

Pierre LÉVY

**LES SYSTÈMES À BASE DE CONNAISSANCES
COMME MÉDIAS DE TRANSMISSION DE
L'EXPERTISE**

Une étude d'écologie cognitive

Introduction

L'objectif de cet article est d'analyser pourquoi les systèmes experts peuvent être de bons médias de transmission de certains savoir-faire au sein des organisations. Nous laisserons donc de côté les problèmes du recueil et de la formalisation de l'expertise (ingénierie des connaissances) ainsi que ceux de l'automatisation du raisonnement ou de la représentation des connaissances (intelligence artificielle proprement dite) pour nous concentrer sur ceux de la communication et de l'utilisation de l'expertise encapsulée dans les systèmes "à base de connaissances".

Qu'elles s'exercent dans le domaine des relations interpersonnelles, de la vie sociale ou de l'exercice d'une profession, une part importante de nos compétences cognitives possède un caractère procédural et implicite. Il n'est certes pas question de quantifier précisément, parmi l'ensemble des systèmes cognitifs humains, la proportion des connaissances déclaratives explicites par rapport à celle des savoir-faire procéduraux plus ou moins "automatisés". On peut toutefois faire à ce sujet trois remarques.

Premièrement, on sait que la capacité de résoudre des problèmes (au sens large que la psychologie cognitive a donné à cette expression) croît avec l'expérience pratique des sujets. L'acquisition d'une véritable expertise dans un domaine s'identifie alors avec l'automatisation partielle de la compétence cognitive et le renforcement de son caractère procédural et inconscient¹. Deuxièmement, si l'on met de côté la théorisation et l'enseignement dans les disciplines scientifiques, il est très rare que l'explicitation minutieuse des faits et des étapes de raisonnement ainsi que la délimitation précise du domaine de validité des maximes de conduite soit de règle dans la résolution de problèmes. On peut même affirmer qu'une telle attitude serait, la plupart du temps, contre-productive². L'une des principales raisons de cet état de fait réside précisément dans le caractère procédural et largement inconscient de l'expertise. Troisièmement, on ne peut écarter l'hypothèse que les chercheurs aient tendance à minimiser l'importance des connaissances procédurales fondées sur l'expérience parce qu'elles sont inconscientes (et donc inobservables directement), mais aussi parce que leur culture (notamment l'institution scolaire) et leur profession ont tendance à valoriser les connaissances déclaratives explicites.

Les savoirs procéduraux implicites sont souvent mobilisés pour l'action immédiate, notamment sous la pression de l'urgence, fréquente dans les situations de travail. L'expertise dont il sera question ici possède les deux propriétés que nous venons d'évoquer : elle est largement implicite et procédurale ; son exercice suppose l'application rapide et adéquate des connaissances aux situations nouvelles³.

On peut distinguer rapidement deux grands cas de transmission de l'expertise. Premièrement, l'expert peut communiquer son savoir-faire à un apprenti, lequel est censé devenir lui-même un expert au bout d'un certain

¹ ANDERSON, J.R. (1983) ; FITTS, P.N. & POSNER, M. I. (1967) ; DREYFUS, H.L. & DREYFUS, S.E. (1985).

² GARFINKEL, H. (1967).

³ PRINCE, V. (1989).

temps. Un long apprentissage par l'exemple et la pratique sous la direction d'un professionnel chevronné sont alors nécessaires. Deuxièmement, l'expert peut faire bénéficier ponctuellement de ses avis éclairés un non spécialiste qui en a besoin pour une action ou une décision immédiate. Dans les deux cas, nous y reviendrons plus en détail dans la suite de cet article, la transmission du savoir-faire s'accomplit essentiellement sur le mode oral.

Du point de vue d'une gestion optimale de la connaissance dans les organisations, cette transmission orale présente deux caractères indésirables : elle est lente dans le cas de la transmission à un apprenti ; elle nécessite la présence physique ou du moins la disponibilité immédiate de l'expert dans le cas de l'avis donné à un non spécialiste. En nous appuyant sur des exemples, nous montrerons qu'une communication écrite de l'expertise, qui pourrait à première vue remédier aux inconvénients de la communication orale, est à la fois malaisée et inefficace. En fait, l'inadéquation ne tient pas tant à l'écriture en elle-même qu'à son support statique habituel, le papier. On a trop tendance à confondre le principe même de l'écriture avec le complexe de supports et d'interfaces qui lui a longtemps été associé dans notre culture : alphabet phonétique, fixité du support, modes de présentation liées à l'imprimerie comme les pages numérotées, les tables des matières, etc.⁴ L'informatique transforme profondément les caractères et les pouvoirs de l'écriture en lui attribuant une puissance performative (un programme informatique est une forme de texte) et une capacité d'interaction inédites⁵. C'est grâce à ses qualités dynamiques et interactives que le logiciel à base de connaissances permet dans certains cas d'assurer une mobilisation des savoir-faire supérieure à celles que permettrait une transmission orale ou imprimée.

Dans notre perspective, le système expert est moins un substitut ou un double mécanique de l'expert qu'un médium original de communication

⁴ LÉVY, P. (1990a) .

⁵ À ce sujet, voir : LÉVY, P. (1990b, 1990c. 1991).

des savoir-faire. Notre problématique ne relève donc pas de l'intelligence artificielle au sens littéral de ce terme mais de l'écologie cognitive. La question à laquelle tente de répondre cet article pourrait être reformulée ainsi : comment la technologie intellectuelle qu'est le système expert réussit-elle, lorsqu'elle est convenablement utilisée, à transformer positivement l'écologie cognitive de certaines organisations ?

Après avoir présenté la problématique de l'écologie cognitive, nous exposerons un cas d'implantation de système expert dans un service de protection de la jeunesse et un autre cas dans une banque. Sur chacun de ces deux exemples nous analyserons comment le système expert transforme le régime de transmission de certains savoir-faire. Nous proposerons pour finir une hypothèse pour expliquer l'efficacité des systèmes experts comme médium de transmission des savoir-faire, hypothèse qui fera notamment intervenir une interaction dialectique entre connaissances déclaratives et connaissances procédurales.

I. L'écologie cognitive

Écologie cognitive, qu'est-ce à dire ? Le terme suggère que la cognition n'est pas un phénomène purement individuel : nous ne pensons qu'en société ; mieux, des entités collectives exercent des fonctions cognitives. Une entreprise ou une organisation perçoit le milieu où elle intervient, garde mémoire des événements qui la concernent, apprend de ses expériences passées, prévoit dans la mesure du possible les circonstances et les modalités de son action future, coordonne et mobilise un certain nombre de savoir-faire et utilise de manière pertinente les connaissances dont elle dispose. Pour chacune de ces fonctions cognitives, l'ensemble de techniques regroupées sous le nom d'intelligence artificielle commence à jouer un rôle non négligeable. Dira-t-on qu'on ne peut parler de la mémoire ou des connaissances d'un collectif que de manière métaphorique ? Pourtant, le vocabulaire de la cognition s'applique aujourd'hui aux

machines, qui ne sont ni conscientes, ni vivantes. Dès lors qu'on se concentre sur les fonctions, il me semble légitime de parler des activités cognitives d'un groupe.

Comme le soulignent Anne-Marie Alquier et Violaine Prince⁶ certaines théories constructivistes (et nous pourrions ajouter : connexionnistes) de la cognition⁷, en considérant les systèmes cognitifs comme des ensembles d'éléments en interaction auto-organisatrice, offrent un cadre conceptuel propice à l'étude de collectivités sociales sous l'angle de leur "intelligence". Si l'on adopte ce type de modélisation, on peut définir les êtres humains comme les unités de base du système cognitif constitué par une organisation, des unités productrices et réceptrices de messages. Dès lors, les techniques de communication et de traitement des informations auront un impact décisif sur la "connectivité" ou l'architecture du réseau, et par contrecoup sur la définition même du système cognitif que constitue l'organisation.

