

**Béatrice CAHOUR & Pierre FALZON**

## **ASSISTANCE À L'OPÉRATEUR ET MODÉLISATION DE SA COMPÉTENCE**

L'intérêt porté à l'expertise procède plus de l'apparition d'une technologie, celle des systèmes experts, que d'une analyse des besoins de l'industrie ou des experts concernés. De ce fait, les systèmes sont développés sans réelle réflexion sur le type d'assistance à apporter aux opérateurs. Or, tout système d'interaction homme-machine propose un type d'assistance, que celui-ci ait été délibérément choisi ou qu'il soit né de l'inspiration peu réfléchie d'un concepteur. Ces points sont développés dans la première section de ce texte.

Un élément important qui détermine le type d'assistance fourni par un système est le modèle de l'utilisateur dont il fait usage, implicitement ou explicitement. Ceci conduit à décrire, dans une seconde section, le rôle du modèle de l'interlocuteur dans différentes classes de situations coopératives, donnant lieu à des dialogues fonctionnels. On distinguera deux classes de situations de dialogues : les dialogues de résolution de problème et les dialogues de transfert de connaissances.

Une troisième section présente une analyse des processus de modélisation de la compétence de l'interlocuteur, dans deux situations réelles de dialogues de résolution de problème. Après une présentation générale du processus, les mécanismes d'élaboration du modèle seront détaillés : l'évaluation de l'état des connaissances de l'interlocuteur à partir

d'indices pragmatico-sémantiques, et la catégorisation de cet interlocuteur en niveau ou en type de connaissances

### *1. Des types d'assistance et des modèles de l'utilisateur*

Les systèmes experts peuvent (en théorie) avoir deux finalités : remplacer l'opérateur humain, ou l'assister dans son activité. On constate en pratique que c'est cette seconde perspective qui domine. Le système expert est plus pensé comme le partenaire de l'opérateur pour la résolution de problème que comme un substitut.

#### *1. L'élicitation*

La première question qui se pose alors est celle de l'élicitation et de la formalisation des connaissances expertes. La phase d'élicitation a vite été considérée comme particulièrement délicate. A ce sujet, le psychologue et l'ergonome ne peuvent s'empêcher de sourire devant la naïveté d'un certain nombre d'approches de l'élicitation, qui sous-estiment très largement la complexité de ce processus. Pour recueillir les connaissances de l'expert, ne suffisait-il pas de les lui demander ? Cette méthode (!) a bien entendu vite montré ses limites, non du fait d'un manque de coopération des experts, mais du fait de la difficulté pour ces derniers à verbaliser des connaissances et des raisonnements qu'ils savent mettre en œuvre mais qui échappent souvent à l'activité consciente. Les “extracteurs” ont en fait rencontré une difficulté double et bien connue : d'une part l'étude des processus cognitifs exige des méthodes qui dépassent la seule observation, d'autre part l'introspection n'est pas une méthode d'investigation, même si ce sont des experts qui s'y livrent.

On voit maintenant se développer des méthodes moins sommaires, et poindre des systèmes d'aide à l'élicitation : environnement pour le développeur du système et systèmes d'acquisition par exemple (Boose, 1989).

## 2. *L'assistance par la réponse*

La focalisation sur les difficultés rencontrées pour le recueil des connaissances expertes a tendu à masquer une question à nos yeux plus importante : celle de la nature de la coopération entre l'homme et le système expert. La question n'est en effet pas seulement de mettre en machine les connaissances et les raisonnements experts, mais, au-delà, de savoir comment assister, c'est-à-dire comment le système expert s'intègre dans un système de travail plus vaste.

Nous avons eu l'occasion de soulever ailleurs des remarques à ce sujet (Falzon, 1989). Nous les rappelons ici brièvement. Disons d'abord que tout système d'aide porte en lui une "philosophie" de l'assistance, en général implicite. Cette philosophie implicite est souvent celle de l'assistance par la réponse. L'assistance est conçue comme la capacité du système à fournir à l'utilisateur une réponse au problème posé, le rôle de l'utilisateur se bornant à fournir (en bloc ou à la demande) les informations nécessaires à la recherche de la solution (Woods & Roth, 1988). Cette solution a été critiquée sur plusieurs aspects :

- Elle ne facilite pas l'apprentissage. Toute interaction avec un système d'aide doit permettre d'apprendre. Ceci ne signifie pas qu'un système d'aide doit se comporter comme un système tutoriel, mais qu'il doit faire mieux que de fournir la solution : il doit permettre l'acquisition d'un savoir supplémentaire au cours du traitement d'un problème particulier.
- Elle est contradictoire avec les pratiques d'assistance observées en situation réelle : ces pratiques indiquent que les experts humains sont rarement consultés pour tenir le rôle de fournisseur de solutions, mais plutôt pour aider d'autres opérateurs à trouver des solutions à leurs problèmes, sur la base des tentatives de solution déjà réalisées par ces opérateurs (Maïs, 1988). Alty et Coombs (1981), dans une étude des interactions de consultation entre des utilisateurs d'un système

informatique et des conseillers, notent que les utilisateurs se montrent insatisfaits lorsque la réponse du conseiller se borne à la fourniture d'une solution. Selon Coombs et Alty (1984), les systèmes devraient aider plutôt que diriger la résolution de problème.

- Enfin, cette solution part de l'hypothèse selon laquelle la machine sera capable de fournir la réponse sans l'assistance de l'utilisateur. Or certains résultats infirment cette hypothèse. Roth et al. (1987) remarquent ainsi que la machine (comme l'homme) peut rester fixée sur une solution sans arriver à en sortir, et que la seule issue est alors l'intervention humaine. Les auteurs plaident donc en faveur d'une collaboration entre la machine et l'homme, où la tâche de l'homme consiste à gérer des ressources de traitement, ressources de types et de niveaux de complexité différents.

Une dernière critique est que ces systèmes utilisent de façon clandestine et systématique un modèle (unique) de l'utilisateur, modèle très restrictif quant aux compétences de l'utilisateur dans le domaine. C'est ce modèle qui conduit le système à adopter un comportement directif, et parfois même condescendant lorsque le modèle implicite est en décalage important par rapport aux compétences réelles de l'utilisateur (cf. Waern, 1989).

L'ensemble de ces observations amène donc à une première conclusion : l'assistance par la réponse n'est qu'un type d'aide possible, et pas forcément le plus efficace ou le plus acceptable. D'autres solutions existent, en particulier l'allocation des tâches et les systèmes critiques, dont nous donnons ci-dessous les grandes lignes.

