement bon) une caractérisation de X avec m un

modificateur linguistique (relativement) et A (représentant de bon) un sous-ensemble éventuellement flou de U .

A chaque variable linguistique (taux de croissance) est associé un ensemble fini de qualificatifs { mauvais, ..., bon }, dits termes primaires, fixés a priori par l'expert. Ces termes, exprimés en langage courant, contiennent généralement des nuances² et le passage d'un terme à l'autre s'effectue de manière graduelle. La signification des termes primaires dépend naturellement du contexte (un taux de croissance relativement bon en Grande-Bretagne ne l'est pas forcément en France), voire même de facteurs subjectifs propres à l'expert (la conduite de l'entreprise peut être jugée mauvaise en raison de critères objectifs et pondérée par une mauvaise impression en général). Ces termes primaires traduisent différents types d'implicites : l'implicite de sens commun qui est ici lié au contexte d'énonciation des connaissances, l'implicite subjectif relatif au jugement imprécis et/ou incertain porté par l'expert.

La caractérisation $m(A)$ est décrite par un couple (relativement bon) :

- l'étiquette (relativement bon) est constituée d'un terme primaire ou de la combinaison de celui-ci avec un modificateur;
- la valeur correspondant à l'étiquette $m(A)$ est représentée par une distribution de possibilités³ $D_{m(A)}$, application de U dans $[0,1]$.

Les éléments u de U telles $D_{m(A)}(u) = 1$ constituent le noyau de la distribution de possibilités. Le support de la distribution de possibilités correspond au sous-ensemble des valeurs u de U telles que $D_{m(A)}(u) > 0$.

Les distributions de possibilités trapézoïdales manipulées, sont entièrement déterminées par un quintuplet $(a, \alpha, b, \beta, \theta)$. Les paramètres sont tels que :

$$D_{m(A)}(u) = \theta, \quad \text{si } u \leq a - \alpha \text{ ou } u \geq b + \beta;$$

$$D_{m(A)}(U) = 1, \quad \text{si } a \leq u \leq b;$$

2. Lorsque les concepts font clairement référence à des échelles de valeurs ordonnées ou continues, les termes du langage courant pour les décrire renvoient parfois à des ensembles de nombres aux frontières mal définies.

3. L'information X est $m(A)$, où $m(A)$ est un sous-ensemble flou de fonction caractéristique $f_{m(A)}$ peut, selon Zadeh (1978), être représentée par la distribution de possibilité π_X définie par $\pi_X(u) = f_{m(A)}(u)$. Ainsi l'information, « le taux de croissance est relativement (bon) » peut être écrite :

$$\pi_{\text{taux-croissance (moment)}}(\{u\}/\text{relativement (bon)}) = f_{\text{relativement (bon)}}(u).$$

Cette relation traduit que le degré de possibilité pour que le taux de croissance du moment soit u est proportionnelle à la compatibilité de u avec relativement (bon), quand on sait que le taux de croissance est relativement (bon).

$$D_{m(A)}(u) = \psi_1(u), \quad \text{si } a - \alpha \leq u \leq a$$

et

$$D_{m(A)}(u) = \psi_2(u), \quad \text{si } b \leq u \leq b + \beta;$$

pour deux fonctions ψ_1 et ψ_2 respectivement non décroissante pour $u \leq a$ et non croissante pour $u \geq b$ avec $\psi_1(a) = \psi_2(b) = 1$ et $\psi_1(a - \alpha) = \psi_2(b + \beta) = 0$. Les intervalles $[a, b]$ et $[a - \alpha, b + \beta]$ correspondent respectivement au noyau et au support de la distribution, θ est la valeur numérique du degré de certitude qualifiant la proposition élémentaire; lorsque $\theta = 0$ l'information est certaine (cf. figure 1), et incertaine si $\theta > 0$ (cf. figure 2).