Avec l'accent placé sur la dimension collective de la cognition, l'autre idée forte de l'écologie cognitive concerne l'importance qu'il faut accorder aux *techniques de transmission et de traitement de l'information* dans la constitution des systèmes cognitifs collectifs. Filons quelque temps une métaphore, que nous empruntons à Dan Sperber⁸. Imaginons que les

⁶ ALQUIER A.-M. & PRINCE V. (1990). Nous n'adhérons cependant pas à la métaphore linguistique de ces auteurs (l'activité cognitive de l'organisation décrite en terme de "langage"). Il nous semble en particulier que la grammaire, la sémantique et la pragmatique sont des *dimensions d'analyse* des phénomènes linguistiques et non des entités quasi-substantielles comme semblent le suggérer leurs schémas.

⁷ FØRSTER von, H. (1981) ; MATURANA, H. & VARELA, F. (1980). Pour un historique des théories constructivistes et connexionnistes de la cognition voir, LÉVY, P. (1985a) et (1985b). Les connexionnistes récents (voir RUMELHART, D.E. & McCLELLAND, J.L., 1986, et MEMMI, D. & VISETTI, Y.M., 1990) soulignent le caractère abstrait de leurs modèles, mais sans mentionner de possibles interprétations sociales du connexionnisme. En revanche, von Føerster et Maturana font explicitement référence à cette interprétation sociale.

⁸ SPERBER, D. (1987) "Anthropology and psychology : Towards an Epidemiology of Representations", *Man*, (N.S.) , 20, 73-89.

images, les énoncés, les idées (qu'on regroupera sous le terme générique de représentations) soient des virus. Ces virus particuliers habiteraient la pensée des gens et se propageraient d'un esprit à l'autre par tous les moyens de communication. Par exemple, si je pense que "la lutte des classes est le moteur de l'histoire", je dois transformer cette idée en sons ou en signes écrits pour vous inoculer le virus marxiste. Pour prendre un exemple moins austère, l'image de Marilyn Monroe a naguère donné lieu à une épidémie foudroyante, grâce au cinéma, à la télévision, à la photographie, mais aussi, avouons-le, à cause d'une singulière absence de défenses immunitaires des esprits masculins par rapport à ce virus particulier.

En prenant cette métaphore au sérieux on reconnaîtra, avec Dan Sperber, que les phénomènes culturels relèvent pour une part d'une *épidémiologie des représentations*. Une culture pourrait alors s'identifier à une certaine distribution de représentations dans une population donnée. Dans le cas de la transmission de l'expertise, nous allons restreindre le cadre d'analyse à la culture d'une entreprise ou d'une organisation.

Le milieu écologique où se propagent les représentations se compose de deux grands ensembles d'éléments : les esprits humains et les réseaux techniques d'enregistrement, de transformation et de transmission des représentations. L'apparition de technologies intellectuelles liées à l'écriture ou à l'informatique transforme le milieu où se propagent les représentations. Il modifie donc leur distribution.

Certaines représentations sont conservées qui ne pouvaient l'être auparavant, elles connaissent alors une plus grande *diffusion*. Par exemple, de grandes quantités de listes ou de tables numériques (des tables astronomiques élaborées par Kepler et Tycho Brahé aux cours quotidiens de la Bourse) ne peuvent être maintenues sans erreurs et largement propagées que dans une culture qui dispose au moins de l'imprimerie. L'expertise, dont nous allons voir qu'elle se prête mal à l'inscription sur un support statique, peut être enregistrée et diffusée grâce aux systèmes

experts, dans certaines circonstances favorables, à une échelle que l'imprimerie ou l'oralité seule n'auraient pas permis.

De nouveaux *traitements* d'information sont possibles et donc de nouveaux types de représentation apparaissent. Par exemple, l'écriture a permis les comparaisons systématiques de données à l'aide de tableaux⁹. Les simulations numériques de phénomènes naturels supposent à l'évidence les ordinateurs¹⁰.

Si les conditions de la sélection naturelle changent, il y a tout lieu de penser qu'on assistera à une modification des équilibres entre les espèces, à la disparition de quelques unes et à l'émergence de quelques autres. Il en sera de même si les conditions de la "sélection culturelle" se transforment par l'introduction de nouvelles technologies intellectuelles dans les écologies cognitives. En ce qui concerne les mutations culturelles induites par l'écriture et l'imprimerie, on peut évoquer les travaux menés par des ethnologues comme Jack Goody¹¹ ou des historiens comme Elisabeth Eisenstein¹².

⁹ Voir notamment GOODY, J. (1977). Précisons que le principe général de l'écriture, qui renvoie à toutes sortes de signes graphiques, d'idéogrammes, de notations mathématiques ou logiques diverses, doit être distingué du *cas particulier* de l'écriture phonétique et en particulier de l'alphabet. Pour une typologie des écritures dans la perspective d'une écologie cognitive, voir LÉVY, P. (1991).

¹⁰ On pourrait nous rétorquer que l'on prédisait les éclipses bien avant l'informatique. Mais la réalité contemporaine de la modélisation et de la simulation numérique va bien au-delà du simple calcul prédictif. Nous y voyons plutôt une sorte d'industrialisation de l'expérience de pensée, la possibilité de formaliser rapidement un grand nombre de modèles concurrents et de les explorer par l'intermédiaire d'interfaces graphiques et interactives. La généralisation de cette pratique dans de nombreuses disciplines scientifiques, mais également dans certains secteurs de l'industrie et de l'administration (par l'intermédiaires des tableurs, des systèmes d'aide à la décision, de la CAO, etc.) est évidemment indissociable du support informatique et pose d'ailleurs plusieurs problèmes d'épistémologie historique quand à la nature de la "connaissance par simulation". Voir à ce sujet LÉVY, P. (1990a).

¹¹ GOODY, J. (1977) ; GOODY, J. (1986).

¹² EISENSTEIN, E. (1983).

Goody a montré, par exemple, qu'il ne pourrait y avoir de religion éthique universaliste sans écriture, car seule cette dernière permet d'isoler des dogmes et des principes moraux de tout contexte social. Les "religions du Livre" sont évidemment fondées sur l'écriture.

Eisenstein a mis en évidence les liens très étroits qui unissent la naissance de la science moderne aux seizième et dix-septième siècles et l'usage massif de l'imprimerie. Grâce à l'invention de Gutenberg, une masse d'informations précises et chiffrées sont devenues disponibles, les systèmes de mesure et de représentation ont été uniformisés, les gravures ont pu transmettre des images détaillées de la terre, du ciel, des plantes, du corps humain, etc.

Avec les religions universalistes et la science moderne, nous n'avons plus affaire à des représentations prises une à une, mais à de véritables formes culturelles dont l'apparition et le maintien dépendent de technologies intellectuelles. Il est sans doute beaucoup trop tôt pour que l'on puisse décrire les nouvelles formes culturelles associées à l'informatisation. En revanche, il est déjà possible d'analyser certaines redistributions de représentations dans des groupes restreints. C'est précisément ce que nous tentons de faire ici.

L'épidémiologie des représentations proposée par Dan Sperber est particulièrement stimulante parce qu'elle construit un pont causal entre la psychologie et la sociologie d'une part, entre la sphère des représentations et le domaine technique d'autre part. Pour expliquer la propagation ou le maintien de telle image ou proposition dans une collectivité, les particularités de la mémoire à long terme des êtres humains interviendront au même titre que les propriétés d'un système de notation ou la configuration d'un réseau d'ordinateurs. Les représentations circulent et se transforment dans un champ unifié, franchissant les frontières entre objets

et sujets, entre l'intériorité des individus et le grand jour de la communication¹³.

Ce cadre théorique pourrait cependant se révéler trop étroit. Pour ne citer qu'une de ses faiblesses, en s'intéressant exclusivement aux entités substantielles, discrètes et stables que sont les représentations, l'écologie cognitive risque de négliger tout ce qui relève des manières de penser, de communiquer, d'agir. Telle qu'elle est présentée par Sperber, l'épidémiologie des représentations ne rend compte que des connaissances déclaratives. Or l'écologie cognitive devrait aussi intégrer à ses analyses les connaissances procédurales qui contribuent largement à la constitution des cultures. Nous verrons en particulier que toute l'efficacité des systèmes à base de connaissance dans la transmission de l'expertise tient à une série de traductions du procédural au déclaratif et du déclaratif au procédural.