### *3. L'allocation des tâches*

Par ce type d'assistance, au lieu de “doubler” l'opérateur par un système expert, on assigne à l'un et à l'autre des tâches différentes, en fonction de leurs capacités respectives. Cette idée est en fait la résurgence d'un serpent de mer de l'ergonomie (cf. Fitts, 1951), sorti des abysses avec le développement des machines intelligentes. Woods (1986) constate ainsi que le raisonnement humain se caractérise par certaines faiblesses, telles que : tendance à se fixer sur certains états du processus contrôlé, difficulté à utiliser le raisonnement contre-factuel, difficulté à prendre en compte des faits qui invalident une hypothèse, difficulté à sélectionner et intégrer les informations pertinentes, difficulté à évaluer les conséquences d'interactions complexes. L'auteur propose de repérer les faiblesses du raisonnement, et de faire assister par le système expert les activités dans lesquelles ces faiblesses peuvent se manifester.

Cette perspective fait elle aussi appel à un modèle canonique des compétences de l'utilisateur, mais de façon différente que dans la perspective “assistance par la réponse”. D'une part, il s'agit d'un modèle explicite, d'autre part il n'a pas pour conséquence de donner le contrôle total du traitement au système : il en résulte au contraire une coopération entre experts de spécialités différentes.

Un ajout récent à cette perspective de partage des tâches est celle d'allocation adaptative (Chu & Rouse, 1979) ou de répartition dynamique (Milot, 1987). Il s'agit alors de faire varier l'allocation des tâches en fonction des caractéristiques du système homme-machine. En effet, ces caractéristiques sont variables. Par exemple, l'opérateur humain est soumis à des variations circadiennes qui influent sur son état de vigilance ; ou encore, les conditions ou les contraintes de production évoluent dans le temps, induisant donc une charge de travail variable. Ces variations deviennent des critères de modification de la répartition des tâches.

La perspective d'allocation dynamique des tâches utilise donc un modèle variable de l'utilisateur (et de la tâche globale). La détermination, à

un instant donné, d'une répartition des tâches peut être effectuée par l'opérateur lui-même, ou par le système. Dans ce dernier cas, le système doit lui-même construire un modèle pertinent de l'utilisateur, ce qui n'est pas un problème simple. On trouvera dans Millot (1987) la présentation d'une méthode d'évaluation de la charge de travail de l'opérateur.

#### *4. Les systèmes critiques et l'aide à l'opérationnalisation*

Comme l'allocation des tâches, les systèmes critiques sont une tentative pour aller vers une résolution de problèmes interactive. La méthode suivie est toutefois différente. Il s'agit d'aller vers des systèmes dans lesquels le système et l'utilisateur résolvent en coopération les problèmes qui leur sont posés.

Une approche allant dans ce sens est l'aide à l'opérationnalisation, proposée par Mais (1989). L'auteur (qui s'intéresse à l'assistance aux utilisateurs du "shell" d'Unix) défend l'idée que le système d'aide ne doit pas chercher à fournir une solution optimale, mais plutôt aider ceux-ci à opérationnaliser les solutions qu'ils ont commencé à élaborer, qui sont des plans sous-optimaux. En effet, il convient de ne pas oublier que l'objectif des sujets est (en l'occurrence) d'atteindre un état-cible, et non de l'atteindre par le chemin le plus court ou le plus élégant. Les systèmes d'aide doivent donc d'abord aider l'opérateur à réaliser leurs plans sous-optimaux et ensuite seulement (et éventuellement) proposer une aide à l'optimisation.

Une seconde approche relevant de cette perspective est celle des systèmes critiques. A l'instar des systèmes proposés par Mais, les systèmes critiques sont capables d'évaluer une solution proposée sur la base de connaissances expertes dans un domaine. Il faut souligner que les activités d'évaluation ont une importance cruciale dans les activités de résolution (individuelle ou collective) de problème, à un double titre : l'évaluation permet en premier lieu de repérer les lacunes ou les failles d'un raisonnement ou d'une solution (et donc d'orienter l'attention), en second

lieu de choisir parmi des pistes de solution possibles (et donc d'orienter la recherche).

Dans ces deux approches, la coopération ne se réalise pas par division des tâches entre les deux participants. Les deux interlocuteurs partagent un même domaine de compétence. Ceci ne signifie pas que les *niveaux* de compétence des deux partenaires sont égaux. De ce fait, la modélisation des compétences de l'interlocuteur revêt une importance particulière. En effet, celle-ci est nécessaire pour adapter la conduite du dialogue et les explications à fournir et pour dépister les erreurs ou oublis potentiels.

### *5. Les pratiques de collaboration et de modélisation*

Comme on l'a vu, toutes les situations d'interaction homme-machine portent en elles une philosophie de l'assistance. La question est donc de définir le type de coopération entre l'opérateur et le système. Cette définition ne peut faire l'économie d'une analyse de l'activité des opérateurs, *analyse orientée non pas sur leur expertise technique, mais sur leurs pratiques de collaboration*. La focalisation sur l'assistance par la réponse nous semble d'ailleurs traduire non une nécessité, mais un manque d'études concrètes de situations d'interaction coopérative<sup>1</sup>. Un exemple criant en est l'interaction pédagogique. Combien de systèmes tutoriels sont fondés sur l'étude de dialogues pédagogiques ?

Ces philosophies de l'assistance sont porteuses d'un modèle de l'utilisateur, figé et implicite dans certains cas, adaptatif dans d'autres. Un modèle adaptatif est nécessaire si l'on veut obtenir une coopérativité

---

<sup>1</sup> Entendons-nous bien. Nous ne prétendons pas qu'il n'existe pas de travaux sur le dialogue et sa modélisation. Les travaux récents de Moeschler (1989), ceux de Cosnier et al. (1988), le numéro spécial de *Connexions* (1989) en sont des exemples particulièrement significatifs. Cependant, les travaux existants portent souvent sur des conversations non finalisées par une tâche ou un problème à résoudre, et les travaux qui échappent à cette critique n'ont pas pour objet l'analyse des pratiques de coopération entre interlocuteurs lors de la réalisation d'une tâche.

optimale du système. Or, si les pratiques de collaboration entre opérateurs sont devenues récemment un domaine d'étude<sup>2</sup>, cela est loin d'être le cas en ce qui concerne les processus de modélisation de l'interlocuteur, très peu étudiés du point de vue psychologique. Des chercheurs en intelligence artificielle ont de leur côté élaboré des systèmes d'aide qui modélisent l'utilisateur (pour une revue de ces systèmes, cf. Chappel et al., 1989), mais soit cette modélisation s'élabore à partir de la seule intuition du concepteur, soit la référence à des études de situation naturelle de dialogue est totalement évacuée (e.g. Rich, 1979 ; Chin, 1986). Cette ignorance (même si elle n'est qu'apparente) de l'utilisateur réel, du dialogue réel, nous semble d'autant plus gênante que le propos central est l'adaptation à ce même utilisateur. Il faut rendre hommage aux auteurs qui confirment cette règle en en représentant l'exception comme par exemple Kass et Finin (1987) qui se sont attachés à étudier des dialogues téléphoniques de consultation avant de "penser système".

