HAL open science

La réutilisation de connaissances: "Vers une aide a la réutilisation de cas..."

Laurence Perron

To cite this version:

Laurence Perron. La réutilisation de connaissances: "Vers une aide a la réutilisation de cas...". [Rapport de recherche] RR-2415, INRIA. 1994. inria-00074260

HAL Id: inria-00074260

https://inria.hal.science/inria-00074260v1

Submitted on 24 May 2006

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

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

INRIA

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE

La réutilisation de connaissances "Vers une aide a la réutilisation de cas..."

Laurence PERRON

N° 2415
Novembre 1994

PROGRAMME 3

Rapport de recherche

La réutilisation de connaissances
"Vers une aide à la réutilisation de cas..."

Laurence PERRON *

Programme 3
Projet Psycho-Ergo
Rapport de recherche n° 2415 - Novembre 1994 - 69 pages

Résumé : La réutilisation de connaissances peut être définie comme la récupération de connaissances "épisodiques" en mémoire et leur utilisation via un raisonnement analogique pour résoudre de nouveaux problèmes.

L'analogie a été étudiée dans deux approches -"syntaxique" et "pragmatique". Ce mode particulier de résolution occultant la phase de récupération, nous nous sommes intéressés à la "mémoire". La "réutilisation" a été abordée dans deux tâches -conception et diagnostic.

Le "raisonnement à partir de cas" en intelligence artificielle se présentant comme proche du fonctionnement humain, mais centré sur des problèmes techniques et négligeant la prise en compte des utilisateurs, nous proposons une approche interdisciplinaire.

Mots-clé : Réutilisation de connaissances - analogie - similarité - récupération en mémoire - connaissances épisodiques - système d'aide - raisonnement à partir de cas.

Cette recherche a bénéficié du soutien du CNET au titre du marché n°94 5B 008.

* E-mail : Laurence.Perron@inria.fr

Unité de recherche INRIA Rocquencourt
Domaine de Voluceau - Rocquencourt - B.P. 105 - 78153 Le Chesnay Cedex (France)
Téléphone : +33 (1) 39 63 55 11 - Télécopie : +33 (1) 39 63 58 88 - Télex : 697 033 F

Reuse of knowledge
"Supporting the reuse of cases..."

Abstract : Knowledge reuse can been defined as the retrieval of episodic knowledge in memory and its use through analogical reasoning in order to solve new problems.

Analogy has been studied using two approaches - "syntactic" and "pragmatic". Because both views of this particular mode of problem solving neglect the retrieval step, we focus on "memory". Reuse has been examined in two tasks - design and diagnosis.

Case-based reasoning as studied in Artificial Intelligence seems be close to human reasoning, but it is centred on technical problems and neglects user-related aspects; therefore we suggest an interdisciplinary approach.

Key-words : knowledge reuse - analogy - similarity - retrieval from memory - episodic knowledge - support tools - case-based reasoning.

1 Introduction

Du fait de l'automatisation croissante des systèmes de production, il s'est avéré utile, voire indispensable, dans un souci de fiabilité et de productivité, d'aider les opérateurs à résoudre les problèmes rencontrés lors de leurs activités. Cette aide peut prendre la forme d'un système à base de connaissances. La conception de tels systèmes doit répondre à, au moins, deux objectifs : conserver les connaissances et les "savoir-faire" des opérateurs expérimentés, et fournir et rendre accessible, au moment opportun, ces connaissances aux opérateurs -novices ou experts- pour qu'ils puissent les réutiliser.

Dans cette optique, nous proposons d'étudier les conditions favorisant la réutilisation de connaissances dans la résolution de problèmes -qui peut être définie comme la récupération en "mémoire" de connaissances épisodiques[1] issues du traitement d'incidents antérieurs[2] et leur utilisation via un raisonnement analogique pour résoudre un nouveau problème. Plus particulièrement, nous nous focaliserons sur l'étude des indices de récupération des connaissances en mémoire et des processus de résolution de problèmes via un raisonnement analogique.

L'identification des indices et des processus qui permettent à un opérateur de récupérer des connaissances utiles et utilisables pourrait constituer une base utile pour la conception de systèmes capitalisant l'expertise. L'analyse des mécanismes de résolution de problèmes par analogie pourrait permettre d'offrir une aide adaptée à l'opérateur (aide à la résolution de problèmes).

Peu d'études empiriques sur le raisonnement analogique ont été menées dans des situations de travail ; quelques études ont été faites sur des tâches de conception (Visser 1987b, 1992b). La plupart l'ont été, cependant, dans le cadre d'expériences de laboratoire. Même si ces dernières ont peu porté sur des tâches réelles ou au moins réalistes (Visser, 1992b), elles peuvent contribuer à fournir des hypothèses de travail, tant d'un point de vue théorique que méthodologique.

Tant du point de vue des approches que des modèles ou des théories, il existe une littérature très importante sur l'analogie ; et le concept de "similarité" y est une notion centrale. Aussi il apparaît important de définir les rapports qui existent entre "analogie" et "similarité", dans l'objectif d'établir :

- les attributs qui permettent à un individu de déterminer qu'un fait est similaire à un autre ;
- les attributs qui permettent à un individu de déterminer qu'un fait est utile dans la résolution d'un problème.

La première partie de ce document décrit l'analogie dans le cadre des deux principales approches dans le domaine -"syntaxique" et "pragmatique"- et plus particulièrement ce que l'on entend comme processus sous le terme "raisonnement analogique" et quels sont les rapports qu'entretiennent la similarité et l'analogie. Nous y introduisons aussi le concept de catégorisation dans la mesure où il fait appel à l'abstraction dont l'importance apparaît prépondérante pour l'analogie. Puis, nous essayons de voir les limites des cadres théoriques concernant l'analogie, notamment du point de vue de la récupération des connaissances en mémoire et du modèle de la

1 Le terme "épisodique" désigne les connaissances portant sur des expériences particulières et concrètes (Tulving, 1976).

2 Cette revue de question est faite dans le cadre plus large d'une recherche sur la supervision et le diagnostic en temps réel de réseaux de télécommunications.

mémoire (sémantique) sur lesquels ils reposent. Ceci nous amène à introduire un autre modèle de la mémoire, qui distingue à côté de la mémoire sémantique, une mémoire "épisodique" pour laquelle les mécanismes de récupération différent de ceux de la mémoire sémantique.

La deuxième partie porte sur la mémoire et plus particulièrement sur la récupération des connaissances. Nous commençons par décrire la "mémoire" en termes d'unité(s) de stockage ou de processus et précisons ce que l'on entend par mémoire sémantique et épisodique. Puis, nous exposons le rôle des indices et décrivons divers modèles de récupération et notamment la théorie de l'ecphorie synergique introduite par Tulving qui a mis l'accent sur le contexte. Selon cette théorie, le contexte de codage est inséparable du contexte de récupération. Après avoir examiné le rôle que pourraient avoir les connaissances épisodiques dans l'émergence de connaissances plus générales, nous terminons sur l'importance de la notion de contexte pour notre problématique.