Comment le système expert rend-il disponible la connaissance experte ? Pour répondre à cette question, et à quelques autres, nous avons adopté une méthode de style monographique. Nous présentons ici quelques résultats d'une enquête approfondie sur deux cas de développement et d'utilisation de systèmes experts. Dans le premier, celui qui concerne le processus d'évaluation dans un service de protection de la jeunesse des services sociaux du Québec, nous étions le principal ingénieur de la connaissance¹⁴. Pour le second, qui porte sur un système d'aide à la prévision du cours du dollar dans une banque, nous avons disposé de la retranscription complète de toutes les séances d'ingénierie de la

¹³ Pour une plus longue discussion sur le thème de l'écologie cognitive, voir LÉVY, P. (1990a) notamment pp. 152-208.

¹⁴ Sur l'ingénierie de la connaissance de ce cas, voir : LÉVY, P., AJENSTAT, J. & FRENETTE, M. (1990).

connaissance, et nous avons pu nous entretenir avec la majorité des acteurs concernés par le développement et l'utilisation du système¹⁵.

II. Premier cas

1. Le rôle de l'expertise dans le fonctionnement de l'organisation

Le premier exemple que nous allons présenter concerne un système expert d'aide à l'évaluation dans un département de protection de la jeunesse des services sociaux du Québec.

Pour bien faire saisir le rôle de l'évaluation, il nous faut décrire à grands traits les principales étapes du traitement d'un dossier au sein des services de la protection de la jeunesse.

Le directeur de la protection de la jeunesse d'une région administrative reçoit des *signalements*. Ces signalements peuvent venir de voisins, de parents, de l'enfant lui-même ou de toute autre source. Le directeur de la protection de la jeunesse doit alors faire *évaluer* le signalement pour décider si la sécurité ou le développement de l'enfant dont il est question sont compromis. Un rapport d'évaluation psychosociale est donc rédigé, après enquête, par des intervenants spécialisés. L'évaluation se fait suivant des critères légaux très stricts énoncés dans la loi sur la protection de la jeunesse, qui définit de façon détaillée dans quels cas on peut déclarer que la sécurité ou le développement d'un enfant sont compromis. L'évaluateur doit mentionner précisément en fonction de quels articles et de quels alinéas de la loi il déclare l'enfant en besoin de protection. Si l'enfant est effectivement en besoin de protection, l'évaluation se double d'une *orientation*, qui indique les grands objectifs et les principaux moyens de la prise en charge de l'enfant et de sa famille par les services sociaux. Les

¹⁵ Voir LÉVY, P. (1989) pour plus de détails. Nous livrerons un compte rendu exhaustif de ces deux études (notamment en ce qui concerne l'ingénierie de la connaissance) dans un ouvrage à paraître en 1991 aux éditions La Découverte.

moyens en question peuvent être par exemple le placement de l'enfant dans une famille thérapeutique¹⁶ ou un centre spécialisé. Une décision de justice vient souvent confirmer l'évaluation/orientation. Elle établit les principales mesures à prendre pour protéger l'enfant. À l'étape suivante, le jeune et sa famille sont *pris en charge* par d'autres intervenants spécialisés. Au cours de la prise en charge, le dossier est périodiquement *réévalué*, suivant les mêmes critères qu'au moment de la première évaluation, pour vérifier si l'enfant est encore en besoin de protection. En principe, le traitement doit s'attaquer aux causes de la mauvaise situation de l'enfant, suivant l'orientation décidée à l'étape précédente. La prise en charge ne cesse que lorsque l'enfant n'est plus jugé en besoin de protection (à la suite d'une réévaluation) ou qu'il a atteint sa majorité légale.

La majorité des évaluateurs sont des novices, car le roulement est très rapide dans cette profession. Le système sert donc essentiellement à assister et former les débutants en évaluation. Mais d'autres applications sont envisagées, notamment au niveau de la réception des signalements et de la prise en charge (réévaluation).

2. Modification de la forme et du contenu de l'expertise due à l'ingénierie des connaissances

Avant d'aborder les problèmes de sa transmission, il nous faut dire deux mots sur la forme et le contenu de l'expertise. La partie de la loi sur la protection de la jeunesse à laquelle se réfèrent les évaluateurs tient en moins de deux pages. Les services de protection de la jeunesse disposent d'autre part d'une sorte de manuel photocopié d'une dizaine de pages à destination des évaluateurs. Ce texte se présente comme un commentaire de la loi, alinéa par alinéa, avec des développements plus longs sur les cas

¹⁶ L'expression de *famille thérapeutique*, employée par les experts du domaine, réfère à une famille d'accueil, agréée par les services sociaux et distincte de la famille naturelle de l'enfant.

les plus fréquents. Quant à l'expertise des professionnels chevronnés, elle s'exprime également sous la forme d'une exégèse de la loi, mais elle est de nature orale. Le commentaire des experts est très détaillé, mentionne de nombreux cas particuliers, développe une foule d'exemples, discute de nombreux dossiers douteux ou incertains, etc. Une retranscription du discours des experts au moment de l'ingénierie de la connaissance aurait occupé plusieurs centaines de pages. Il faut remarquer que l'expertise a été radicalement restructurée pour se plier aux contraintes du traitement automatique. L'expertise "naturelle" s'articulait autour d'un commentaire oral de la loi, alinéa par alinéa. En revanche l'expertise "artificielle", telle qu'elle résulte de l'ingénierie de la connaissance, s'est établie sur les principes systématiques d'une théorie de la sécurité et du développement de l'enfant, presque indépendamment de la lettre légale. La considération des articles de loi devant justifier l'évaluation n'intervient plus qu'à l'extrême fin des raisonnements. Pourquoi cette métamorphose de l'expertise ? Dans l'exercice concret de son activité, l'expert reconnaît en général tout de suite s'il a affaire à un "abandon", à un "défaut de soins" ou à un "trouble du comportement" (autant d'alinéas de la loi sur la protection de la jeunesse). C'est seulement après coup, lorsqu'il doit rédiger son rapport, qu'il va justifier par des raisonnements son intuition initiale. Il n'est donc pas étonnant que ses connaissances soient structurées par les articles de la loi.

La base de connaissances du système expert est structurée par des schémas qui hiérarchisent l'application de règles de production. À partir des données d'observation fournies par l'utilisateur, le système calcule la valeur d'objets de plus en plus généraux. Par exemple, à partir des réponses à des questions sur la fréquence et la nature de consommation de drogues et sur l'âge de l'enfant, le système va calculer la valeur de l'objet "drogue". La valeur de cet objet va servir à son tour (avec d'autres) au calcul de la valeur de l'objet "danger pour l'enfant", qui entrera lui-même dans le calcul de la valeur de l'objet "comportement de l'enfant", etc.,

jusqu'à la décision finale, faisant intervenir les valeurs des objets les plus élevés de la hiérarchie (qui concernent, entre autres, la capacité parentale, la vulnérabilité de l'enfant, etc.). Contrairement au professionnel chevronné, le système expert n'a donc pas d'intuition initiale pour le guider dans son diagnostic ; il ne "sait" pas à l'avance quel alinéa du texte officiel sera concerné par le cas qu'on lui présente. Il doit donc d'abord recenser toutes les informations concernant la sécurité et le développement affectif et social de l'enfant, les mettre en relation, évaluer si l'enfant est en danger et, seulement si le danger est reconnu, déterminer le ou les alinéas auquel correspond le dossier traité. On pressent, au moins sur cet exemple, que l'usage de la nouvelle technologie intellectuelle qu'est le système expert ne modifie pas seulement le support du savoir mais aussi son organisation interne, si ce n'est son contenu (le passage au crible systématique de l'ingénierie de la connaissance a mis en évidence certaines incohérences de la loi).