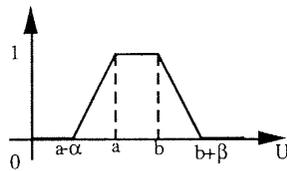


Figure 1

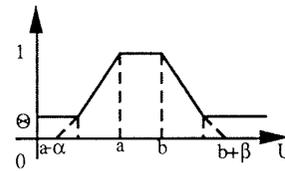


Figure 2

Le modèle (RA) permet de traiter certain type d'implicite. Ce traitement est obtenu par le biais des termes primaires, dans ce cas nous demandons à l'expert d'explicitier numériquement la signification de ces termes. Tandis que les énoncés graduels du type « plus X est A, plus Y est B » qui sont à un certain niveau d'explicitation ne nécessitent pas une explicitation plus précise des relations liant les concepts attachés au domaine.

2.3. Les besoins des utilisateurs

Les besoins des utilisateurs, leur niveau de compétence et leur statut institutionnel conditionnent naturellement la phase d'acquisition des connaissances. Ainsi par exemple, Duda⁴ présente Syntel (Duda *et al.*, 1987), langage fonctionnel pour l'évaluation des risques financiers, comme fabriqué à partir d'une expertise pour des utilisateurs moins experts et définit un ensemble de caractéristiques.

4. « We developed Syntel to capture such expert knowledge naturally, and to disseminate it effectively among less experienced but still professional users... the following common features characterize all financial risk assessment problems: a mixture of qualitative and quantitative reasoning... a natural fit to functional or dataflow languages... a combination of limited time and unlimited data... judgmental inputs... multi-attribute assessments... tabulated reference information... end-user requirements... corporate requirements... » Duda *et al.*, 1987.

Une autre forme d'implicite naît de la nécessité d'expliquer les résultats produits par le système aux utilisateurs. L'expert est ainsi contraint d'exprimer des connaissances qu'il ne faisait qu'utiliser jusqu'alors. Il s'agit d'une autre forme de communication qui dépend du niveau de compétence de l'utilisateur, mais aussi de son statut dans l'institution. Le cognicien se heurte à une incommunicabilité de certains savoir-faire qui ont été forgés au cours d'années d'expériences ou assimilés par imprégnation (Delbos *et al.*, 1984). Ce qui allait naturellement sans dire, doit passer par le discours et cesse par cette confrontation d'être naturel (Darré, 1985).

Dans le cas de ce projet, le système doit constituer une aide au gestionnaire de portefeuilles. Les besoins des utilisateurs peuvent se résumer par : disposer en temps réel de l'ensemble des informations permettant de suivre l'évolution des marchés et d'outils permettant d'évaluer en permanence leurs positions et d'apprécier leurs risques; disposer d'outils de simulation permettant d'évaluer avec précision les conséquences futures de leurs décisions; pouvoir être déchargé des tâches d'optimisation de stratégies; disposer d'outils intelligents d'aide à la décision leur permettant de reconfigurer un portefeuille qui ne correspond plus aux objectifs fixés; disposer d'outils intelligents d'aide à la décision leur permettant de composer un nouveau portefeuille. Pour répondre à ces besoins, le système doit satisfaire un certain nombre de contraintes de fiabilité, de performances ergonomiques, et d'évolutivité.

2.4. La technique d'extraction employée

L'expertise acquise essentiellement anglaise, devait être traduite, puis adaptée à la bourse française et complétée par une analyse technique. La technique d'extraction employée consiste en des interviews et repose essentiellement sur quatre personnes : deux experts (l'un anglais, l'autre français) et deux cogniciens (l'un anglais, l'autre français). Il s'agit donc d'une méthode typiquement empirique, fondée sur des dialogues guidés par le cognicien. Le rôle de l'exemple pour transmettre non seulement un savoir, mais aussi un savoir-faire est irremplaçable; à chacune des nouvelles notions introduites l'expert faisait correspondre plusieurs exemples et parfois plusieurs contre-exemples. La présence d'un expert du domaine coopératif et disponible et l'appropriation du projet par l'expert sont vitales pour réussir le produit final. Néanmoins, les bases de connaissances ainsi élaborées présentent souvent des insuffisances. Comme le remarque Aussenac *et al.* (1988) une des raisons essentielles semble être que l'analyse de la verbalisation effectuée en dehors du contexte de l'activité de l'expert, ne produit pas de connaissances aussi

opérationnelles que celles qu'il utilise en situation. Avertie de ces inconvénients l'entreprise, contrainte par des impératifs de production, a néanmoins pris ce risque.