La troisième partie aborde le problème de la pertinence du concept de réutilisation dans le cadre plus large des activités de travail. Deux domaines de tâche sont brièvement explorés : la conception et le diagnostic. Notre propos étant de fournir des spécifications à la conception de systèmes d'aide, il s'avère indispensable de voir quelle est la place de la réutilisation dans des tâches réelles. De plus, il est utile d'un point de vue théorique d'articuler les modèles concernant la tâche, la résolution de problèmes par analogie et la récupération des informations en mémoire.

La quatrième partie a trait au "raisonnement à partir de cas[3]" en Intelligence Artificielle. Cette approche née Outre-Atlantique dans les années 80, est souvent présentée comme une théorie de la cognition (humaine). Si elle a été pensée, au niveau conceptuel, pour pallier aux insuffisances des systèmes experts classiques, il n'en demeure pas moins que, par les prototypes réalisés ou en cours, elle reste -comme ceux-ci- très centrée sur les aspects techniques plutôt que sur des considérations d'utilisabilité.

La dernière partie fera la synthèse des principaux points abordées, tant au niveau théorique que méthodologique.

2 L'analogie

L'analogie est un mécanisme de mise en correspondance entre la structure relationnelle d'un système de connaissances qui est la "source" et un autre système qui est la "cible". Quand l'analogie est traitée dans le cadre paradigmatique de la métaphore computationnelle, on suppose qu'il existe une correspondance, d'une part, entre les structures de la pensée humaine et les représentations utilisées dans les programmes informatiques ; d'autre part, entre les processus humains et la façon dont les programmes sont exécutés. Le raisonnement analogique serait une forme de computation et la simulation un moyen de vérifier ce qui gouverne la pensée humaine (Thagard, 1988).

L'analogie comporte quatre dimensions : la représentation, la récupération, l'exploitation et l'apprentissage.

Si la représentation ne pose pas de problème en matière de formalismes "in abstracto", elle reste néanmoins soumise, comme le souligne Le Ny (1989) au fait que

[3] Le "cas" est un terme qui renvoie à un épisode particulier relatif à une prise de décision particulière ou à la résolution d'un problème spécifique. L'expérience antérieure (d'un système, d'un opérateur) peut être représentée sous la forme d'un ensemble de cas.

"le modèle de structure de la mémoire que l'on adopte doit aussi être compatible avec le modèle des processus par lesquels elle est mise en oeuvre" (p. 57). Il y a principalement deux façons de représenter les connaissances en mémoire : la première fait appel aux "modèles en réseaux qui s'accommodent mieux des modèles de traitement avec diffusion d'un processus d'activation" ; la seconde, "les modèles de mémoire en propriétés ou à traits s'accommodent mieux des modèles de traitement avec appariement" (p. 57).

La récupération dépend ainsi étroitement du formalisme adopté pour représenter les données. Selon Thagard (1988), on peut distinguer différents types de récupération : l'incitation (le fait de procurer une analogie explicitement) - l'indexation sur des traits, des buts et des erreurs - la propagation de l'activation dirigée par le problème - la propagation de l'activation indirecte - la recherche exhaustive.

L'exploitation consiste à mettre en correspondance une source et une cible afin de produire une réponse plausible qui est ensuite évaluée ou justifiée. L'étape cruciale de la mise en correspondance s'effectue selon des principes différents selon les modèles. Ils sont d'ordre syntaxique dans l'approche de Gentner et pragmatique dans celle de Holyoak.

Si le recours à l'analogie s'avère réussi -et peut-être également, s'il ne l'est pas- les résultats sont stockés (sous forme de concepts, règles ou schémas de problème) et constitueront une base pour de nouveaux appariements -ce qui constitue une forme d'apprentissage (Thagard, 1988).

La résolution de problèmes par analogie est une des formes empruntées par les individus pour trouver une solution à un problème. Dans la résolution de problèmes en psychologie, on peut distinguer plusieurs modes de recherche de solutions qui selon Visser (1992b) seraient appliqués dans l'ordre suivant :

1- la récupération de la solution telle quelle en mémoire, qui n'est pas à proprement parler une "résolution de problèmes", dans la mesure où le sujet dispose d'une procédure lui permettant d'atteindre son but ;

2- l'application de connaissances relatives à une catégorie de problèmes, ce qui consiste pour le sujet à identifier la catégorie dont relève le problème qu'il a à résoudre et à appliquer les connaissances relatives à cette catégorie en les particularisant pour les données du problème ;

3- la récupération en mémoire d'un problème similaire quand le sujet ne dispose pas de catégories, mais qu'il connaît un problème similaire, ce qui peut lui permettre de résoudre son problème par un raisonnement analogique ;

4- la construction d'une solution à partir de connaissances générales.

Deux approches ont dominé la recherche dans le domaine de l'analogie ; elles sont souvent présentées comme rivales (Novick, 1988). Il s'agit de l'approche "syntaxique" proposée par Gentner, et de l'approche "pragmatique" de Holyoak. Un problème important dans le contexte qui nous intéresse particulièrement est le suivant. Comme ces approches ne sont basées que sur des études dans lesquelles les problèmes analogues sont fournis aux sujets par les expérimentateurs et non pas récupérés spontanément[4] par les sujets eux-mêmes, elles introduisent une limitation par rapport à l'étape importante de la récupération en mémoire.

---

[4] Clement (1982) a étudié des cas d'analogies évoquées spontanément. Mais il ne se situe pas spécialement dans l'une des deux approches. Visser (1992) a également observé la récupération

2.1. L'approche syntaxique

Comme l'indique Novick (1988), Gentner distingue l'analogie et la similarité et s'appuie sur ces distinctions pour bâtir sa théorie de la mise en correspondance des structures. Cette dernière décrit les règles implicites d'interprétation de l'analogie, et ce qui distingue l'analogie de la similarité et de l'application d'abstraction.

Deux points semblent dominer cette théorie de l'analogie, l'approche syntaxique et le principe de systématicité.

L'approche est dite "syntaxique" dans la mesure où ce sont les structures des informations et non pas leur contenu qui déterminent le type d'analogue et la mise en correspondance.

Les structures prédicatives peuvent être considérées comme des unités cognitives susceptibles de représenter les connaissances stockées en mémoire à long terme. Dans le modèle prédicatif, les représentations propositionnelles sont décrites sous la forme "prédicat-argument" et sont considérées comme les unités cognitives de base qui servent à raisonner -inférer de nouvelles propositions à partir d'anciennes (Le Ny, 1989).