3. Démons de Maxwell

Soulignons le caractère stratégique de l'expertise encapsulée. L'évaluateur est une sorte de filtre, un "semi-conducteur" entre l'étape du signalement et celle de la prise en charge par les services sociaux. Il ferme certains dossiers et en transmet d'autres. Il est le démon de Maxwell¹⁷ qui ne laisse entrer dans les services de protection de la jeunesse que les

¹⁷ Le démon imaginé par le physicien James Clerk Maxwell devait être capable de tourner la loi de l'entropie croissante. Posté près d'un petit guichet séparant deux compartiments d'un récipient clos remplis d'un gaz également tiède, il ne laisse passer dans un des compartiments que les molécules les plus rapides. De cette manière, sans aucune dépense d'énergie, on obtiendrait au bout d'un certain temps un compartiment plein de gaz chaud et l'autre de gaz froid. Le désordre ou le mélange indifférencié sont combattus par la capacité de tri ou de sélection fine du démon et par un dispositif assurant l'irréversibilité des dites opérations (le guichet). On peut considérer tout travail (en tant que lutte contre le désordre) comme une version macroscopique de l'activité du démon de Maxwell.

enfants en besoin de protection (évaluation à l'entrée) et en expulse ceux qui ne le sont plus (révision périodique). Grâce à son travail de sélection, les canaux des services sociaux ne sont pas encombrés d'enfants qui n'ont rien à y faire. Il garantit que l'institution n'applique pas ses efforts au hasard, sur n'importe quel enfant. Il joue le rôle des “yeux” ou, en termes plus généraux, du capteur de la protection de la jeunesse, capable de distinguer le bon grain de l'ivraie. C'est une interface avec le monde extérieur, une sorte de membrane séparant activement le dedans du dehors.

Or le système est le représentant de l'expert, il traduit son expertise auprès des utilisateurs. C'est donc à son tour une interface. L'évaluateur délègue au système sa capacité d'interprétation et son rôle de filtre. Et cela surtout dans les circonstances où cette délégation est susceptible de diminuer le flux de dossiers à traiter (réception des signalements, révision périodique) ou permettrait d'améliorer la qualité du service rendu (aide et formation des évaluateurs débutants). En effet, la décision de construire le système a été prise à la suite d'une période de crise due à un trop grand nombre de dossiers à traiter. Cet afflux non maîtrisé entraînait notamment un important retard dans le traitement de dossiers urgents, avec toutes les conséquences humaines catastrophiques que l'on imagine. Le système expert, en multipliant l'expertise, permet donc d'étendre la membrane séparatrice, de grossir le nombre des démons de Maxwell, d'activer le travail de sélection et donc de désengorger les circuits des services sociaux.

4. L'alternative de la formation classique

Mais pourquoi opter pour le système expert plutôt que pour une autre solution ? Les propriétés particulières qui font du système expert un bon médium de transmission des savoir-faire n'apparaîtront clairement qu'en conclusion d'une analyse *comparative*.

Afin de renforcer le maillon fragile et de multiplier les points d'application de l'expertise en évaluation, plusieurs possibilités pouvaient

être envisagées. La plus évidente était sans doute la formation. Pourquoi ne pas transmettre le savoir de l'évaluation aux préposés à la réception des signalements, aux intervenants en prise en charge, aux spécialistes débutants en évaluation ? C'eût alors été le dispositif de formation qui eût fait office d'interface entre le savoir de l'expert et ceux qui eussent été chargé de le mettre en oeuvre.

Mais cette solution aurait présenté de nombreuses difficultés. Peut-on transmettre en quelques jours (car, pour des raisons économiques évidentes, il ne peut être question d'un temps de formation plus long), ce qu'un expert a mis dix ans à acquérir ? La formation aurait beau avoir été excellente, les débutants sans expérience n'en seraient pas moins restés des débutants¹⁸. Et d'ailleurs, cet investissement n'aurait-il pas été vain puisque, le taux de rotation étant très rapide, il aurait fallu former perpétuellement un personnel qui n'aurait cessé de se renouveler ?

5. L'alternative du support imprimé

Il y aurait eu la possibilité de rédiger un précis d'évaluation, qui aurait d'ailleurs pu faire office d'outil de formation. Dans chaque situation, les gens n'auraient eu qu'à consulter le manuel, qui leur aurait expliqué exactement comment décider. Mais le support imprimé n'aurait pu donner que des principes, des exemples, une théorie, des éclaircissements et des commentaires sur la loi de la protection de la jeunesse. Il n'aurait pu envisager par le menu *toutes* les situations possibles, en fournissant de surcroît pour chaque cas la chaîne adéquate d'inférences justificatives, à moins d'être si gros qu'il en serait devenu non seulement illisible mais impossible à écrire. Or, en situation, c'est d'un avis portant précisément sur

¹⁸ Voir les travaux classiques d'Ebbinghaus sur le temps de latence nécessaire à l'acquisition (humaine) des connaissances [EBBINGHAUS, H., 1913]. Voir également la différence bien étudiée entre le savoir des novices et celui des experts (par exemple : ANDERSON, J.R., 1983 ; FITTS, P.N. & POSNER, M.I., 1967 ; DREYFUS, H.L. & DREYFUS, S.E., 1985).

le cas qui l'occupe que le débutant a besoin, non de théorie. Son diagnostic sera-t-il juste ? Il a besoin qu'on le conseille sur ce cas précis et non d'être obligé de risquer l'interprétation d'un commentaire général ou portant sur un autre exemple. Il craint d'avoir omis de recueillir quelque donnée précieuse. Il est surtout pressé par le temps. Il travaille dans l'urgence. Trouvera-t-il le loisir de lire un gros livre si la consultation en demande plus d'effort et d'attention soutenue que celle d'un annuaire ou d'un dictionnaire ? Et du point de vue des responsables, comment vérifier que les intervenants ont bien consulté le guide d'évaluation pour interpréter correctement la loi ? Ils imaginent déjà le guide se recouvrir lentement de poussière sur le coin d'une étagère, oublié derrière une pile de notes de services. Tout cela plaide contre la solution de l'interface imprimée.

6. Les avantages du système expert

Le système expert, en revanche donne *immédiatement* à l'utilisateur le diagnostic de son cas. Il fournit de surcroît le raisonnement, la trace des inférences successives qui l'ont mené à l'évaluation à partir des données élémentaires. Quoique l'on puisse toujours contester l'avis du système, il offre néanmoins un cadre de discussion et d'argumentation précis pour chaque dossier. Il joue également le rôle de *check-list*, puisqu'il pose à l'usager plus de soixante quinze questions, correspondant à l'attribution des valeurs aux objets de base du modèle. De cette manière, aucune donnée essentielle ne peut être oubliée au cours du processus d'évaluation.

Dans l'hypothèse de la formation, il s'agissait d'inscrire à grand peine dans le système cognitif de chaque employé concerné, un par un, le savoir de l'évaluation. Et le dispositif de gravure dans les esprits eut-il été parfaitement au point, le savoir se serait tout de même déformé, érodé tôt ou tard, et les supports de la gravure n'en auraient pas moins été tenter leur chance ailleurs un an après, rendant ainsi parfaitement vains tous les efforts de formation qui avaient été exercés sur leurs personnes.

Avec la solution du système expert, l'inscription du savoir a lieu une fois pour toute, sur un seul support indéformable¹⁹, assez souple cependant pour admettre une évolution, des modifications de détail suivant les besoins. Mais il ne suffit pas d'inscrire la connaissance une fois pour toutes sur un support immuable, il faut encore que cette connaissance soit mise en pratique. C'est sur ce point que le système expert est supérieur à cet autre support fixe qu'est le papier imprimé. Quoique le livre et le modèle informatique soient deux formes d'inscription, deux instances de l'écriture, ils diffèrent profondément par leurs interfaces, la manière dont ils s'insèrent dans l'agencement pratique de l'évaluation en situation de travail.