Les premières entrevues se sont déroulées en Angleterre, l'interrogation de l'expert anglais a été réalisé par le cogniticien, de même nationalité, parfaitement bilingue, familier des modes de fonctionnement de la bourse de ce pays. Le fait d'avoir décidé de l'utilisation du raisonnement approximatif a institué une conduite d'investigation du cogniticien face à l'expert. En effet adapté au traitement des connaissances imprécises et incertaines, son emploi nécessite la construction de fonction d'appartenance pour représenter les informations du domaine concerné. L'objectif du cogniticien est d'obtenir une représentation du degré d'appartenance d'un élément à une catégorie, et/ou du degré de croyance en une information dans un contexte donné.

Considérons, par exemple, un extrait de dialogue avec l'expert rapporté comme suit par le cogniticien : quatre indicateurs de base, le taux d'inflation, la balance des paiements, le taux de chômage et le taux de croissance économique sont à examiner pour l'évaluation de la santé économique d'un pays. Une pondération de ces indicateurs permet de traduire leur importance relativement à la situation économique et politique du pays... La connaissance d'un indicateur requiert trois paramètres : sa valeur actuelle, sa tendance et la pente de cette dernière... Une évaluation de la santé économique du pays serait alors obtenue à partir de ces différents éléments...

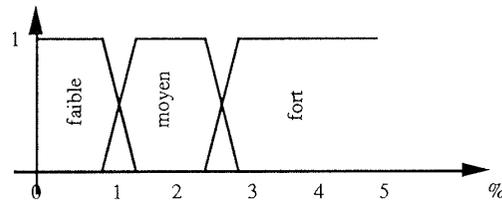
Dans le cas où les indicateurs sont évalués comme suit :

- la balance des paiements est stable
- le taux de chômage s'améliore
- le taux d'inflation s'améliore
- le taux de croissance s'améliore
- le taux de change est à la baisse
- le taux d'intérêt est à la baisse

la perspective pour le pays est jugée **bonne**.

Cependant, si les taux de change et le taux d'intérêt augmentent la perspective devient moyennement bonne.

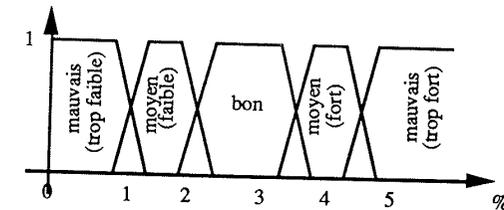
La représentation proposée pour le taux d'inflation et réflexions autour de cette notion :



Pour l'expert les perspectives économiques ne s'améliorent pas lorsque la valeur du taux d'inflation augmente. En outre, l'influence de cette augmentation sur les perspectives économiques est toujours défavorable.

Plus précisément, cela suppose l'existence d'une relation monotone liant le taux d'inflation et les perspectives économiques. La relation est suggérée dans l'énoncé que donne l'expert, elle y reste implicite. L'énoncé « plus le taux d'inflation est élevé moins les perspectives économiques sont bonnes » qu'il est possible de gérer dans le modèle (RA) permet de traduire cet implicite sans pour autant expliciter les relations mathématiques sous-jacentes.

Examinons la représentation du taux de croissance proposée à l'expert et l'interprétation qu'il en fait :



... une notion fondamentale pour l'analyse des indicateurs est la recherche d'un taux en équilibre plutôt que d'un taux élevé. Dans le cas du taux de croissance, l'analyste financier souhaite une valeur centrée autant que possible autour de 3%. Plus le taux de croissance est proche de cette valeur, plus il sera considéré comme idéal et plus les perspectives économiques seront bonnes.