## *II. Le rôle du modèle dans l'activité*

Après avoir souligné l'importance, pour les systèmes adaptatifs, de disposer d'un modèle de l'interlocuteur, nous allons maintenant discuter du rôle de ce modèle pour la réalisation de la tâche.

Disons d'emblée que, quelle que soit la situation de dialogue considérée, le modèle de l'interlocuteur sert à adapter le dialogue à son niveau de compétence, et, par là même, concourt indirectement à la réalisation de la tâche. C'est le rôle classiquement dévolu au modèle de l'interlocuteur. Celui-ci peut néanmoins jouer d'autres rôles, que nous allons maintenant considérer.

---

<sup>2</sup> On a vu en particulier se tenir plusieurs workshops sur le thème "Computer supported cooperative work" (Greif, 1988).



La modélisation de l'interlocuteur intervient dans des situations variées. On distinguera ici deux classes de dialogues : les dialogues de résolution de problème et les dialogues de transfert de connaissances.

### *1. Les dialogues de résolution de problème*

La caractéristique de ces dialogues est d'être focalisés sur la résolution d'un problème commun aux deux interlocuteurs. Les dialogues de diagnostic et de conception que nous avons étudié en sont des exemples. Dans les dialogues de résolution de problème, le modèle de l'interlocuteur intervient soit en tant qu'étape intermédiaire de la représentation du problème, soit en tant que critère de choix de solution, soit en tant que critère d'évaluation de solution.

#### *1.1. Le modèle de l'interlocuteur comme étape intermédiaire*

Un modèle général de ces situations a été proposé par Clancey (1984). Clancey présente le MYCIN en tant qu'exemple de classification heuristique. À partir des données sur le patient et au moyen de mécanismes d'abstraction, un modèle du patient est élaboré. Ce modèle est ensuite "apparié heuristiquement", c'est-à-dire mis en relation avec une classification des pathologies. Un processus de raffinement permet ensuite la sélection d'une pathologie spécifique à l'intérieur de la classe choisie.

L'idée générale est ainsi que le modèle de l'interlocuteur constitue, dans certaines situations, une étape intermédiaire indispensable pour la résolution du problème. Bien sûr le contenu de ce modèle varie en fonction du type de problème de classification. Pour MYCIN, le contenu concerne les caractéristiques physiologiques du patient. Pour GRUNDY (Rich, 1979), système qui simule l'activité d'un libraire-conseil, le modèle décrit les caractéristiques de personnalité de l'utilisateur.

#### *1.2. Le modèle de l'interlocuteur comme critère de choix de solution*

Un bon exemple de cette situation est celle que nous présenterons plus loin : les dialogues de diagnostic téléphoniques. Les entretiens conduits auprès des experts concernés révèlent en effet que le modèle de l'interlocuteur oriente le diagnostic et aide à choisir le niveau auquel le problème doit être traité (Falzon, 1987). Si l'interlocuteur est supposé peu compétent, il est très vraisemblable qu'il s'agisse d'un problème de routine, erreur de mise en œuvre ou erreur dans le programme écrit par l'interlocuteur. En revanche, si l'interlocuteur est supposé compétent, le problème peut être plus complexe : erreur dans le programme fourni par la société, ou défaut du matériel.

Par voie de conséquence, le modèle joue un rôle indirect dans la régulation de l'implication cognitive de l'expert. En effet, le type de problème pressenti détermine des stratégies de traitement plus ou moins coûteuses cognitivement : de la seule recherche dans une bibliothèque de cas connus à une activité de résolution de problème.

À la différence de la situation décrite au § 2.1.1, le modèle de l'interlocuteur ne constitue pas ici une nécessité pour la résolution de problème : il est un des éléments permettant d'orienter cette résolution.

### *1.3. Le modèle de l'interlocuteur comme critère d'évaluation de solution*

Le rôle de la modélisation de l'interlocuteur dans la seconde situation de dialogue que nous avons étudiée (dialogues de conception) diffère. En effet, dans ces dialogues, le modèle de l'utilisateur n'est pas utilisé en tant que critère de choix de solution au problème, mais plutôt pour évaluer la qualité des solutions proposées. Par exemple, la formulation imprécise d'une solution sera attribuée, pour un interlocuteur expert, à un raisonnement que ce dernier n'a pas explicité mais qu'il maîtrise. En revanche, pour un interlocuteur novice, l'expert interprétera cette imprécision comme le signe de possibles lacunes. Dans le premier cas, la solution sera donc évaluée comme correcte, alors que dans le second, l'expert devra vérifier la représentation construite par le sujet.

## *2. Les dialogues de transfert de connaissances*

Dans ces dialogues, c'est le modèle de l'interlocuteur lui-même qui constitue l'objet de l'activité. On considèrera deux sous-classes : les dialogues pédagogiques et les dialogues d'élicitation.

### *2.1. Les dialogues pédagogiques*

Dans les dialogues pédagogiques, le but de l'expert (le tuteur) n'est pas de fournir une solution à l'élève (bien qu'il puisse le faire occasionnellement) mais plutôt d'aider le novice à trouver la solution. Ceci différencie clairement les dialogues tutoriels des dialogues considérés ci-dessus, dans lesquels l'activité de l'expert était focalisée sur la recherche de solution. Dans les dialogues pédagogiques, le tuteur cherche à fournir à l'élève les connaissances nécessaires à la résolution, à corriger d'éventuelles croyances erronées, et à orienter son processus de résolution. La tâche de l'expert consiste donc fondamentalement à évaluer les connaissances de l'élève (c'est-à-dire à élaborer un modèle de ses compétences) et à agir sur celles-ci.

### *2.2. Les dialogues d'élicitation*

Les dialogues d'élicitation de connaissances sont un cas particulier des dialogues multi-experts. Dans ces dialogues, l'expertise de l'un des participants (l'ingénieur de la connaissance) réside dans une capacité à éliciter et formaliser les connaissances de l'autre participant.