Exemple d'une structure prédicative selon le format
prédicat (argument1, ...argument n) :
distance (soleil, planète)

Selon l'approche de Gentner, les éléments des deux situations qui vont être mis en correspondance dépendent seulement des propriétés syntaxiques et non des aspects sémantiques des connaissances. L'approche syntaxique définit l'analogie comme une relation entre des systèmes de connaissances interconnectées. Chaque système de connaissances peut être représenté comme un ensemble de structures prédicatives dans laquelle les prédicats d'ordre supérieur "renforcent" les connections entre les prédicats d'ordre inférieur.

L'analogie se caractérise par la mise en correspondance de relations entre des structures relationnelles de la source et de la cible, plutôt qu'entre des objets visés rentrant dans ces relations (des prédicats ou des arguments). Les relations particulières qui sont mises en correspondance sont celles qui sont relatives à des relations d'ordre supérieur.

L'ordre d'une relation est déterminé par la nature de ses arguments. Dans une relation de premier ordre, les arguments sont des objets ; une relation de deuxième ordre a, au moins, une relation de premier ordre comme argument ; quant à une relation de $n^{ième}$ ordre, elle a au moins une relation d'ordre $n-1$ parmi ses arguments (Gentner, 1983).

L'ordre des relations indique la multiplicité des liaisons entre les unités cognitives comme le souligne Le Ny (1989, pp. 202-203) :

> *"Les unités peuvent être atomiques, comme c'est le cas pour les traits ; elles peuvent être moléculaires, sous forme de configurations de traits ou d'unités lexicales. Elles peuvent aussi être macromoléculaires sous forme de configurations de configurations, constituant des concepts de complexité croissante".*

d'analogies sans intervention de l'extérieur ; ces études n'avaient cependant pas été conçues pour examiner le raisonnement analogique.

L'analogie de Rutherford (dont s'est servie Gentner) qui est une bonne illustration des principes de mise en correspondance de structures consiste à mettre en correspondance les structures analogues du système solaire et de l'atome (v. figure 1).

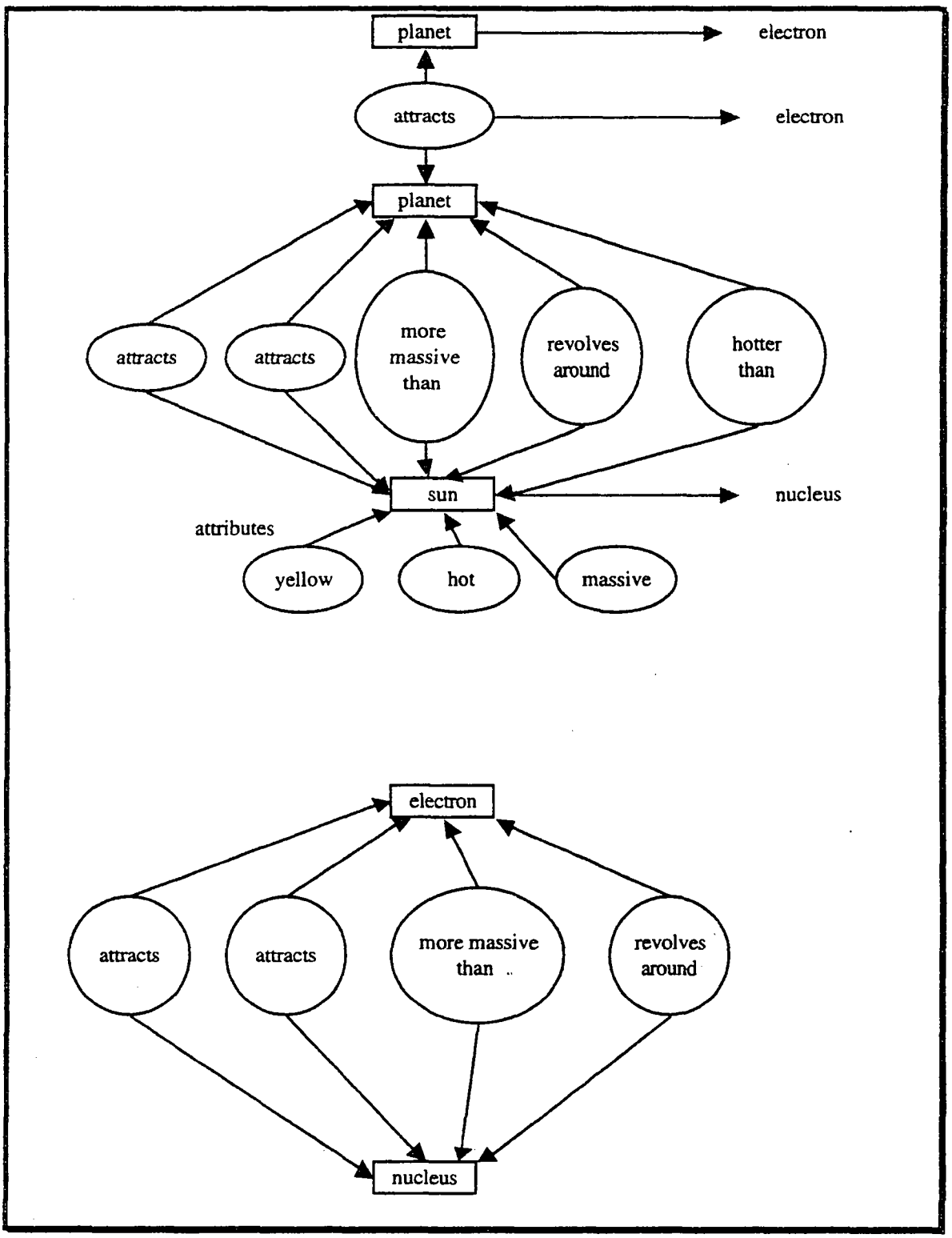

Figure 1. Mise en correspondance de structure pour l'analogie de Rutherford "l'atome est comme le système solaire" (d'après Gentner & Landers, 1985)

L'analogie entre le système solaire et l'atome est établie par la mise en correspondance de relations entre les structures relationnelles de l'atome et du système solaire (v. tableau 1).

Tableau 1. Les relations de bas niveau et les relations d'ordre supérieur pour le système solaire et l'atome (d'après Gentner, 1983)

Les relations de bas niveau (inférieur) :

pour le système solaire
(1) DISTANCE (sun, planet)
(2) ATTRACTIVE FORCE (sun, planet)
(3) REVOLVES AROUND (planet, sun)
(4) MORE MASSIVE THAN (sun, planet)

pour l'atome
(1) DISTANCE (nucleus, electron)
(2) ATTRACTIVE FORCE (nucleus, electron)
(3) REVOLVES AROUND (electron, nucleus)
(4) MORE MASSIVE THAN (nucleus, electron)

Les relations d'ordre supérieur :

pour le système solaire : la force gravitationnelle
pour l'atome : la force électromagnétique

Les relations d'ordre supérieur sont représentées par la force gravitationnelle pour le système solaire et par la force électromagnétique pour l'atome. Elles ont, en tant que prédicats, pour arguments des relations de bas niveau telles que "distance", "force attractive", "tourne autour", "plus massive que". Ces dernières sont d'un point de vue syntaxique similaires.