Le système vous demande seulement de répondre à soixante-quinze questions, puis il vous notifie noir sur blanc les termes de l'évaluation, avec une imperturbable uniformité, quels que soient les caractères individuels de l'utilisateur. Le livre, au contraire, vous laisse tout seul avec vos données, c'est à vous de décider dans chaque cas si les maximes qu'il vous enseigne correspondent bien au cas que vous traitez. C'est encore à vous d'interpréter la loi. On dira que les réponses aux soixante-quinze questions élémentaires du système expert comportent déjà un jugement personnel ; par exemple : «Les punitions que ces parents infligent à leur enfant sont-elles appropriées et constantes ?», «Les fréquentations de sa mère présentent-elles un risque pour l'intégrité physique et morale de cet enfant ?». Mais on a tout fait pour réduire la part d'interprétation au minimum.

Le vocabulaire employé dans le dialogue homme-machine a fait l'objet d'une consultation auprès de nombreux experts dans toute la province du

¹⁹ Ou du moins dont le type de fragilité est distincte de celle du système cognitif humain, qui, on le sait, en l'absence de compétences expertes, a tendance à oublier, à ramener la diversité des phénomènes observés à des types [LE NY, J.-F., 1990] ou à des schémas stéréotypés [BARTLETT, 1932], confond l'information-cible et les élaborations qui l'ont accompagné au moment de son enregistrement en mémoire à long terme (par exemple : NEISSER, U., 1981 ; LOFTUS, E.F. & PALMER, 1974), etc.

Québec. Cette consultation a été saisie par les experts comme l'occasion d'un début d'unification de la terminologie sur l'ensemble du territoire (unification "horizontale" ou géographique). On voit, sur ce point fondamental du langage, qu'une technologie intellectuelle comme les systèmes experts peuvent réorganiser l'écologie cognitive, non seulement en traduisant et en diffusant l'expertise, mais également en transformant le vocabulaire des acteurs de l'organisation.

Des expressions qui paraissent assez vagues à une personne extérieure au domaine ("punitions appropriées et constantes") font en fait référence à des situations relativement bien définies dans l'esprit des acteurs du domaine. Pour diminuer les risques de mauvaises interprétations, l'utilisateur a un accès immédiat, par l'intermédiaire d'une touche de fonction, à un commentaire explicitant autant que possible les questions posées (détails de traits à recenser, éléments quantitatifs, etc.). La formation à l'utilisation du système expert et les divers commentaires qui accompagnent les questions sont destinés à diminuer autant qu'il est possible la marge d'incertitude introduite par la singularité ou les préjugés de l'utilisateur. Le système expert ne supprime pas totalement les interprétations, mais il en diminue le nombre et la portée.

Dans le même esprit, on a fait très attention, au cours de l'ingénierie des connaissances, à ne pas aiguiller l'évaluateur novice sur des stéréotypes de morale ou des normes sociales, au détriment de la stricte considération de la sécurité et du développement de l'enfant. On notera par exemple qu'on ne demande pas si la mère a de "mauvaises fréquentations" mais si ses fréquentations présentent un risque pour l'intégrité physique et morale de l'enfant.

Le système expert d'évaluation pourra par la suite se connecter sur un système d'aide à l'orientation, puis sur un système d'aide à la prise en charge, qui partageront tous le même fond de données sur chaque dossier. Interroger le système expert d'évaluation reviendra à alimenter la "base de faits" des systèmes suivants. Chaque stade du traitement d'un enfant par

les services sociaux sera ainsi parfaitement documenté en temps réel, et assisté par un modèle du savoir-faire des meilleurs spécialistes. Cette intégration implique la mise au point et l'utilisation d'une même terminologie normalisée aux différentes étapes du traitement d'un dossier (unification "verticale"), ce que la plupart des intervenants, ainsi que les diverses directions administratives, considèrent comme souhaitable.

L'interface informatique est donc ici préférable à l'interface imprimée pour ses capacités de réponse rapide, sélective, individualisée, justifiée. Par ailleurs, elle diminue la part d'interprétation de personnes peu expérimentées. Elle favorise également une entreprise de rationalisation et d'unification du vocabulaire technique du domaine. Et enfin, elle tient disponible pour une réutilisation immédiate en d'autres lieux et pour d'autres temps les données acquises en un lieu et en un instant précis. L'informatique fait réseau.

7. Texte et hypertexte

On ne compare pas ici l'écriture et l'informatique mais deux types de textes, le logiciel et l'imprimé. Qu'est-ce qui différencie d'autres représentations scripturaires le modèle consigné dans le système à base de connaissances ? Bien que d'abord écrit, lu, évalué par des humains, ce texte est destiné au traitement par une machine informatique. À partir des règles du modèle et de soixante-quinze données de base, le programme va parvenir à une conclusion. Si l'utilisateur le désire, nous l'avons vu, il affichera également la trace de son raisonnement, la liste des inférences qu'il a tirées.

Comme il y a soixante-quinze objets de base et que chacun d'eux peut prendre en moyenne trois ou quatre valeurs, un calcul élémentaire nous montre qu'il y a plus de 10 à la puissance 36 situations initiales possibles (beaucoup plus que le nombre d'enfants habitant la province du Québec, ou même la planète !). À partir du modèle, le programme peut donc écrire le texte de 10 à la puissance 36 raisonnements différents, parfaitement

conformes à une théorie cohérente de la sécurité et du développement psychosocial de l'enfant²⁰. Le modèle est donc un hypertexte, c'est-à-dire la matrice de milliards et de milliards de textes possibles, répondant tous parfaitement à des contraintes logico-théoriques fortes.

Cet aspect quantitatif fait la différence entre un modèle informatique et un texte sur papier. Quand l'interprète du modèle informatique est un automate logique, le lecteur immédiat de l'imprimé se trouve être un humain. Il faut qu'un texte sur papier réponde à certaines exigences stylistiques et narratives pour que son lecteur tienne plus de trente secondes. Si l'on avait diffusé sur support de cellulose les centaines de règles du modèle, personne n'aurait jamais pris la peine, en situation réelle, de les appliquer une par une et méticuleusement au cas présent. Plutôt que de faire tirer les inférences par un lecteur humain faillible, fatigué, et bientôt absent, peut-être aurait-on pu relier dans une table les différents cas de figure et les évaluations correctes qui leur correspondent ? Mais nous avons vu qu'il y avait 10 à la puissance 36 cas de figures ! Contrairement à l'hypertexte informatique qui n'affiche une information, calculée pour l'occasion, que cas par cas, suivant des critères de pertinence locale, au cours de l'interaction avec l'utilisateur, l'imprimé, lui, doit manifester en permanence la totalité de son contenu. C'est pourquoi l'impression de la table évoquée plus haut aurait été matériellement impossible.

La rédaction d'un système expert d'aide à l'évaluation a donc été préférée à celle d'un manuel d'évaluation.

²⁰ Remarquons toutefois qu'il faut soustraire de ce nombre astronomique de raisonnements tous ceux qui correspondent à une situation aberrante ou incohérente. Un dispositif de sélection permet d'ailleurs au système de ne pas poser de questions "stupides" à l'utilisateur. Par exemple, si l'enfant est orphelin, on ne demandera pas à l'évaluateur d'affecter des valeurs à certains objets concernant les parents biologiques de l'enfant.

Il nous a malheureusement été difficile d'observer *in situ* l'usage effectif du système après sa conception définitive, mais nous pouvons confirmer qu'après une phase d'expérimentation dans un site pilote, l'utilisation du système s'est étendue à d'autres régions administratives. Un des principaux effets bénéfiques mentionné par les membres du service social interrogés concerne précisément l'unification du vocabulaire et des critères de décision d'une région à l'autre. Les réunions de coordination périodiques entre experts de différents lieux géographiques et de différentes spécialités pour la mise au point et la "maintenance cognitive" du système (actualisation de la base de connaissance) se sont révélés particulièrement bénéfiques d'un point de vue organisationnel. Même indépendamment de son utilisation, le système expert a donc fonctionné comme une sorte d'objet transactionnel, à la fois enjeu et moteur de discussions fécondes entre professionnels.