Ces dialogues ne peuvent être considérés comme de simples dialogues de consultation, puisque l'objet de l'activité est la formalisation de la connaissance d'un des participants, et non la solution d'un problème particulier. Même lorsque la méthode d'élicitation consiste à demander à l'expert de résoudre un problème, l'ingénieur de la connaissance n'est en

fait pas intéressé par la solution elle-même, mais par ce qu'elle révèle des connaissances et de leur utilisation.

Ces dialogues ne peuvent non plus être considérés comme des dialogues tutoriels, où l'expert chercherait à communiquer sa propre expertise à son interlocuteur. En fait, le but de l'ingénieur de la connaissance n'est pas d'apprendre ces connaissances, mais de les modéliser. Il doit interpréter les connaissances expertes dans le cadre des outils de formalisation dont il dispose, outils plus formels que ceux dont dispose l'élève.

Dans une certaine mesure, l'élaboration du modèle de l'interlocuteur joue un rôle encore plus central dans les dialogues d'élicitation que dans les dialogues pédagogiques, puisqu'il n'y a pas d'effet en retour sur l'expert (comme il y en a sur la modification des connaissances de l'élève).

### ***III. Modélisation de l'expertise dans des dialogues de résolution de problème***

La dernière section de ce texte est consacrée à la présentation d'une étude du processus de modélisation de l'interlocuteur par un expert humain au cours de dialogues de résolution de problème.

#### *1. Méthodologie*

La modélisation de la compétence de l'interlocuteur a été étudiée à partir de données recueillies dans deux situations de consultation différentes.

Dans les deux cas, la méthode globale de recueil d'information sur le processus de modélisation mis en oeuvre par un expert humain est la suivante :

##### *1.1. Recueil de dialogues de consultation avec expert*

###### *(i) Dialogues de diagnostic*

34 dialogues téléphoniques entre des experts et des clients ont été enregistrés en situation réelle, puis retranscrits. Lors de ces dialogues, 4 experts en automatique sont consultés (un par dialogue) par des clients confrontés à des problèmes d'utilisation d'automates programmables (Falzon 1987, Cahour 1988). Il s'agit d'une tâche de diagnostic où l'expert et l'interlocuteur cherchent à identifier et catégoriser le problème.

*(ii) Dialogues de conception*

Les dialogues sont recueillis dans un contexte expérimental (Cahour, 1989). Il s'agit d'interactions écrites, par l'intermédiaire de terminaux d'ordinateur, entre un expert et 10 sujets de type et de niveau variables ayant pour tâche de résoudre, avec l'aide de l'expert, 2 problèmes de conception de réseaux informatiques.

*1.2. Verbalisation consécutive par l'expert (ou les experts) assistée par la trace de l'activité*

Dans une seconde phase, les experts commentent les dialogues de façon très précise, pas à pas, leurs commentaires étant focalisés sur l'évaluation de la compétence de l'interlocuteur et les indices permettant cette évaluation. Cette deuxième phase permet de recueillir des indications détaillées sur le processus de modélisation de la compétence de l'interlocuteur.

Hoc (1984) a décrit les bénéfices de différents modes de verbalisation de l'activité, variant en fonction du moment de la verbalisation par rapport à l'exécution de la tâche.

La verbalisation simultanée (verbalisation au cours de l'exécution de la tâche) tend à réduire la vitesse d'exécution, surtout lorsque les représentations du sujet ne sont pas de nature verbale (nécessité de codage). Elle peut modifier l'activité-cible ou en donner une représentation fautive, si la représentation est difficile à verbaliser ou construite par

inférence (cas en particulier des automatismes, où les verbalisations peuvent avoir peu de rapport avec l'activité réelle).

La verbalisation consécutive (obtenue par des sondes, postérieurement à l'activité) présente deux écueils. D'une part, plus les sondes sont précises, plus elles peuvent induire des distorsions. D'autre part, plus les sondes sont vagues, moins l'aide sera effective et plus le sujet sera loin de l'exécution.

La verbalisation consécutive "assistée par les traces" est obtenue en présentant au sujet un enregistrement (ou une transcription de son propre comportement. Cette méthode a la même qualité qu'une verbalisation simultanée (effectuée dans des conditions adéquates, en particulier quant à la consigne proposée), et n'a pas les défauts de la verbalisation consécutive sans assistance.

Il faut souligner que la verbalisation consécutive assistée par les traces est, dans notre cas, largement différée dans le temps, ce qui permet d'étudier la réélaboration du modèle par l'expert (et non la récupération du modèle de l'interlocuteur qui avait été auparavant construit).

## *2. L'élaboration du modèle*

Les commentaires des experts relatifs à la compétence de l'interlocuteur renvoient à différents éléments. Les données indiquent que la représentation qu'ils ont de "la compétence" dépend :

- d'une part de l'évaluation des connaissances de l'interlocuteur.
- d'autre part de l'évaluation de sa manière de traiter le problème, sa capacité à utiliser ses connaissances.

Nous ne traiterons ici que de l'évaluation des connaissances et non du traitement du problème, soit la construction de représentations circonstanciées liées au contexte et à la tâche en cours (Richard, 1990). Il reste que l'opérationnalisation des connaissances intervient dans l'élaboration du modèle : l'expert évalue l'interlocuteur quant à sa manière de présenter le problème, et de l'analyser (cf. Cahour, 1988).

### *2.1. Le processus d'évaluation des connaissances : présentation globale*

Les commentaires des experts indiquent que le processus d'évaluation des connaissances s'opère à deux degrés. Les experts se font une représentation des connaissances que détient l'interlocuteur, et, à partir de cette représentation, ils infèrent son niveau ou le type de connaissances. Nous présentons dans un premier temps l'ensemble du processus puis détaillons les deux degrés de l'évaluation.

L'évaluation de premier degré renvoie à un constat sur l'état des connaissances de l'interlocuteur. Les questions que l'expert se pose sont du type : quelles connaissances, exactes ou erronées, l'interlocuteur détient-il et quelles sont ses lacunes ? L'évaluation est dite "de premier degré" parce qu'elle est réalisable par n'importe quel expert du domaine. Même ceux qui n'ont aucune expérience de la consultation et n'ont pas l'habitude de communiquer avec des interlocuteurs de niveaux variables auxquels ils doivent s'adapter, sont capables de constater l'état des connaissances de l'interlocuteur par comparaison avec leurs propres connaissances.