2.2. L'approche pragmatique

Holyoak situe l'analogie dans le cadre des recherches sur l'induction[5] et de la théorie des schémas[6]. La fonction de l'analogie est de transférer des connaissances d'une situation connue à une nouvelle.

Ce qui distingue l'instanciation de schémas du raisonnement analogique est que, pour ce dernier, la comparaison ou mise en correspondance s'effectue entre deux éléments d'un même niveau d'abstraction, généralement concret, même si elle peut être faite entre deux structures abstraites. Le raisonnement à l'aide de schémas, ou l'instanciation de schémas, implique la comparaison d'une représentation d'une situation concrète à une représentation mentale plus abstraite (Holyoak, 1984 ; Richard, 1990).

Le raisonnement analogique et celui à base de schémas sont tous les deux utilisés dans le transfert, c'est-à-dire qu'ils font appel à l'utilisation de connaissances antérieures pour résoudre une situation nouvelle mais similaire. Dans le cadre de ses recherches sur l'induction, Holyoak considère que le raisonnement analogique inclut un processus d'appariement et serait à l'origine de l'acquisition des schémas

5 L'induction est une "démarche inférentielle dont le but est à partir de prémisses particulières posées comme vraies d'obtenir une conclusion plus générale" (Politzer, 1990, p. 120).

6 La notion de schéma a été introduite par Minsky (1975) sous le terme de "frame" et développée par Schank et Abelson (1977) "pour décrire des organisation d'événements et d'actions (...). Les schémas sont des structures générales abstraites qui s'appliquent à différentes situations concrètes." (Cordier & Denhière, 1991, pp. 38-39)

(Holyoak 1984, 1985). Comme le souligne Novick (1988), reprenant la théorie de Thorndike (1903), les connaissances relatives à une situation peuvent influencer la performance à réussir dans une autre situation si, et seulement si, les deux situations sont similaires car ayant des éléments en commun. La théorie du transfert s'appuierait donc sur la notion de "similarité" entre deux situations. Pour Holyoak (1984), ce sont les relations causales qui permettraient de faire la distinction entre l'analogie et la similarité. Une analogie profonde est une analogie dans laquelle les relations causales essentielles sont maintenues (Gick & Holyoak, 1980).

L'approche proposée par Holyoak est caractérisée de "pragmatique" dans la mesure où l'analogie y est jugée comme fortement dépendante de son contexte d'utilisation. Les aspects de la source pouvant être transférés à la cible sont déterminés par une variété de facteurs : les aspects de la source conventionnellement pris comme importants ou saillants (Ortony, 1975 ; cité par Holyoak, 1985), le but apparemment utilisé pour la mise en correspondance (par exemple, les aspects de la cible à expliquer), les relations causales qui sont connues comme centrales dans la source (Winston, 1980 ; cité par Holyoak, 1985).

2.3. La résolution de problèmes, le raisonnement par analogie

Parmi les différents modes de traitement faisant intervenir l'analogie (raisonnement, résolution de problèmes, compréhension et apprentissage), nous nous centrons ici sur le raisonnement analogique.

2.3.1. Raisonnement analogique et approche syntaxique

Le raisonnement analogique peut être décomposé en plusieurs étapes (Gentner & Landers, 1985) :

- l'accès à un analogue (appariement d'une source en mémoire avec une cible, c'est-à-dire le fait qu'une cible puisse permettre l'évocation et la récupération d'une source en mémoire) ;

- la possibilité de faire des inférences en rapport avec la cible en s'appuyant sur le principe de systématicité, c'est-à-dire en se basant sur une structure relationnelle hautement systématique entre la source et la cible, car valide pour des relations d'ordre supérieur.

Le principe de systématicité opère comme une contrainte de sélection, en définissant comment un prédicat sera plus facilement "importé" dans une cible s'il appartient à un système de relations mutuellement interconnectées par un prédicat d'ordre supérieur (Gentner, 1989), telles que les chaînes de causalité ou d'implication logique (Gentner & Toupin, 1986).

Par comparaison avec l'approche pragmatique de Holyoak où les buts sont prépondérants, on pourra noter que dans les versions les plus récentes de sa théorie, Gentner (1989) tient compte aussi des buts dans son modèle, mais seulement pour contraindre les entrées et pour valider les sorties. Le mécanisme de mise en correspondance reste, quant à lui, basé sur le principe de systématicité indépendamment des buts (Gentner, 1988).

2.3.2. *Raisonnement analogique et approche pragmatique*

Chez Holyoak, dans l'analogie, chaque problème "analogue" est considéré comme une instance d'un schéma de problème plus général, lequel est organisé hiérarchiquement avec un état initial (but, ressources, contraintes), un plan d est une issue actuelle ou anticipée de réalisation du plan. Le sujet ne possède pas nécessairement un tel schéma, mais il peut ou pourrait l'abstraire via la mise en correspondance de plusieurs problèmes analogues.

Un schéma de problème est une catégorie abstraite que l'on peut considérer comme étant constituée d'un groupe de règles synchroniques pour catégoriser les situations (c'est l'organisation verticale) et de règles diachroniques de type procédural "situation-action", permettant la construction d'un type de solution appropriée (c'est l'organisation horizontale) (Gick & Holyoak, 1980 ; Holyoak, 1984).

Le raisonnement analogique est un mécanisme à double effet, puisqu'il permet de créer de nouveaux schémas par induction (par exemple, une version généralisée d'un plan) et d'appliquer des procédures en faisant des inférences sur la cible (par exemple, guider la génération d'un plan de solution spécifique) (Holyoak, 1985).

La résolution de problèmes par analogie implique quatre étapes (Holyoak 1984, 1985) :

1- des représentations mentales des problèmes-source et cible doivent être construites ;

2- l'analogie potentielle doit être remarquée : certains aspects du problème-cible doivent servir d'indices de récupération pour que le sujet se souvienne du problème-source ;

3- une mise en correspondance initiale et partielle doit être effectuée entre les éléments (objets et/ou leurs attributs et relations) des deux situations ; cette mise en correspondance peut être essayée à différents niveaux d'abstraction ;

4- pour finir, la mise en correspondance doit être étendue en récupérant et en construisant à partir de la source de nouvelles connaissances à propos du problème-cible.