III. Deuxième cas

1. La nature de l'expertise

Notre deuxième exemple est un système expert d'aide à la prévision du cours du dollar utilisé dans une grande banque suisse. Ici, l'organisation de la base de connaissance du système est encore plus éloignée du savoir-faire des experts vivants que dans le cas précédent. Il est apparu au cours de l'ingénierie des connaissances que l'expertise dans le domaine de l'évolution du cours des devises était moins une affaire de calcul ou de raisonnement logique que de compétence psychologique et sociale. L'expert est immergé dans un réseau informationnel qui irrigue les places financières internationales et relie les correspondants et clients de sa banque autour du monde. Il est en contact permanent avec un groupe en perpétuelle évolution d'autres experts de la même branche. Il lit la presse et la littérature spécialisée, connaît l'histoire de son domaine, etc. Ses aptitudes fondamentales sont de celles dont on a besoin pour rester

toujours à la mode, par exemple, et même pour précéder quelque peu la mode. Le bon analyste financier anticipe l'anticipation des autres. On a là un mélange subtil de perception très fine, de goût, de jugement, de recettes empiriques (mais qui peuvent s'avérer trompeuses), d'induction (mais il faut deviner la tendance aux tout premiers signes ; si l'on attend trop longtemps d'avoir plus de données, il est déjà trop tard), de déduction et de calcul probabiliste (très peu), etc. Il importe de retenir que l'expert financier n'est et ne reste tel que par une activité permanente et multiforme de communication plutôt que grâce à la possession d'une théorie infaillible ou d'une aptitude exceptionnelle au raisonnement probabiliste.

Et cependant, rappellent sans cesse les experts, on ne doit jamais oublier quelques règles économiques fondamentales qui échappent à la logique mimétique et spéculaire du "milieu". Ces règles fournissent les seuls critères objectifs du domaine. Mais il n'est pas difficile de voir qu'elles ne sont à leur tour que la réification d'un fonctionnement collectif. Ce qui fait figure ici d'objectivité n'est qu'un mouvement de foule trop lent pour être perçu tous les jours, une mode plus longue à passer. Certes, "La logique économique finit toujours par triompher", mais on ne peut prévoir avec certitude ni quand, ni à quel degré.

2. La traduction de l'expertise dans le système

À la suite de longues négociations impliquant à la fois les ingénieurs de la connaissance, les dirigeants de la banque et plusieurs experts, on est parvenu à un système d'aide à prévision du cours du dollar qui joue bien son rôle de transmission de l'expertise auprès de certains collaborateurs de la banque, mais n'a que fort peu de rapports avec une quelconque simulation du "raisonnement" des experts²¹.

²¹ Nous rejoignons sur ce point certaines des conclusions auxquelles parvient Yves-Marie Visetti dans ce numéro.

Un premier module, le système expert proprement dit, applique une centaine de règles à vingt indicateurs économiques fondamentaux (taux d'intérêts, balance des paiements américains, inflation, PNB américain, prix du pétrole, etc). Les valeurs des indicateurs à chaque instant sont fournies par des bases de données en direct et en temps réel. Ces valeurs sont projetées automatiquement sur trois "images", et trois seulement : en hausse, stable, ou en baisse. Les calculs du système expert n'ont lieu qu'à partir de ces images simplifiées des indicateurs. Pour tenir compte de la grande variabilité du système financier international, l'expert détermine périodiquement (tous les deux ou trois mois) le ou les indicateurs qui devront avoir le plus de poids dans le raisonnement du système. Cette "maintenance cognitive" permanente est évidemment une condition *sine qua non* de la validité du système.

Mais il est de notoriété publique que les analystes financiers ne fondent pas uniquement leur stratégie sur les grands indicateurs économiques. Les événements politiques, les rumeurs, les renseignements confidentiels tiennent dans ce domaine une place non négligeable. Pour tenir compte de ce fait essentiel, un deuxième module (dit module "rumeur" par opposition au module "fondamental") permet à l'utilisateur d'intégrer les informations non recensées par les banques de données économiques classiques. Par un jeu de questions, le module "rumeur" amène l'utilisateur à préciser *l'impact prévisible de ses renseignements personnels sur les vingt indicateurs fondamentaux*. Le premier module reprend alors le relais et fournit une deuxième réponse à partir des images modifiées (par les renseignements personnels) des indicateurs.

Un troisième module présente quelques graphiques fondés sur un jeu de moyennes mobiles. Il propose une sorte d'extrapolation à partir de la courbe d'évolution récente du dollar. En fait, cette dernière réponse sert surtout à situer les deux autres par rapport à une tendance. Par exemple, si le "module fondamental" prévoit un dollar en hausse, le "module

graphique” permet de dire s'il s'agit d'une accélération de la hausse ou d'un ralentissement de la baisse (retournement de tendance).

Indiquons que le système, testé sur de nombreuses séries statistiques avant sa mise en service effective, a donné satisfaction aux utilisateurs de la banque. Il a notamment correctement “prévu” la tendance du dollar au cours des différentes crises financières de ces dernières années.

3. Interfaces, filtres et traductions.

On sait que les problèmes dits “d'interface” sont tout sauf accessoires. La majeure partie du temps de programmation du système a été consacrée à la conception des écrans, à leur enchaînement, aux graphismes, à l'ergonomie, bref, à “l'emballage”. À cet égard, un expert extérieur appelé en consultation pour valider le système fit bénéficier les cognitiens d'une aide précieuse. Quoique son style de réflexion fût très différent de celui de l'expert qui avait été le maître d'oeuvre du système, il ne trouva pratiquement rien à redire à la “logique” du prototype. Rien d'étonnant à cela, puisque le système n'était justement pas une simulation précise du fonctionnement cognitif de quiconque.

Intelligence artificielle ? Voici comment le deuxième expert résume le travail acharné des cognitiens pendant près d'un an : «Ce que vous faites en réalité, c'est de donner une liste de facteurs qui influencent les taux de change dans un certain ordre de priorité. Exploitez donc votre avantage, poursuit-il, pour l'instant il y a trop d'écrans à regarder. Vous devriez mettre tous les facteurs sur une seule page, alors le système sera vraiment utile.» Le deuxième expert complète ainsi sa suggestion : «Pour indiquer les tendances, au lieu de signes algébriques, utilisez donc de petits thermomètres qui monteront et descendront ; et pour figurer les poids respectifs des indicateurs, dessinez des parts de gâteau plus ou moins grandes». Et ces conseils furent suivis.

Que *fait* le système du point de vue d'une écologie cognitive ? C'est une aide à la traduction. Traduction de la multiplicité indéfinie du monde des

financiers en tendances d'une vingtaine d'indicateurs; traduction des tendances des indicateurs hétérogènes en images simples et normalisées; traduction de ces quelques images simples en une seule, qui représente le mouvement escompté du dollar.

Des éléments aussi divers que les derniers développements de la situation dans le Golfe, la confiance des journalistes économiques dans “la reprise”, l'état de santé du Président des États-Unis ou la décroissance de la masse monétaire seront transformés et combinés pour être schématisés sur une surface de quatre décimètres carrés, sous la forme d'une courbe et de deux réponses sans équivoque. Juste avant ce tableau définitif, un autre écran aura résumé à l'aide de thermomètres et de camemberts les grandes lignes du “raisonnement” : comment on obtient la tendance du dollar à partir des vingt images des indicateurs fondamentaux. Tout finit par tenir sous formes d'images simples sur deux écrans. On voit que le logiciel tient compte de particularités essentielles du système cognitif humain, comme les faibles capacités de sa mémoire à court terme et son affinité avec les représentations imagées²². Ce n'est qu'à cette condition qu'il peut transformer positivement l'écologie cognitive de l'organisation en se substituant, comme nous le verrons, à la communication orale avec l'expert.