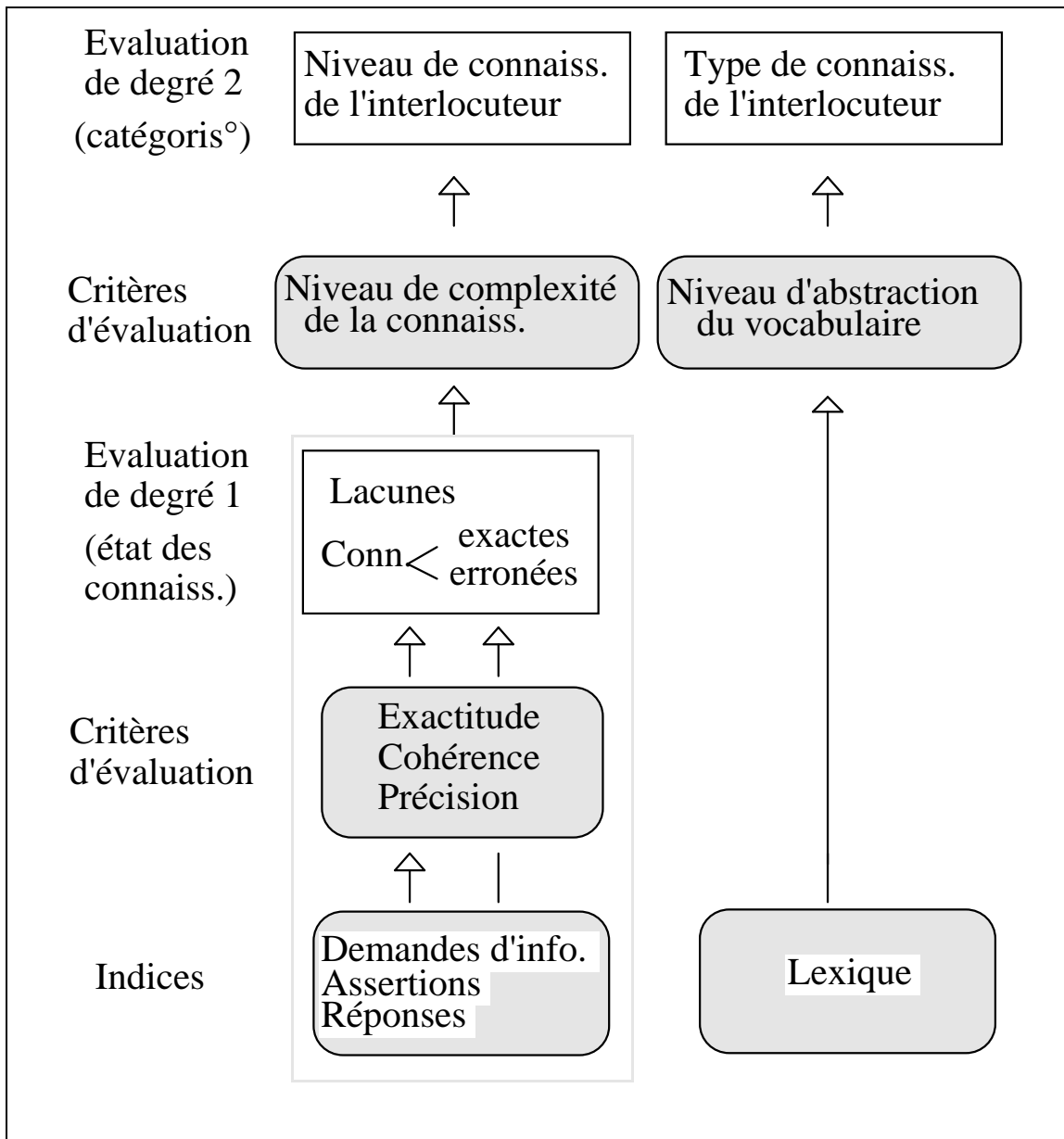


figure 1. L'évaluation des connaissances

Une évaluation de premier degré pourrait suffire si l'expert voulait se représenter les connaissances de l'interlocuteur sans les catégoriser, c'est-à-



dire sans avoir besoin de savoir si elles correspondent à un niveau de compétence élevé ou faible, si ce sont des connaissances plutôt techniques ou commerciales, etc. De nombreux modèles en EIAO s'en tiennent à cette recherche d'une représentation des connaissances de l'apprenant, leur but étant de cerner les lacunes à combler et les connaissances erronées à corriger.

Une évaluation de second degré s'ajoute à la précédente dans la situation étudiée ici. Elle a lieu lorsque l'expert souhaite catégoriser :

- le niveau de connaissance de l'interlocuteur (faible, moyen, élevé...).
- Le niveau de complexité des connaissances de l'interlocuteur permet de l'inférer.
- et/ou
- le type de connaissances qu'il possède (techniques, fonctionnelles, générales, commerciales, abstraites...). Le niveau d'abstraction du vocabulaire employé par l'interlocuteur est un critère qui permet de l'identifier.

Cette évaluation de second degré est étroitement liée à l'activité de consultation elle-même. Seul un expert qui a l'habitude d'être confronté à des interlocuteurs de niveaux variables a pu se créer des repères avec l'expérience et est capable de catégoriser les connaissances de son interlocuteur. Cette évaluation permet de choisir "comment expliquer" et non seulement "qu'expliquer" contrairement à l'évaluation de premier degré. Elle permet d'inférer des caractéristiques supplémentaires de l'interlocuteur en lui prêtant celles de la classe à laquelle il appartient.

Le processus global, schématisé dans la figure 1, peut être illustré ainsi :

- L'interlocuteur produit par exemple une assertion (indice) relative à l'objet X.
- L'expert évalue l'exactitude de cette assertion (critère d'évaluation).
- Si l'assertion est exacte, l'expert juge que l'interlocuteur a intégré une connaissance exacte (évaluation de premier degré) relative à l'objet X.

- Il se demande si cette connaissance est complexe ou simple (critère d'évaluation).
- Si la connaissance est complexe, il en conclut un niveau de connaissance élevé (évaluation de second degré).

## 2.2. Évaluation de premier degré

Les commentaires des experts indiquent qu'ils distinguent globalement les connaissances exactes (“il sait” ; “c'est vrai...”), les connaissances erronées (“il n'a pas compris” ; “c'est faux...”) et les lacunes (“il ne sait pas que...”) de l'interlocuteur.

Quels sont les indices et les critères qui permettent à l'expert d'évaluer la présence et/ou l'exactitude des connaissances de l'interlocuteur ? Les commentaires recueillis indiquent que l'expert se fonde sur des caractéristiques pragmatico-sémantiques du discours de l'interlocuteur. Il repère des actes de langage (demandes d'information, réponses, assertions<sup>3</sup>) qui sont produits par l'interlocuteur et compare éventuellement le contenu sémantique de ces actes de langage à ses propres connaissances selon différents critères d'évaluation : l'exactitude, la cohérence et la précision de ce qui est dit.