L'induction de schéma peut être vue comme une étape finale dans le transfert analogique[7] (Holyoak, 1985). Lors d'un appariement entre deux problèmes analogues, une décomposition des deux situations est réalisée à l'aide d'un opérateur abstrait dont la fonction est d'isoler, parmi les différents éléments mis en correspondance, un noyau de significations commun. Cette opération peut permettre d'aboutir à une représentation d'un schéma plus abstrait. Le schéma contient le noyau des idées partagées par les deux problèmes analogues et est abstrait à partir d'eux par induction éliminatrice (Holyoak, 1984).

[7] *"Ce sont plus les aspects sémantiques de l'information (la connaissance des concepts) qui guideraient, selon nous, ces activités de transfert analogique que les aspects syntaxiques de la représentation"* . (Gineste & Indurkhya, 1993, p. 162)

2.4. Analogie et similarité

En matière de résolution de problèmes par analogie, on a pu constater des différences entre novices et experts ; les premiers seraient davantage enclins à se baser sur des similarités de surface, alors que les seconds seraient à même de repérer les similarités existantes entre les structures relationnelles des deux situations. Ce serait l'acquisition d'expertise dans un domaine qui permettrait un codage optimal des analogies potentielles à un haut niveau d'abstraction. Comme le suggère Cauzinille-Marmèche (1991), il est important de déterminer quels sont les aspects retenus de la situation, en fonction du niveau d'expertise dans le domaine, qui permettent aux sujets d'effectuer un jugement de similarité.

Gentner et Holyoak ont décrit un certain nombre de mécanismes relatifs à l'analogie. Cependant, il reste que dans ces deux approches un problème demeure, à savoir le lien existant entre "similaire" et "analogue". Cette distinction est plus que sémantique, elle recouvre des phénomènes importants du point de vue de la résolution de problèmes par analogie. En effet, il semblerait que la similarité ait surtout une importance prépondérante dans l'évocation d'une situation antérieure, et que l'analogie intervienne également dans l'autre étape qu'est la comparaison de deux situations -source et cible. (Cet aspect sera abordé plus en profondeur dans la partie 1.5)

Dans la théorie de Gentner, la mise en correspondance de structures et le principe de systématicité permettent de distinguer l'analogie d'autres types de similarité :

> *"What distinguishes analogy from other kinds of similarity is that, for analogy, the best match is defined as the maximally systematic and consistent match of relational structure."* (Gentner, 1989, p. 221)

Holyoak (1984) fait aussi ce type de distinction. Selon lui, on peut parler d'analogie si les deux problèmes source et cible partagent des concepts similaires du point de vue de leur rôle dans la structure causale reliant l'état initial à l'état final du problème.

Si l'analogie semble donc être caractérisée par des relations, il apparaît néanmoins important de relever comment Gentner et Holyoak définissent plus précisément la notion de similarité.

2.4.1. La similarité dans l'approche syntaxique

Pour définir différents types de similarités dont l'analogie, Gentner (1983) distingue des attributs et des relations. Cela lui permet de donner les définitions suivantes :

- la *similarité littérale* renvoie au fait que, lors d'une mise en correspondance entre la source et la cible, il y a un grand nombre de prédicats mis en correspondance par rapport au nombre de prédicats non mis en correspondance. Ces prédicats incluent à la fois des attributs d'objets et des prédicats relationnels.

- l'*analogie* ou l'analogie "vraie" -ainsi appelée par Gentner- consiste à mettre en correspondance seulement des prédicats d'ordre supérieur. Il y a peu ou pas d'attributs d'objets.

- l'*abstraction* est une mise en correspondance dans laquelle la source est une structure relationnelle abstraite.

- l'appariement sur la base d'une *simple apparence* (que Gentner, 1983, considère comme une "anomalie") est une mise en correspondance basée uniquement sur des attributs d'objets. Il consiste aussi éventuellement en un transfert de quelques prédicats relationnels du premier ordre (Gentner & Landers, 1985).

L'analogie se différencierait de la similarité par le fait que, même si dans l'analogie, les objets sont appariés un à un et qu'ensuite les prédicats sont transférés, seuls les prédicats filtrés par le principe de systématicité jouent un rôle dans la mise en correspondance (Gentner, 1989).

2.4.1.1. La distinction entre attributs et relations

L'approche syntaxique (v. § 1.1) utilisée pour représenter les connaissances amène les problèmes suivants :

EX: PREDICAT(ARGUMENTS)
1) ABOVE (CIRCLE, TRIANGLE)
2) ABOVE (TRIANGLE, CIRCLE)
3) ABOVE (SQUARE, STAR)
4) RIGHT-OF (TRIANGLE, CIRCLE)

Pour 1 et 2, le prédicat est identique mais l'ordre des arguments a une importance considérable sur l'interprétation.

Pour 2 et 3, le prédicat est identique et les arguments sont différents - la relation entre les arguments est identique (ABOVE) - la similarité est "relationnelle".

Pour 2 et 4, le prédicat est différent et les arguments sont identiques - la relation entre les arguments est différente (ABOVE) et (RIGHT-OF) - la similarité est "attributionnelle" puisque qu'elle porte sur les objets et non sur la relation qui lie ces objets identiques.

Les auteurs sont donc confrontés, avec ce type de formalisme, au problème de la définition des informations en termes de relation et/ou d'attribut, puisque les mises en correspondances dépendent seulement des propriétés syntaxiques. La comparaison de deux termes "analogues" est faite au moyen de règles purement syntaxiques sur la base des structures de représentations des connaissances et non sur leur contenu (Gentner, 1983).

> *"Attributional similarity corresponds to Gentner's (1983) Mere Appearance similarity, and relational similarity corresponds to her Analogy"* (Goldstone, Medin et Gentner, 1991, p. 224).

2.4.1.2. La dépendance entre traits

Une étude de Goldstone, Medin et Gentner (1991) a eu pour objectif d'examiner la non-indépendance des traits en termes d'attributs et de relations dans les jugements de similarité. Les auteurs concluent qu'il y a une dépendance entre ces deux types de traits.

Les auteurs ont pratiqué une série d'expériences en partant du modèle mathématique[8] de Tversky (1977) pour tester l'hypothèse de la non-indépendance des traits (attributs/relations) dans les jugements de similarité. Le matériel utilisé est composé de séries de figures géométriques où l'on fait varier les similitudes sur deux axes (attributs physiques des figures et relations entre les figures). La tâche demandée aux sujets est de juger si un ensemble de figures géométriques est similaire à d'autres. Le but est de voir si les sujets font des jugements en termes de relation ou d'attribut, ou les deux. Pour les auteurs, quand un sujet détermine qu'il y a similarité en termes de traits et/ou de relations ; cela renvoie dans le cadre de l'analogie à faire des mises en correspondance sur des aspects de surface ou/et de structure.