Par exemple, pour un taux de croissance de 5% la tendance devrait être à la baisse mais pas trop fortement. Une baisse de 5 à 4% varie dans le bon sens car l'idéal est un taux à 3%. Si ce taux chute à 2% la variation est la même mais la perspective économique du pays est à la récession... Cette représentation permet de traduire l'idée suivante : un taux de croissance aura une influence défavorable sur les prévisions économiques d'un pays s'il est trop faible (récession), mais aussi s'il devient trop fort (pression sur le taux de change)...

Après ces premières séances, nous avons constaté la difficulté pour l'expert à décrire les informations dans le formalisme du raisonnement approximatif qui a largement influencé la technique d'acquisition des connaissances. L'expert n'énonçait pas les obstacles qu'il devait surmonter pour se plier à la consigne de représentation mais l'analyse des fonctions d'appartenance faisait

apparaître des incohérences. Nous avons eu l'impression de dénaturer ces connaissances qui habituellement ne sont pas exprimées sous forme numérique. En outre, au cours des interviews, des difficultés survenaient dès que les questions tendaient à viser l'extraction de règles générales. Ce fait semble commun à de nombreux projets, ainsi que le remarque Shaw ⁵ (Shaw *et al.*, 1990).

Puis il s'est agi d'adapter cette expertise au modèle économique français. L'expert français a alors été contraint de travailler à partir des connaissances extraites auprès du spécialiste anglais. L'aspect incongru de cette démarche est due à la distribution des rôles entre les partenaires intervenant dans le projet. Ainsi par exemple, l'analyste français a du travailler à partir d'un codage numérique réalisé par l'expert anglais et tenter de mettre en correspondance les connaissances ainsi représentées. Il s'est heurté au problème de la variation du sens des indicateurs boursiers. Toutefois, le modèle (RA) semble être un atout car, à condition d'être en accord sur la signification des termes primaires, il permet d'adapter facilement un certain nombre de paramètres. L'aspect fastidieux de cette adaptation de l'expertise de son homologue l'a naturellement amené à penser qu'il eut été plus simple de partir de sa propre expertise. Néanmoins, le contexte du projet ne le permettait pas, puisque les partenaires déclarés comme détenant l'expertise financière étaient anglais. L'intérêt de l'analyste français pour le projet a alors considérablement diminué.

L'expert anglais, en dehors des problèmes classiques à l'acquisition des connaissances et ici au formalisme adopté n'a pas éprouvé de difficultés particulières. Il est toujours intervenu comme un spécialiste compétent du domaine. Il nous semble cependant indispensable de souligner qu'il est nécessaire de s'adapter à l'expertise et non vouloir à tout prix la faire entrer dans le moule d'un formalisme. Ce point apparaît comme évident, néanmoins son non respect dans le cadre de cette expérience semble être à l'origine d'une partie des ennuis rencontrés. Pour le second expert, la situation était toute autre. En effet il a été amené à jouer le rôle d'un cognoscien et a perdu la reconnaissance de sa propre compétence dans le domaine. La solution adoptée qui a consisté en l'adaptation de l'expertise du premier expert aux paramètres économiques utilisés par le second reste cependant une question ouverte. Peut-être aurait-il mieux valu faire coopérer les expertises, mais il aurait alors fallu disposer de compétences d'un nouveau partenaire dans le projet.

5. «...an important part of the decision support system contains decision rules used by experienced loan officers, but it is not easy to acquire knowledge from loan officers in the form of rules. »

3. Quelques propositions d'amélioration

L'enjeu de ce projet était de taille puisqu'il s'agissait de convaincre un certain nombre d'institutions financières de la nécessité de développer un système à base de connaissances utilisant des techniques non classiques dans un milieu où la position face à la technologie de l'intelligence artificielle est en général attentiste (Avignon, 1988). Ce scepticisme ⁶ peut en partie s'expliquer par des déceptions causées par les annonces tapageuses, le plus souvent dénuées de sérieux, de certains distributeurs, mais aussi par de nombreux échecs principalement dans les systèmes d'aide au placement destinés au particulier. Les raisons sont dues à deux erreurs stratégiques fréquentes : une expertise trop simple, une mauvaise adaptation commerciale au client. La part des applications concernant la gestion de portefeuilles était de 7,6 % en 1990, et dans ce domaine le rôle de l'intelligence artificielle est délicat à mesurer.