Nous présentons dans le tableau 1 les indices d'évaluation de premier degré permettant à l'expert de poser que la connaissance est exacte, erronée ou qu'il y a lacune. Cette liste ne se veut pas exhaustive mais reflète les commentaires des experts relisant les dialogues.

Connaissance exacte	Lacune	Connaissance erronée
---------------------	--------	----------------------

<sup>3</sup>Nous utilisons le terme d'*assertion* au sens d'*information fournie spontanément*, par opposition aux réponses qui dépendent des questions posées par l'interlocuteur. Cette distinction correspond à celle qu'établit Bunt (1981) entre *info-supply* et *answer*.

assertion ou présumé exact	demande d'information <sup>4</sup>	assertion ou présumé erroné
réponse exacte	absence de réponse	assertion non-cohérente assertion imprécise

Tableau 1. Les indices d'évaluation du premier degré

Les experts commentant les dialogues ne mentionnent pas souvent les connaissances exactes détenues par l'interlocuteur, sans doute parce qu'elles seraient trop nombreuses à lister. Ils relèvent davantage les lacunes et les connaissances erronées.

Ces indices sont d'une fiabilité variable ; la non-cohérence et l'imprécision des assertions sont par exemple des marques que les experts interprètent avec précaution.

*(i) Les assertions non-cohérentes*

Nous entendons par "cohérence" le fait qu'il existe des liens sémantiquement ou logiquement corrects entre les différents éléments du discours. On constate que les experts ne relient pas directement un manque apparent de cohérence dans le discours à un jugement de non-compétence de l'interlocuteur. Deux cas peuvent en effet se présenter :

- Soit l'expert perçoit que l'interlocuteur a établi un lien erroné. L'indice que constitue l'incohérence indique alors de façon fiable une connaissance erronée ;

---

<sup>4</sup> Les demandes d'information peuvent directement indiquer une lacune, sans référence aux connaissances de l'expert.

- Soit l'expert n'est pas sûr que l'interlocuteur ait établi un lien erroné. L'incohérence n'indique que de façon probable une connaissance erronée. Cette impression d'incohérence n'est peut-être due qu'à une difficulté d'expression, l'interlocuteur ne précisant pas tous les intermédiaires de son raisonnement.

*Transcription du dialogue d'origine*

*Client* : Est-ce que je mets dès la première ligne toutes les ... enfin, dès les premières lignes, toutes les étapes actives, toutes les étapes d'initialisation ? ou je fais le premier grafcet, étape d'initialisation, séquence de rebouclage, et la même chose pour les autres ? ... si vous comprenez ce que je dis.

*Commentaire de l'expert* : Alors là bon ... c'est incompréhensible, quoi, ce qu'il raconte ; là il aligne des tas de trucs : "première ligne toutes les étapes actives, étape d'initialisation" ... enfin il fait un vaste mélange où l'on n'y comprend rien ; c'est pas ... c'est incompréhensible quoi

*(ii) Les assertions imprécises*

Certaines formulations des interlocuteurs correspondent à des raccourcis dans la description d'un processus ou à une synthèse déformante de différents éléments. Cet indice de la compétence ne semble pas non plus être considéré comme très fiable par les experts car il ne peut être interprété de façon univoque. Ces déformations peuvent en effet indiquer soit de simples maladresses d'expression dues à un souci de rapidité, soit une représentation incomplète et faussée du fonctionnement du système.

Il faut de plus souligner que les techniciens n'ont pas toujours besoin de connaître le détail de fonctionnement d'un processus, cela dépend de l'utilisation qu'ils font du système. Le fait qu'ils n'en aient qu'une idée synthétique n'empêche donc pas qu'ils puissent être compétents pour résoudre ce problème.

Un exemple (dans les dialogues de diagnostic) de raccourci opéré par un client peut se schématiser ainsi :

Opérateur == actionne == capteurs ou interrupteurs == raccordés à == entrées  
 Opérateur == actionne ===== entrées

Cette fiabilité variable des indices se traduit par le fait que les jugements émis par l'expert sont la plupart du temps largement modalisés : “il connaît certainement, il ne connaît probablement pas, je ne suis pas sûr qu'il ait compris, peut-être sait-il que, apparemment il ne sait pas...”.

On note également que la qualité des connaissances est soumise à des nuances qui débordent le cadre du trio “connaissance exacte - connaissance erronée - lacune”. De fait, les commentaires de l'expert sont le plus souvent du type “il sait parfaitement que, il connaît bien, il a entendu parler de, il comprend vaguement...”. Peut-on alors s'en tenir à une schématisation réduisant “il connaît bien tel objet du domaine” et “il a entendu parler de tel objet du domaine” à : “il détient une connaissance exacte sur tel objet du domaine” ? La qualité d'une connaissance est à placer plutôt sur un continuum allant de la lacune totale (encore faut-il pour cela qu'un élément de connaissance soit totalement inconnu au sujet ...) à la parfaite maîtrise...

La représentation de l'état des connaissances du sujet en terme de connaissances exactes/erronées ou de lacunes semble donc être modulée au moins d'après ces deux dimensions que sont le degré de certitude de l'évaluation et le degré de qualité de la connaissance. Dans son système d'aide GRUNDY, Rich (1979) introduit ce type de raffinements.

### *2.3. Évaluation de second degré*

Les commentaires des experts indiquent que le processus d'évaluation se poursuit au-delà d'un simple repérage des connaissances et est complété

par une catégorisation du niveau de connaissance ou du type de connaissances de l'interlocuteur.

L'expert se réfère alors à d'autres critères d'évaluation tels que :

- le niveau de complexité des problèmes soulevés et des notions utilisées ;
- le niveau d'abstraction du lexique employé par l'interlocuteur.

Il est probable que seule une activité régulière de consultation avec des interlocuteurs de niveaux divers permette à l'expert d'organiser ses connaissances selon une hiérarchie de complexité et de classer le lexique du domaine selon une hiérarchie d'abstraction.

Cette idée d'une évaluation de deuxième degré acquise avec l'expérience rappelle la situation de l'enseignant qui, en début de carrière, ne cerne pas bien ce qui pose problème à ses élèves ni le registre lexical qu'il peut employer pour être compris<sup>5</sup>. C'est progressivement qu'il acquiert ces connaissances, au contact des apprenants. Claes & Salembier (1988) remarquent ainsi que le repérage des éléments du domaine susceptibles de causer des difficultés à certains types d'apprenants (notions critiques) se constitue principalement à partir de situations rencontrées antérieurement. C'est donc à partir de l'expérience pratique d'experts que les auteurs ont construit des classes prototypiques d'apprenants.