Les résultats ont mis en évidence que :

- si les similitudes "attributionnelles" prédominent ; alors les appariements sur les attributs auront leur poids augmenté ;

- si les similitudes "attributionnelles" diminuent ou si les similitudes "relationnelles" augmentent ; alors les appariements sur des relations auront plus d'importance que les appariements sur des attributs.

- additionner des similitudes entre deux objets lors d'un appariement a des effets différents sur la similarité perçue en fonction du type de traits qui sont ajoutés ;

- il y a une sensibilité au contexte dans la façon de partager les traits et de les intégrer pour former un jugement de similarité global - la manière dont un trait affecte la similarité dépend de la nature des autres traits présents dans l'objet ;

- des mécanismes d'attention sélective peuvent fonctionner sur la base de similarité de type attribut/relation, mais ils ne fonctionnent pas seulement sur une base sélective, ils peuvent le faire même quand des instructions sont données pour les biaiser.

Toutefois, il semble que ces résultats ne sont pas transférables tels quels, à d'autres données comme du matériel verbal ou des problèmes.

Les auteurs ont montré que les sujets fondaient leur jugement de similarité sur des attributs et des relations, et qu'une similarité forte sur un type de traits était préférée à une similarité moyenne sur deux types, d'où l'importance de déterminer si les traits sont pris comme attributs ou comme relations.

> *"We argue against feature independence on the grounds that an attribute or relation does have a fixed salience or weight ; its weight depends on the other features that the objects possess"* (id., p. 248).

Il est intéressant de noter que quand on demande aux sujets de déterminer si une cible est similaire à une source du point de vue des relations, les choix se font en terme de similarité ou de différence par rapport à la source.

---

8 "The mathematical equation SIM (A, B) = X*f(A∩B) - Y*f(A-B) - Z*f(B-A) defines the similarity of A to B be a function of the features that A and B share, minus the features that A has that B does not have, minus again the features that B has that A does not have. The X, Y and Z terms are simply weighting terms that depend on the subject's task and the stimuli. Tversky often makes the further assumption that the function "f" satisfies feature additivitiy such that f (X∩Y) is expressible as the sum of the measures of the all features that belong to both A and B". (Goldstone, Medin et Gentner, 1991, p. 224)

On peut remarquer que le matériel de Gentner étant "structuré", il est possible d'examiner l'importance des traits en termes d'attributs et de relations, ce qui est plus difficile dans des situations de travail. De plus, il semble, comme le suggère Holyoak (1985), toutes les analogies ne sont pas aussi abstraites que celles utilisées par Gentner.

Pour conclure, la théorie de Gentner développée sur une approche syntaxique contraint à faire des recherches sur le niveau auquel sont représentées les connaissances. Dans la mesure où l'analogie se différencie des autres types de similarité par le fait que de la mise en correspondance porte sur des relations d'ordre supérieur, il est primordial de déterminer ce qu'est un attribut et ce qu'est une relation.

Les règles de mise en correspondance pour l'analogie s'appuyant sur le principe de systématicité, il est important d'étudier quels sont les aspects (attribut/relation) privilégiés par le sujet quand il émet un jugement de similarité.

En résumé, on retiendra que l'étude de la similarité est importante dans cette approche et que l'analogie se différencie d'autres types de similarité par le fait qu'elle concerne des relations d'ordre supérieur.

2.4.2. La similarité dans l'approche pragmatique

Holyoak s'est servi du problème des radiations de Duncker (v. tableau 2). Les problèmes sont représentés sous forme de réseaux propositionnels, la notion de pragmatisme intervenant par la prise en compte des buts.

Tableau 2. Le problème des radiations de Dunker (d'après Gineste et Indurkhya, 1993)

Problème militaire (source)
Etat initial
But : utiliser une armée pour enlever une forteresse
Ressources : les effectifs de l'armée sont suffisants
Opérateurs : diviser l'armée, déplacer l'armée, attaquer avec l'armée
Contraintes : impossibilité d'envoyer l'armée sans risque sur une seule route
Plan de solution : envoyer de petits groupes par de nombreuses routes et simultanément
Conséquence : prise de la forteresse par l'armée

Schéma de convergence (schéma de problème)
Etat initial
But : utiliser une force pour détruire une cible centrale
Ressources : la force est suffisamment grande
Opérateurs : réduire l'intensité de la force, déplacer la source de la force, appliquer la force
Contraintes : impossibilité d'appliquer la force sans dommage par un seul trajet
Plan de solution : appliquer des forces de faible intensité par des trajets nombreux et simultanément
Conséquence : destruction de la cible par la force

Problème des radiations (cible)
Etat initial
But : utiliser des rayons pour détruire la tumeur
Ressources : les rayons sont suffisamment puissants
Opérateurs : réduire l'intensité du rayonnement, déplacer la source de celui-ci, administrer les rayons
Contraintes : impossibilité d'administrer des rayons de haute intensité en une seule direction sans dommage
Plan de solution : administrer des rayons de faible intensité par de nombreuses directions et simultanément
Conséquence : destruction de la tumeur par les rayons

Holyoak (1984) distingue trois types de relation qui sont prises en considération dans la mise en correspondance :

1- les identités sont les éléments qui sont les mêmes pour les deux termes de l'analogue. Une identité entre deux situations de problème qui ne joue pas un rôle causal pour déterminer les solutions possibles de l'une ou de l'autre constitue une *similarité de surface*. Les identités qui influencent l'atteinte du but sont des *similarités structurales* (Holyoak, 1985);

2- les *différences* préservant la structure constituent des *dissimilitudes de surface* ; ces différences font que les problèmes ne sont pas identiques, mais analogues. Les différences violant la structure pertinente à l'atteinte du but constituent des *dissimilitudes structurales* (Gick & Holyoak, 1983).

3- les *correspondances indéterminées* sont celles qui vont être mises en correspondance ;

L'appariement d'identités consiste à établir une correspondance en termes de problèmes et de solutions reliés causalement. Si les relations causales ne peuvent être mises en correspondance, l'analogie doit être rejetée (Gick & Holyoak, 1980). Le processus d'abstraction d'un schéma conduit à enlever, par inductions éliminatrices, les différences entre les deux termes analogues pour ne préserver que les aspects communs. La similarité entre deux termes d'un analogue peut augmenter avec la signification capturée par les identités appariées (Holyoak, 1984). La similarité est aussi considérée en termes de saillance. Un schéma pourrait être plus saillant qu'une analogie puisqu'il ne contient que des identités ; il serait donc plus facile d'instancier un schéma plutôt que d'apparier deux termes analogues. En effet, lors d'une mise en correspondance entre deux situations analogues, le sujet va utiliser les mêmes mécanismes d'appariement et d'abstraction que pour l'induction d'un schéma.