Sur un plan strictement quantitatif, nous l'avons dit, le système permet de transformer un nombre indéfini de facteurs en vingt tendances (notamment grâce au module “rumeur”), puis en une seule, celle du dollar. Le système contribue donc à réduire de manière drastique à la fois la redondance et la complexité des divers messages auxquels les systèmes cognitifs des utilisateurs seraient exposés sans lui (ou sans la présence d'un expert en chair et en os). Comme dans le cas précédent, le système expert tient son caractère stratégique d'un effet de filtrage, de réduction sélective de la quantité d'information proposée.

²² DENIS, M. (1989).

4. Le système expert et la communication orale

Reste à voir l'opération que réalise le système non plus sur les représentations du monde de la finance, mais au sein de l'organisation où on l'installe. Comment réorganise-t-il l'écologie cognitive de la banque ?

Le travail officiel de l'expert au sein de la banque consiste à rédiger tous les mois des rapports sur les devises et les taux d'intérêt. Ces textes sont publiés dans une lettre interne assez confidentielle. Mais, comme le dit l'expert : «Je doute fort que les gens la lisent. En général, les gens ne se fondent pas sur ce qu'ils ont lu. La communication orale passe beaucoup mieux que la communication écrite.». L'expert rend habituellement ses services au cours de conversations de couloir ou de rapides entretiens téléphoniques. Le rôle du système est de doubler ou de remplacer la communication orale avec le spécialiste expérimenté pour les très nombreux cas qui relèvent de la routine. Les administrateurs, gérants et autres collaborateurs de la banque disposent ainsi d'un petit expert automatique qui peut répondre brièvement et à tous moments à leurs questions sur l'évolution prévisible du cours du dollar.

Plutôt que de compulsurer des rapports ou des articles toujours trop longs et qui contiennent rarement la réponse précise à la question qu'ils se posent, les gens préfèrent interroger de vive voix un spécialiste. En effet, ils ont surtout besoin d'une réponse rapide et adaptée à leur cas. Il leur faut de la connaissance pour agir efficacement en temps réel. À cette vitesse d'utilisation, dans des conditions variant si rapidement, pour des usages aussi singuliers, le support imprimé traditionnel est inadéquat.

En simplifiant, on pourrait dire que l'informatique classique automatisait les procédures simples ou déjà formalisées. Les systèmes experts, en revanche, traduisent des connaissances procédurales implicites et complexes, qui doivent être quasiment recréées par les acteurs de l'ingénierie des connaissances pour être implantées sur un logiciel.

Répétons-le, avant les systèmes experts, on ne disposait pas de médium pour la conservation, la mise à jour et la communication des savoir-faire

pour l'action immédiate²³. Si le détenteur de ce genre de connaissance n'était pas disponible, on devait attendre ou improviser.

La banque avait précisément commandé le système pour obtenir des décisions plus rapides (plus besoin d'attendre) et des raisonnements mieux fondés (on n'est plus obligé d'improviser). Bénéfice secondaire : les raisonnements en question devraient aussi être plus homogènes, tous les gérants s'alignant sur le fil conducteur tendu par le meilleur spécialiste. *Le système expert est donc un médium de communication des savoir-faire assez perfectionné pour se substituer dans la majorité des cas à une communication orale.*

Tout le travail de traduction, de condensation et de simplification décrit plus haut était réalisé pour les collaborateurs de la banque par un professionnel chevronné (au lieu de tenir sur deux écrans, tout tenait en deux phrases). Il est maintenant réalisé par un système conçu et mis à jour par le même professionnel. Dans la plupart des cas, le logiciel traduit, condense et simplifie presque aussi vite et aussi bien que l'homme de métier. Qu'a-t-on gagné ? Homogénéité, qualité et vitesse dans tous les cas où le spécialiste ne peut répondre en personne.

Le système expert est une sorte de terminal, il forme la pointe d'une immense pyramide de technologies intellectuelles (écritures, notations mathématiques, logique, techniques de calcul) et de médias de communication (presse écrite, téléphone, banques de données, radio, télévision, etc.) qu'il utilise et résume. Mais il constitue également un médium tout à fait original, capable de transmettre et de mobiliser avec

²³ Les systèmes d'aide à la décision, auxquels s'apparente sur de nombreux points le système d'aide à la prévision du cours du dollar ici décrit, sont également des systèmes réduisant la redondance et la complexité de la masse de renseignements disponibles et qui proposent à l'utilisateur une information pour l'action immédiate. Mais la plupart sont fondés sur des modèles mathématiques (économétriques par exemple) et non sur l'expérience subjective d'un ou plusieurs experts. De toutes manières, les systèmes experts prennent place dans un *continuum* de technologies intellectuelles à support informatique dont ils ne se distinguent évidemment pas par *toutes* leurs caractéristiques.

souplesse une connaissance issue du savoir-faire des experts, ce qu'avant l'avènement de "l'intelligence artificielle" pouvait seule réaliser la parole.

IV. Connaissance déclarative, connaissance procédurale et transmission de l'expertise par les systèmes experts.

Cette transmission de savoir-faire passe par l'étape indispensable de l'ingénierie de la connaissance, pendant laquelle l'expert *réinvente* son savoir avec l'aide du "cogniticien". Ce faisant, le savoir-faire perd son identité originelle pour se scinder en connaissances encyclopédiques²⁴ de type déclaratif et en mécanismes de raisonnement. L'ingénierie des connaissances est donc une *traduction* au sens fort. De ce qu'on puisse (c'est du moins notre hypothèse optimiste) traduire ou écrire un grand nombre de savoir-faire sous forme de connaissances déclaratives modulaires et de mécanismes de raisonnement, il ne s'en suit naturellement pas que le savoir-faire de l'expert possède les caractéristiques d'un logiciel à base de connaissance. D'un support à l'autre, la connaissance change de nature.

Ordinairement, et bien que ce ne soit pas une règle absolue, les connaissances procédurales *complexes* se communiquent lentement et à faible débit. Elles s'acquièrent par la pratique, l'imitation, et par la transmission orale d'individu à individu, en conjonction avec l'expérience. En proposant un procédé original d'inscription et de restitution de ce type de savoir, les systèmes experts modifient son régime de transmission ordinaire.

L'habileté de l'expert, qu'on peut identifier à du procédural "vivant", est transformé au cours de l'ingénierie des connaissances en déclaratif "inerte". Cette connaissance déclarative inerte, ce sont les objets, les schémas, et les règles formelles qui représentent tant bien que mal le savoir-faire du professionnel expérimenté. Cette forme de représentation

²⁴ PRINCE, V. (1989).

des connaissances n'est finalement qu'un type particulier d'écriture. Or l'écriture, en général, sert depuis très longtemps à transsubstantier le procédural en déclaratif²⁵. Inversement, l'informatique a permis de transformer certains textes en procédures au pouvoir performatif intrinsèque (les programmes). Les logiciels à base de connaissance rendent complémentaires ces deux mouvements en les articulant.

Qu'apportent les systèmes experts de plus que l'écriture statique ? Nous l'avons vu, un mode d'emploi ou un guide de procédure en deux volumes de cinq cents pages ont de fortes chances de ne jamais être lus ni utilisés massivement. Le coup de génie de l'intelligence artificielle consiste à réanimer le déclaratif inerte, la simple écriture, (c'est à dire la base de règles du système expert) à l'aide d'une procédure mécanique (le moteur d'inférence du système expert). Cette connaissance réanimée est finalement mise à la disposition de l'utilisateur au moyen d'une interface dite conviviale, c'est à dire mimant autant qu'il est possible le dialogue (oral) de l'usager novice avec un expert.

C'est parce qu'ils se fondent sur ce processus complexe que les systèmes experts représentent un médium de transmission rapide des savoir-faire empiriques.

²⁵ Voir notamment le passage d'un savoir dominé par le rituel et le récit (connaissances mêlées à l'action, que celle-ci soit accomplie ou représentée) dans les sociétés orales, à un savoir de type théorique ou du moins plus modulaire et déclaratif dans les sociétés connaissant l'écriture. Voir LÉVY (1990 a).