Une évolution semble néanmoins se dessiner en raison des progrès réalisés dans le domaine des communications des informations concernant les titres. Les interfaces sophistiquées utilisées par les agents de change permettent de visualiser au moyen de graphiques l'évolution des informations en temps réel, mais l'abondance d'informations sur les écrans rend leur travail extrêmement complexe. Pour cette raison, ainsi que le constate Leinweber ⁷, les applications financières nécessitent des outils et des techniques spécialisées. Si, l'utilisateur ne peut avoir les yeux sur plus de deux ou trois écrans à la fois un système à base de connaissances peut, a priori, surveiller un nombre très important de données et déceler parmi leurs évolutions, des situations propres à être signalées à l'utilisateur. Dans les salles de marché, l'effort se fait sur la mise à la disposition des opérateurs d'informations lisibles en remplaçant la vidéo par des stations de travail, sur les algorithmes de transaction et de surveillance de risque à base de seuil et sur l'intégration de modèles stochastiques ou de reconnaissance de forme afin de faire des prévisions. Mais la profession reste discrète sur les diverses martingales utilisées.

L'expérience relatée souffre de beaucoup d'insuffisances, mais il ne semble pas que les lacunes relevées soient entièrement à l'origine des difficultés rencontrées. En effet, lors de l'étude de systèmes existants, il apparaît que le

6. Technologies. Spécial Banque. *Le monde informatique*, 5 mars 1990, pp. 43-44.

7. « Financial applications require specialized tools and techniques. »

recueil des connaissances constitue un réel handicap ainsi que le rapporte Ram ⁸ (Ram *et al.*, 1990).

Ce bilan suggère la nécessité de poursuivre ce travail en vue de l'obtention d'une méthodologie d'extraction plus performante. Une première amélioration proposée est la diversification des techniques d'acquisition et l'usage de méthodes d'acquisition tel que le modèle coopératif KADS ou la méthode YAKEM qui présentent en outre une prise en compte du modèle du futur utilisateur. Toutefois d'autres solutions sont envisageables comme l'utilisation de systèmes d'aide à la décision de groupe GDSS (Ram *et al.*, 1990) qui constituent des outils d'aide à l'acquisition à partir de plusieurs experts, l'apprentissage inductif, la décomposition du processus d'acquisition en deux phases, la conception de logiciel dédiés à l'acquisition de connaissances de nature spécifiques.

Les GDSS présentent plusieurs avantages : la documentation automatique de l'expertise afin d'éviter les erreurs associées à la transcription (informations oubliées, biais ou erreurs dans l'interprétation) des interviews d'experts. En outre, un GDSS permet aux experts de travailler simultanément et d'accéder aux commentaires de chacun d'entre eux tout en préservant leur anonymat. Cet anonymat constitue un avantage majeur lorsque une résolution de conflit ou un vote sont nécessaires, il prémunit aussi contre une personnalité dominante qui peut imposer ses idées. Enfin, toutes personnes à accès à la connaissance fournie par les autres ce qui facilite en principe les résolutions de conflits dans la mesure où la discussion est possible au début de la phase d'acquisition des connaissances. Plus généralement, l'apport de l'intelligence artificielle distribuée en vue l'élaboration de modèle de coopération entre les experts et les futurs utilisateurs peut, de ce point de vue, s'avérer décisif (Brygoo *et al.*, 1990).