Cette évaluation de deuxième degré peut être considérée comme une catégorisation heuristique (Clancey 1984), une relation heuristique étant basée sur un modèle du monde parfois incomplet et étant souvent construite par l'expérience. L'expert dispose ici de données (les indices) qu'il a abstraites par comparaison avec ses propres connaissances pour aboutir à une représentation de l'état des connaissances de l'interlocuteur (évaluation de premier degré). L'état de ces connaissances est alors apparié aux catégories que sont les différents niveaux et types de connaissances ; cet appariement est réalisé à partir de critères que l'expert s'est forgé avec l'expérience de l'évaluation.

---

<sup>5</sup> Par ailleurs, il doit aussi faire acquérir des connaissances lexicales.

*(i) Niveau de connaissance*

L'expert identifie l'état de l'objet de connaissance traité (lacune, connaissance exacte ou erronée), mais il évalue également la complexité de cet objet. Les commentaires relatifs aux connaissances de l'interlocuteur sont en effet souvent accompagnés d'une évaluation de l'état de connaissance ("il devrait le savoir" ou "tout le monde le sait"...). Par exemple, si l'expert décèle une lacune chez son interlocuteur, il se demande si cette lacune correspond à une connaissance simple ou à une connaissance complexe. C'est donc une évaluation de premier degré ("il ne sait pas ça...") combinée avec un repérage de la complexité de l'élément de connaissance ("...or c'est très simple...") qui permettent une catégorisation du niveau de l'interlocuteur, ou évaluation de second degré ("...donc il est probablement<sup>6</sup> peu compétent").

*Commentaire de l'expert* : Là le problème, c'est que je sais pas l'issue ... je sais pas si c'est une panne très simple qu'il y a eu, ou si c'est un aléa, une panne très complexe ; en fonction de l'issue de l'histoire, j'aurais pu le dire ; si c'est quelque chose de très complexe, il se peut que malgré tout il était quand même compétent mais qu'il n'arrive pas à s'en sortir par son incohérence.

La complexité est elle-même relative au type d'interlocuteur dont il s'agit. Une lacune concernant un objet de connaissance peut être considérée comme normale pour un certain type d'interlocuteur, et indiquer une faible compétence pour un autre type d'interlocuteur. L'expert ne construit apparemment pas une seule échelle de complexité des objets ou problèmes mais plusieurs échelles selon le type d'interlocuteur auquel il a affaire.

Les objets ou les concepts manipulés permettent également d'évaluer le niveau global de connaissance. Par exemple, dans les dialogues de

---

<sup>6</sup> On note que l'évaluation de second degré est également soumise à des modalisations indiquant que le degré de certitude de l'évaluation est variable.

diagnostic, le type de matériel utilisé est un indicateur de la complexité des problèmes soulevés. Si un client rencontre des difficultés pour l'utilisation d'un matériel bas de gamme, c'est-à-dire d'utilisation simple, l'expert peut en conclure qu'il a peu de connaissances puisque les problèmes soulevés par ces matériels sont simples.

Ce processus d'évaluation en deux temps (1° : le sujet a telle connaissance, 2° : cette connaissance est de tel niveau, DONC le sujet appartient à telle catégorie) semble assez proche du fonctionnement de certains programmes de modélisation de l'utilisateur.

Chin (1986) définit ainsi quatre catégories d'utilisateurs (novice, débutant, intermédiaire, expert) à partir de la complexité des commandes qu'ils utilisent, pour élaborer un programme de modélisation de l'utilisateur dans le cadre d'un système d'aide à l'utilisation d'UNIX. Les règles utilisées sont du type : si l'utilisateur connaît un fait complexe, il est impossible qu'il soit novice ou débutant, improbable qu'il soit intermédiaire et probable qu'il soit expert ; si l'utilisateur ne connaît pas un fait simple, il est probable qu'il soit novice, improbable qu'il soit débutant, et impossible qu'il soit intermédiaire ou expert. On trouve également dans le système d'aide à l'utilisation de SCRIBE (Rich, 1983) une catégorisation des concepts manipulés pour construire un modèle de l'utilisateur.

### *(ii) Type de connaissance*

Les experts produisent des commentaires qui portent sur le lexique utilisé par l'interlocuteur pour décrire le système. Ils interprètent le vocabulaire employé en terme de niveau d'abstraction et en dégagent le type d'interlocuteur auquel ils ont affaire.

*Commentaire de l'expert :* On sent que c'est le technicien, quoi, enfin dans le sens péjoratif du terme, c'est-à-dire qu'il a son "disque avec des fentes", alors qu'un technicien de plus haut niveau aurait dit "j'ai des impulsions". Lui, le pauvre type, on lui a mis un disque avec des fentes, et malheureusement il a des impulsions qui lui arrivent, il faut qu'il les compte,



il s'attache à ce disque avec ses fentes, alors que la source c'est pas le disque, on s'en fout, c'est les impulsions qui lui arrivent.

Le vocabulaire est donc un indice du type d'interlocuteur : un expert dans le domaine emploiera par exemple une terminologie davantage liée à la fonction des objets qu'à leur structure physique. On peut imaginer une hiérarchie d'abstraction du vocabulaire avec des “paliers” qui seraient typiques de certaines catégories d'utilisateurs : commercial, technicien, ingénieur... (cf. Falzon 1987).

Rasmussen (1986) pose que différentes catégories de relations entre les concepts sont utilisées selon les buts de l'opérateur. Il remarque que les représentations d'un système physique peuvent varier selon deux dimensions :

- une dimension abstrait-concret (ou moyens-fins), les différents niveaux d'abstraction allant de la forme physique au but en passant par la fonction du système.
- une dimension représentant la relation partie-tout qui est liée au niveau de détail choisi pour la description.

Il semble donc que non seulement les buts mais aussi le type de compétence de l'utilisateur d'un système influent sur la façon dont il perçoit les propriétés. La description qu'il va en faire pourra varier selon des dimensions similaires à celles qui ont été définies par Rasmussen.

### *3. Aspects dynamiques du modèle*

Nous voudrions ici résumer les aspects dynamiques de la modélisation, dont certains ont déjà été abordés. Le modèle de l'interlocuteur contient d'une part l'état des connaissances de l'interlocuteur, d'autre part la catégorisation de l'interlocuteur en terme de niveau et de type d'expertise. Il se construit au moyen d'inférences descendantes, ascendantes, et horizontales.