Holyoak (1980, 1984) indique qu'il est nécessaire de distinguer les conditions de repérage de l'analogie, et les facteurs qui influencent le degré de transfert d'une situation source à une cible. Il insiste sur le rôle du schéma en tant que médiateur de transfert, puisque l'utilisation d'une analogie nécessite d'apparier deux instances pour aboutir à une représentation sur-ordonnée qui ne contienne que les identités jouant un rôle causal.

En conclusion, pour Gentner aussi bien que Holyoak, l'analogie est le fait de ne considérer que la similarité relationnelle entre deux termes analogues. Pour Gentner, il s'agit de différents types de relations d'ordre supérieur ; pour Holyoak, il ne s'agit que de relations causales entre des éléments pertinents de la représentation problème-source.

2.5. Ce qui est utile pour se rappeler et raisonner

Comme on a pu le constater, chacun de ces deux auteurs s'appuie sur un cadre théorique spécifique, ce qui conduit à l'emploi de définitions différentes. Cependant, Gentner et Holyoak semblent être d'accord sur le fait que la similarité de surface ("l'habillage" de la situation) semble jouer le rôle principal au niveau de la récupération de connaissances antérieures et dans la première phase d'analyse, alors que l'analogie intervient surtout dans l'ensemble des processus visant à trouver une structure de relations commune entre des situations. L'objectif recherché à travers tous les travaux sur l'analogie consiste à identifier les conditions dans lesquelles un sujet peut, à l'aide

de connaissances antérieures relatives à une situation particulière, parvenir à trouver une solution pour un nouveau problème. Ces conditions concernent aussi bien la récupération d'une source en mémoire que l'utilisation de cette source dans les raisonnements permettant la résolution du problème-cible.

2.5.1. Se rappeler, raisonner dans l'approche syntaxique

Gentner et Toupin (1986) introduisent la notion de "transparence", qu'elles définissent comme : "*the ease of determining the object correpondences and predicate mappings for an analogy or similarity match. Transparency is high when surface similarity correlates well with structural similarity*" (p. 285).

Le rôle de la systématicité et de la transparence dans l'analogie a été examiné par ces auteurs sur un plan développemental. Les résultats montrent que, quel que soit l'âge, les individus sont affectés par la similarité de surface. Par contre, la "systématicité" ne semblerait être utilisée en tant que principe, que par les enfants ayant plus de huit ans (Gentner & Toupin, 1986).

Ces données amènent deux interprétations : la première est que le principe de systématicité pourrait être un indice de développement des compétences intellectuelles ; la deuxième renvoie à un manque de connaissances, dans le sens d'une familiarité insuffisante avec l'utilisation de relations d'ordre supérieur. Les différences obtenues chez des sujets d'âge différent sembleraient très proches, selon les auteurs, de celles obtenues entre novices et experts. Il leur semble alors que l'hypothèse liée à un manque de connaissances soit la plus valide.

L'accès à l'analogie est basé sur des processus qualitativement distincts des inférences analogiques, comme le suggèrent Gentner et Landers (1985), suite à une étude effectuée pour vérifier les conditions de récupération et de mise en correspondance. La méthode utilisée était de faire lire aux sujets -en leur demandant de s'en rappeler- une série d'histoires (18 ensembles d'histoires avec pour chaque ensemble : une source, une vraie et une fausse analogie, une analogie de surface). Puis, une semaine plus tard, on présentait aux sujets un livret comportant 18 histoires (avec 6 vraies, 6 fausses analogies, 6 analogies de surface) en leur demandant d'écrire, pour chaque cible, l'histoire-source dont ils se rappelaient.

Les résultats ont montré que le rappel est meilleur pour des analogies de surface (78%), que pour des histoires réellement analogues (44%), mais qu'il est moins bon pour de fausses analogies (25%). Ils indiquent aussi que les sujets estiment correctement la "robustesse" d'une analogie (jugement sur la structure relationnelle). Les auteurs en concluent que si l'accès spontané est plus élevé quand il s'agit d'analogies de surface (même si celles-ci sont jugées comme moins utilisables dans le raisonnement analogique), les traits de surface jouent le rôle principal dans la récupération en mémoire à long terme, même si les relations ont une importance certaine. Le fait que, si on aide les sujets à accéder à l'analogie, ils appliquent ce qui est approprié montre que les sujets ont stocké les éléments pertinents des analogies antérieures, mais qu'il leur est impossible d'accéder à l'analogie seulement sur la base des relations.

Selon Gentner (1985, 1989), si l'accès à l'analogie est basé sur la similarité de surface, il convient de remettre en question les indexations telles que Schank (1982) et Carbonell (1983) les ont proposées en Intelligence Artificielle, car ces auteurs présupposent que l'accès à l'analogie est gouverné par les mêmes facteurs que le raisonnement analogique. Dans le cas de systèmes "coopératifs" où l'opérateur pourrait

effectuer cette opération de récupération, une indexation sur des relations risquerait d'être inutile, au moins pour le sujet novice.

Une des critiques que Gentner (1989) fait à Holyoak concerne son souhait de remplacer l'approche syntaxique (systématicité) par une approche pragmatique (relations causales pertinentes pour l'atteinte du but). Cette façon de procéder ne peut permettre, selon elle, de faire la différence entre une analogie qui échoue car non pertinente, et une analogie qui échoue car non juste. Elle se justifie en indiquant que si les buts jouent un rôle déterminant, comment les sujets peuvent-ils être à même de considérer les analogies qui diffèrent de leurs attentes ? Pour finir, elle indique que les relations d'ordre supérieur peuvent être considérées comme des éléments causaux pragmatiquement pertinents en regard aux buts, comme l'avait suggéré Holyoak (1985, p. 74). Gentner ajoute aussi que, par exemple, le prédicat "implique" n'est pas d'ordre causal en logique et que les analogies en mathématiques n'ont pas recours forcément aux relations causales. Toutefois, Holyoak (1985) ne fait pas référence au même cadre théorique :

> *"Because Gentner's theory is stated in terms of mapping between static propositions rather than rules, it misses the fundamental distinction between synchronic and diachronic relations, that is, between the mapping and the transition function"* (p. 75-76).

2.5.2. Se rappeler, raisonner dans l'approche pragmatique

Diverses difficultés dans le fait de parvenir à une solution par analogie ont été mises à jour : les sujets peuvent être incapables de localiser une source analogue en mémoire, surtout si elle a été encodée dans un contexte différent (par exemple, avec des buts différents), et même s'ils la retrouvent, ils peuvent échouer dans l'action de remarquer les éléments pertinents pour la cible (Gick & Holyoak, 1980).