L'apprentissage inductif permet de dériver directement des règles à partir d'exemples de décision antérieures (Shaw *et al.*, 1990). Il est en effet difficile pour les experts du domaine d'articuler des ensembles de règles. Cependant, il leur est généralement plus commode de fournir des descriptions et des exemples de référence (Gray, 1990).

Dans le cas d'une décomposition du processus d'acquisition, il se déroule en deux phases, l'une d'extraction des connaissances auprès de l'expert, puis après les avoir exprimées au moyen de règles, une phase d'optimisation qui

8. « Extracting knowledge from the expert proved to be more complicated than we have anticipated. Each expert had a different approach to making decisions. Resolving conflict among experts was a laborious process requiring multiple iterations. »

consiste à améliorer ces règles. Deux tendances se dégagent pour mener à bien cette optimisation l'une consiste à classer les règles en deux catégories, les règles généralisées et les règles spécialisées, au moyen d'une méthode heuristique (Ginsberg *et al.*, 1988), l'autre consiste à régler les coefficients de vraisemblance pour améliorer les performances du système (Caruana, 1987).

Le recours à un logiciel qui permette plus particulièrement l'acquisition des connaissances imprécises et incertaines dans le formalisme du raisonnement approximatif comprenant l'utilisation d'énoncés graduels (Bouchon *et al.*, 1990) pour tenter de mettre à jour les relations liant les différents concepts du domaine étudié et ne pas les dénaturer en les explicitant complètement; l'utilisation du logiciel GRIF autorisant la variation d'énoncés obtenus par les méthodes précédemment évoquées (Després, 1989).

4. Conclusion

Cette expérience d'extraction de connaissances auprès d'experts en gestion de portefeuilles illustre de façon pertinente la part prise par l'implicite dans les situations de communication et les différentes formes qu'il revêt selon qu'il s'agit d'exprimer des savoir, des savoir-faire et de les faire-savoir. La question, lors de l'élaboration de la base de connaissances, est alors de savoir ce qui doit être explicité, ce qui ne peut l'être, et ce qui ne doit pas l'être.

Dans l'expérience que nous décrivons les savoir-faire constituent l'essentiel de l'expertise du domaine. Le savoir-faire de l'agent de change met en jeu des connaissances hautement subjectives qu'il ne sait pas toujours exprimer et la volonté de faire-savoir est ici freinée en raison de la spécificité de l'environnement boursier.

Les informations imprécises et incertaines, qui permettent l'expression d'une partie de ces savoir-faire, constituent une forme d'implicite dans la communication et traduisent différents types d'implicites : l'implicite de sens commun qui est lié au contexte d'énonciation des connaissances, l'implicite subjectif relatif au jugement imprécis et/ou incertain porté par l'expert. Le modèle (RA) constitue un outil souple d'expression de ces différents types d'implicites. Il oblige à expliciter numériquement le sens de certains faits, et règles mais permet aussi la non explicitation de certaines règles en autorisant un degré de granularité des connaissances élevé comme dans le cas des énoncés graduels précédemment évoqués.

Une autre forme d'implicite naît de la nécessité d'expliquer les résultats produits par le système aux utilisateurs. L'expert est ainsi contraint d'exprimer des connaissances qu'il ne faisait qu'utiliser jusqu'alors. Il s'agit d'une autre forme de communication qui dépend du niveau de compétence de l'utilisateur,

mais aussi de son statut dans l'institution. Une interface permettant une communication intelligente entre l'homme et la machine devrait permettre de gérer plus facilement cette forme d'implicite.