*(i) Inférences ascendantes*

Elles sont de deux types. D'une part, des indices pragmatico-sémantiques prélevés dans le discours de l'interlocuteur permettent d'inférer l'état des connaissances et, dans certains cas (indices lexicaux), la ou les classe(s) d'interlocuteurs. D'autre part, des indices prélevés sur l'état des connaissances permettent d'associer heuristiquement l'interlocuteur à une classe ou à des classes d'interlocuteurs potentiels ("s'il (ne) connaît (pas) X, alors l'interlocuteur appartient à telle classe").

*(ii) Inférences horizontales*

La représentation de l'état des connaissances elle-même permet également à l'expert d'inférer d'autres éléments sur l'état des connaissances lui-même ; on relève des commentaires du type : "s'il (ne) connaît (pas) X et qu'il (ne) connaît (pas) Y, alors il (ne) connaît (pas) Z".

*(iii) Inférences descendantes*

La catégorisation de l'interlocuteur fournit des informations supplémentaires sur l'état des connaissances de l'interlocuteur : "s'il appartient à telle catégorie alors il (ne) connaît (pas) Y".

Enfin, ce modèle de la compétence de l'interlocuteur élaboré par l'expert est dynamique à un autre titre : il évolue au cours du dialogue, en se précisant ou en se modifiant (Cahour, 1988). La correction ou la régulation du modèle est fondée sur des marques de sur-évaluation ou de sous-évaluation, détectées par l'expert, qui sont :

- soit fournies volontairement et explicitement par l'interlocuteur qui agit alors directement sur la représentation qui est faite de sa propre compétence ;
- soit interprétées comme telles par l'expert qui corrige alors de lui-même le modèle qu'il a construit.

Béatrice CAHOUR & Pierre FALZON

Institut National de Recherche  
en Informatique et en Automatique  
Rocquencourt, B.P. 105  
78153 Le Chesnay Cedex, France

### *Références*

- Alty, J.L. & Coombs, M.J. (1981) Communicating with university computer users: a case study. In M.J. Coombs & J.L. Alty (Eds.) *Computing skills and the user interface*. Londres: Academic Press.
- Boose, J.H. (1989) EKAW tutorial notes: Interactive knowledge acquisition tools. In J.H. Boose, B. Gaines & J.-G. Ganascia, *EKAW'89, Third European Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*. Paris, Juillet 1989.
- Bunt, H.C. (1981) Conversational principles in question-answer dialogues. In D. Krallman & G. Stickel (Eds.), *Zur Theorie der Frage*. Gunter Narr Verlag Tübingen (FRG).
- Cahour, B. (1988) *Les dialogues de consultation : vers un modèle pour évaluer la compétence de l'interlocuteur* (Rapport INRIA 931). Rocquencourt : INRIA.
- Cahour, B. (1989) *Simulation of interactions between users and a KBS*, vol. 1: description of the experimentation, Deliverable 14 du projet Esprit II MMI2.
- Chappel, H., Ringland, G., Wilson, M., Cahour, B. & Falzon, P. (1989) *User modelling for co-operative advisory systems based on natural language : a literature review* (report RAL-89-108). Chilton: Rutherford Appleton Laboratory.
- Chin, D.N. (1986) User modeling in UC, the UNIX consultant. In M. Mantei & P. Orbeton (Eds.), *Human factors in computing systems - III*. Amsterdam : North Holland.
- Chu, Y.Y. & Rouse, W.B. (1979) Adaptive allocation of decision-making responsibility between human and computer in multitask situations. *IEEE SMC*, 9 (12).
- Claes, G. & Salembier, P. (1988) Analyse de l'activité tutorielle et représentation des connaissances dans un système d'auto-formation. Actes du colloque *Ergo-IA' 88*, Biarritz, 4-6 oct.
- Clancey W.J. (1984) *Classification problem solving*. (Report Stan-CS-84-1018). Stanford: Stanford University, Department of Computer Science.
- Coombs, M.J. & Alty, J.L. (1984) Expert systems: an alternative paradigm. *International Journal of Man-Machine Studies*, 20, 21-43.

- Cosnier, J., Gelas, M. & Kerbrat-Orecchioni, C. (1988) *Échanges sur la conversation*. Paris : Editions du CNRS.
- Falzon, P. (1987) *Les dialogues de diagnostic: l'évaluation des connaissances de l'interlocuteur*. (Rapport INRIA 747). Rocquencourt : INRIA.
- Falzon, P. (1989) *Ergonomie cognitive du dialogue*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Fitts, P.M. (1951) *Human engineering for an effective air navigation and traffic control system*. Washington, D.C.: National Research Council.
- Greif, I. (1988) *Computer-supported cooperative work : a book of readings*. San Mateo, CA: Morgan Kaufman.
- Kass, R. & Finin, T. (1987) Rules for the implicit acquisition of knowledge about the user. *AAAI- 87*, Seattle, July 13-17.
- Maïs, C. (1988) Pour des systèmes d'aide à la réalisation de procédures sous-optimales. In AFCET (éd.) *Actes du colloque ERGO-IA'88*. Biarritz, 4-6 Octobre 1988.
- Maïs, C. (1989) *L'adaptation de l'aide à l'utilisateur. Aider les programmeurs occasionnels à opérationnaliser leurs plans sous-optimaux*. Thèse de doctorat. Aix-Marseille I, Université de Provence.
- Millot, P. (1987) *Coopération homme-machine dans les tâches de supervision des procédés automatisés*. Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis.
- Moeschler, J. (1989) *Modélisation du dialogue. Représentation de l'inférence argumentative*. Paris : Hermès.
- Rasmussen, J. (1986) *Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering*. Amsterdam: North Holland.
- Rich, E. (1979) User modelling via stereotypes, *Cognitive Science*, 3, 329-354.
- Rich, E. (1983) Users are individuals: individualizing user models. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18, 199-214.
- Richard, J.F. (1990) *Les activités mentales*, Paris, Armand Colin.
- Roth, E.M., Bennett, K.B. & Woods, D.D. (1987) Human interaction with an intelligent machine. In G. Mancini, D.D. Woods & E. Hollnagel (éds.) *Cognitive engineering in dynamic worlds*. London: Academic Press.
- Waern, Y. (1989) *Cognitive aspects of computer supported tasks*. Chichester : Wiley.
- Woods, D. D. (1986) Cognitive technologies : the design of joint human-machine cognitive systems. *AI Magazine*, Winter (6), 86-92.
- Woods, D.D. & Roth, E.M. (1988) Aiding human performance II: From cognitive analysis to support systems. *Le Travail Humain*, 51(2), 139-172.