V. Quelques hypothèses pour conclure

Nous risquons pour finir quelques hypothèses sur les transformations possibles des écologies cognitives des sociétés industrielles dans l'éventualité où les systèmes experts seraient appelés à connaître un succès plus massif qu'il ne l'est aujourd'hui.

Les connaissances de type "expertise" pourraient être dès l'origine produites sous forme déclarative, avant même qu'une longue expérience humaine ait le temps de se former. Lors de l'engagement dans une nouvelle activité, on condenserait immédiatement sous forme de système expert le savoir-faire qui est en train de s'élaborer. Bonnet, Haton et Truong-Ngoc²⁶ citent le cas de protocoles thérapeutiques complexes en cancérologie et de guides de réparation de modules d'engins spatiaux de la NASA, qui seraient produits directement sous forme de logiciel. J'ai moi-même eu connaissance d'un projet de système expert sur les moeurs des autochtones du Nord canadien. Le système doit être réalisé par des ethnologues pour le compte d'Hydro-Québec (l'EDF québécois), qui compte construire une installation sur le territoire traditionnel de ces populations. Dans ce cas, les ethnologues ne produiront pas une thèse, ou un article, ou un livre, mais un système directement opérationnel qui, en principe, devrait contribuer à éviter que le projet industriel ne déstabilise la vie sociale des autochtones²⁷.

D'autres tendances sont encore discernables. Il semble par exemple qu'on demandera de plus en plus aux professionnels d'explicitier leur savoir-faire. Dans certaines grandes entreprises des États-Unis, on distribue déjà aux cadres des noyaux de systèmes experts sur micro pour qu'ils formalisent leur propre compétence. Les organisations devront peut-être faire face à une généralisation de l'ingénierie des connaissances,

²⁶ BONNET A., HATON J.-P., TRUONG-NGOC J.-M. (1986).

²⁷ Nous ne citons pas ce projet parce qu'il nous semble raisonnable ou réaliste mais parce qu'il indique une tendance à la production directe de savoirs sous forme de systèmes à base de connaissances.

entendue ici non comme une analyse cognitive au sens strict, mais comme une opération de restructuration et de traduction des savoir-faire.

Les conséquences culturelles et organisationnelles qui résulteraient de l'usage massif des systèmes à base de connaissance sont encore difficilement mesurables. Le changement à venir serait d'autant plus important qu'il concerne potentiellement une masse énorme de connaissances. On pressent en effet que la plus grande partie du savoir social doit être encore à l'heure actuelle empirique et informel (de type "expertise" au sens que nous avons donné à ce terme au début de cet article). Or c'est toute cette masse dormante, au cycle de transmission et de renouvellement très lent, qui risque d'être entraînée par l'informatique de demain dans un circuit ultra-rapide d'accumulation, de diffusion et de mobilisation. Il s'agirait donc d'une modification sensible du mode de gestion sociale de la connaissance ou de l'écologie cognitive des sociétés dites développées.

Pierre LÉVY

Université de Paris-X Nanterre
Département des Sciences de l'éducation
200, Avenue de la République
92001 NANTERRE Cedex

Bibliographie

- ALQUIER, A.-M., PRINCE, V. (1990) "Modélisation cognitive pour la dynamique des connaissances dans les systèmes d'information automatisés". *Cognitiva 90*.
- ANDERSON, J.R. (1983) *The Architecture of Cognition*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- BARTLETT, F.C. (1932) *Remembering : a Study in Experimental and Social Psychology*, New York & Londres, Cambridge University Press.
- BONNET, A., HATON, J.-P., TRUONG-NGOC, J.-M. (1986) *Systèmes experts, vers la maîtrise technique*, Paris, InterEditions.
- DENIS, M. (1989) *Image et cognition*, Paris, PUF.

- DREYFUS, H.L. & DREYFUS, S.E. (1985) *Mind over Machine*, New York, McMillan/The Free Press.
- EBBINGHAUS, H. (1913) *Memory : A Contribution to Experimental Psychology*. New York, Columbia Teacher's College. (Edition originale en allemand : 1885).
- EISENSTEIN, E. (1983) *The Printing Revolution in Early Modern Europe*, Cambridge/Londres/New-York, Cambridge University Press.
- FITTS, P.N. & POSNER, M.I. (1967) *Human Performance*, Belmont (Californie), Brooks Cole.
- FÖRSTER von, H. (1981) *Observing Systems*, Seaside, Californie, Intersystems Pns.
- GARFINKEL, H. (1967) *Studies in Ethnomethodology*, Engelwood Cliffs (NJ), Prentice Hall.
- GOODY, J. (1977) *The Domestication of the Savage Mind*, Cambridge, Cambridge UP, (trad. française : 1979, *La raison graphique : la domestication de la pensée sauvage*, Paris, Minuit).
- GOODY, J. (1986) *La logique de l'écriture : aux origines des sociétés humaines*, Paris, Armand Colin.
- LE NY, J.F. (1989) *Science cognitive et compréhension du langage*, Paris, PUF.
- LÉVY, P. (1985a) "L'oeuvre de Warren McCulloch", *Cahiers du CREA*, 7 pp. 211-256.
- LÉVY, P. (1985b) "Analyse de contenu des travaux du *Biological Computer Laboratory* (BCL)" *Cahiers du CREA*, 8, pp. 155-192.
- LÉVY, P. (1989) "La construction d'un système expert, une radiographie", in *ICO, revue de l'intelligence artificielle et des sciences cognitives au Québec*, Vol. 1, 2, pp. 26-38.
- LÉVY, P. (1990a) *Les technologies de l'intelligence. L'avenir de la pensée à l'ère informatique*. Paris, La Découverte.
- LÉVY, P. (1990b) "Interfaces informatiques et invention culturelle" in *Actes du second colloque sur l'ingénierie des interfaces hommes-machines*, AFCET, Biarritz, pp. 53-62,
- LÉVY P. (1990c) "Vers une idéographie dynamique, éléments de théorie", in *Instruments de communication évolués Hypertextes, Hypermédiats*, (sous la direction de Jean-Pierre Balpe et Roger Laufer), Université de Paris VIII, St Denis, pp. 37-82.
- LÉVY, P. (1991) *L'idéographie dynamique, un ciné-langage pour le XXI^e siècle*. Editions du Concept Moderne, Genève. (Réédition à Paris, 1991, aux Editions La Découverte).
- LOFTUS, E.F. & PALMER (1974) "Reconstruction of Automobile Destruction : an Exemple of the Interaction between Langage and Memory", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 13, pp. 585-589.
- LÉVY, P., AJENSTAT, J. & FRENETTE, M. (1990) "Une ingénierie de la Connaissance" in *ICO, revue de l'intelligence artificielle et des sciences cognitives au Québec*, Vol. 2, 6, pp. 75-86.

- MATURANA, H. & VARELA, F. (1980) *Autopoiesis and Cognition*, Boston, D. Reidel.
- MEMMI, D. & VISETTI, Y.M. (1990), dir., Modèles connexionnistes, *Intellectica*, 9-10.
- NEISSER, U. (1981) "John Dean's Memory : a case study", *Cognition*, 9, 1981, pp. 1-22.
- PRINCE, V. (1989) "L'automatisation de l'expertise peut-elle rendre compte des automatismes des experts ?" Communication aux *deuxièmes journées de Saint Riquier* de l'AFCEP sur le thème : Connaissances implicites et connaissances explicites.
- RUMELHART, D.E. & McCLELLAND, J.L., éd. (1986) *Parallel Distributed Processing, Explorations in the Microstructure of Cognition*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press.
- SPERBER, D. (1987) "Anthropology and psychology : Towards an Epidemiology of Representations", *Man*, (N.S.), 20, pp. 73-89.
- VISETTI, Y-M. (1991) "Des systèmes experts aux systèmes à base de connaissances : à la recherche d'un nouveau schéma régulateur." *Intellectica*, 12, pp. 223-280.