Références

- N. AUSSÉNAC, B. MICHEZ, MACAO : Application d'un modèle psychologique à la réalisation d'un outil d'aide à l'acquisition de connaissances. *Actes du Colloque du CREIS*, Saint-Étienne, mai 1988.
- AVIGNON, Table Ronde : *Les systèmes Experts en Milieu Financier*, p. 704-726, 1988.
- D. C. BERRY, The problem of implicit knowledge. *Expert Systems*, 4, n° 3, August 1987.
- R. BLANCHÉ, *La logique et son histoire d'Aristote à Russel*. Armand Colin, collection U, Paris, 366 p, 1970.
- B. BOUCHON, S. DESPRÉS, Acquisition numérique/symbolique de connaissances graduées, *Actes des 3^e journées nationales du PRC-GDR Intelligence Artificielle*, Hermès, 1990.
- A. BRYGOO, S. DESPRÉS, S. PETOLLA, Quels utilisateurs pour quel système à base de connaissances, *Rapport de recherche EHEI*, Université René-Descartes, n° 92-1, soumis à *Ergo-IA*, 1992.
- R. A. CARUANA, The Automatic Training of Rule Bases that Use Numerical Uncertainty Representations. Third Workshop on *Uncertainty in Artificial Intelligence*, Seattle, Washington, 10-12 July 1987, AAAI, Martin Marietta, Advanced Decision Systems, p. 198-204.
- J. P. DARRÉ, *La parole et la technique. L'univers de pensée des éleveurs du Ternois*. Collection *Alternatives Paysannes*. Éditions L'Harmattan, 196 p., 1985.
- G. DELBOS, P. JORION, *La transmission des savoirs*. Collection : *Éthnologie de la France*. Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme Paris, 310 p. 1984.
- S. DESPRÉS, GRIF : A guide for representing fuzzy inferences, in : Proc. 3rd IFSA Congress, *The coming age of fuzzy logic*, p. 353-356, Seattle, Washington, august 1989.
- R. O. DUDA, P. E. HART, R. REBOH, J. REITER, T. RISCH, Syntel Using a Functional Language for Financial Risk Assessment, *IEEE EXPERT*, p. 18-31, Fall 1987.
- J. GAMMACK, R. YOUNG, Psychocological Techniques for Eliciting Expert Knowledge, in M. Bramer (ed.) *Research and Development in Expert Systems*, Cambridge University Press, 1985.
- A. GINSBERG, S. M. WEISS, P. POLITAKIS, Automatic Base Refinement for Classification Systems, *Artificial Intelligence*, 35, p. 197-226, 1988.
- N. A. B. GRAY, Capturing knowledge trough Top-Down Induction of Decision Trees, *IEEE EXPERT*, p. 41-50, June 1990.

- F. HAYES-ROTH, F. HAYES-ROTH, D. A. WATERMAN, D. B. LENAT (eds.), *Building Expert Systems*, Addison Wesley Pub. Co., Reading, MA., 1983.
- S. HEUER, U. KOCH, C. W. CRYER, INVEST : An expert System for Financial Investments, *IEEE EXPERT*, p. 18-31, Summer 1988.
- D. LEINWEBER, Knowledge-Based Systems for Financial Applications, *IEEE EXPERT*, p. 18-31, Fall 1988.
- J. LEPLAT, *Quelques voies pour l'analyse de l'activité experte*, Exposé séminaire Axe 1, PIRTEM Toulouse, octobre 1987.
- P. LÉVINE, J. C. POMEROL, Knowledge Representation by Schemata in Financial Expert Systems, *Theory and Decision*, 26, 1989.
- S. RAM, S. RAM, Screening Financial Innovations, *IEEE EXPERT*, p. 20-27, August 1990.
- M. J. SHAW, J. A. GENTRY, Inductive Learning for Risk Classification, *IEEE EXPERT*, p. 47-52, February 1990.
- L. A. ZADEH, Fuzzy sets, *Information Control*, 8, p. 338-353, 1965.
- L. A. ZADEH, Fuzzy Logic and Approximate Reasoning, *Synthèse*, 30, p. 407-428, 1975.
- L. A. ZADEH, The concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I, *Information Sciences*, 8, p. 199-249, 1975.
- L. A. ZADEH, Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility, *Fuzzy Sets and Systems*, 1, p. 3-28, 1977.
- L. A. ZADEH, A Theory of Approximate Reasoning, in: *Machine Intelligence*, 9, J. E. Hayes, D. Michie, L. I. Mikulich eds., Elsevier, p. 199-249, 1979.