Si l'on se réfère à Richard (1990), il y aurait deux formes d'analogies du point de vue de leur déclenchement :

- une première basée sur une activité explicite de construction d'un réseau relationnel entre deux domaines à un niveau relativement abstrait. Elle relève d'un processus contrôlé.

- une seconde caractérisant le "transfert analogique", c'est-à-dire un processus d'appariement entre la situation actuelle et des connaissances en mémoire. Elle relèverait d'un processus d'activation automatique dépendant des traits de surface de la situation.

Selon Cauzinille-Marmèche (1991), l'accès spontané à une situation analogue est dépendant de la similarité de surface, c'est-à-dire : des attributs de la situation, de la proximité sémantique entre les situations dans le cas d'analogie inter-domaine (Gick & Holyoak, 1980), et de la similarité entre le contexte de codage des situations antérieures et de la situation du nouveau problème (Ross, 1984), et aussi du contexte social (Spencer et Weisberg, 1986).

Dans le cas de fortes similarités structurelles, le déclenchement du raisonnement analogique -il ne s'agit plus de récupération en mémoire- semblerait moins dépendant de la similarité de surface. L'appariement se ferait en fonction des buts, des procédures connues dans une des situations, des pré-requis permettant l'application de la procédure dans la nouvelle situation. Cependant, si l'appariement de structure n'est pas parfait, la

similarité de surface continuerait à jouer un rôle, d'où l'importance de la présentation du problème (Cauzinille-Marmèche, 1991).

La présentation du problème fournit des indices de récupération. La difficulté majeure, si l'on veut réutiliser les connaissances relatives à un problème, est d'identifier les conditions d'accès à l'information pertinente (Gick & Holyoak, 1980). Un des objectifs de Holyoak (1984) est de définir quels sont les facteurs susceptibles d'influencer le transfert de connaissances d'une situation connue à une nouvelle, même si elles sont superficiellement différentes. Dans ce but, il a étudié le rôle du schéma dans le transfert analogique et les conditions d'émergence des schémas.

La notion d'induction de schéma est évoquée par Holyoak (1984), dans la mesure où elle pourrait faciliter les processus d'appariement entre des informations anciennes et des nouvelles afin de générer une solution analogue. L'appariement est considéré comme un mécanisme d'apprentissage, puisque favorisant l'abstraction -de schémas (Gick & Holyoak, 1980). Le transfert analogique dépend davantage des connaissances possédées dans un domaine, c'est-à-dire l'encodage de relations causales plus abstraites (Holyoak, 1984). Il serait donc souhaitable qu'un sujet puisse parvenir à la caractérisation abstraite d'une situation sous la forme d'un schéma "problème-solution". Ce dernier pourrait ensuite être récupéré plus facilement, et utilisé pour générer une solution concrète (Gick & Holyoak, 1980).

Gick et Holyoak (1983) ont trouvé des données intéressantes sur l'induction de schémas à partir de problèmes analogues concrets et sur le rôle du schéma dans le transfert analogique, comme on peut le voir dans les résultats suivants :

- un résumé réalisé par les sujets à la suite de la lecture d'une histoire ne peut suffire à aider au rappel, à noter ou appliquer une analogie (le niveau d'abstraction du problème reste le même que si l'histoire est lue seulement), sauf s'il aboutit à un schéma de bonne qualité (le résumé comporte les relations pertinentes du problème) : alors il favorise le transfert ;

- l'ajout d'un principe abstrait (relations) à une histoire n'augmente pas le transfert analogique sauf quand l'information est présentée dans un contexte explicite de résolution de problèmes ;

- la présentation d'un diagramme représentant le principe de l'histoire avec l'histoire fait que le transfert est quasi inexistant sauf quand les sujets reçoivent une incitation (un diagramme ne peut être un indice de récupération d'une analogie) ;

- la présentation de deux histoires analogues favorise plus le transfert que la présentation d'une seule ;

- un schéma peut être obtenu en fournissant aux sujets deux histoires identiques et un principe abstrait ;

- quand le diagramme est donné avec des histoires non similaires, la fréquence de bons schémas augmente mais la performance du transfert n'augmente pas.

Sur la base de ces résultats, les auteurs suggèrent qu'il serait possible d'améliorer le transfert analogique en demandant aux sujets de produire un résumé du problème, et en leur fournissant de manière verbale ou imagée le principe sous-jacent, mais à condition que les sujets aient apparié au moins deux situations analogues. En effet, le traitement d'une seule situation ne conduit pas à l'abstraction d'un schéma ou au transfert. Par contre, ces données changent quand on apparie au moins deux situations

analogues : dans ce cas, le taux de transfert augmente. Il semble donc nécessaire d'apparier au moins deux termes analogues pour en dériver un schéma plus général. Posséder un schéma de problème peut faciliter le processus d'appariement qui permet la génération d'une solution analogue.

En conclusion, les auteurs estiment que, pour qu'une connaissance antérieure soit rappelée, il faut qu'elle ait été encodée à un niveau relativement abstrait. C'est ce qui permettrait d'expliquer la capacité plus grande des experts comparée aux novices à effectuer des transferts de connaissances par analogie (Gick & Holyoak, 1983).

La similarité de surface est importante dans la récupération d'un terme analogue et la similarité de structure l'est dans le raisonnement analogique. Cependant, la distinction faite entre ces deux étapes tient plutôt au fait que les auteurs se sont surtout intéressés à la deuxième et qu'ils l'ont étudiée en fournissant aux sujets des situations analogues.

De plus, si la capacité à effectuer des transferts analogiques est plus grande chez des sujets ayant encodé des connaissances à un niveau relativement abstrait, cela fait référence aux connaissances antérieures possédées par ces sujets.

> *"Le point de vue cognitiviste sur l'apprentissage insiste sur l'importance des connaissances antérieures (...)* [il] *suppose une connaissance existante (...) et acquises les significations élémentaires (...)* [il] *laisse entier le problème de la construction de ces dernières et notamment les processus de catégorisation qui jouent un rôle fondamental dans la construction de ces significations"* (Richard, 1990a, p. 160).

2.6. Analogie et catégorisation

Visser et Falzon (1992) réservent le terme de "catégorisation" à l'activité de construction de catégories et, éventuellement au résultat de cette activité, c'est-à-dire les catégories construites ; la classification étant l'attribution d'un exemplaire ou d'une sous-catégorie à une catégorie. Cette dernière activité jouerait un rôle dans la résolution de problèmes.

2.6.1. Les principes régissant la catégorisation

Dans un article de Dubois (1992b), celle-ci présente une bonne revue de question sur l'approche de Rosch en matière de "catégorisation" du point de vue de ses apports en Psychologie Cognitive. Nous en présentons brièvement les aspects.

La théorie de Rosch (1976) concernant les catégories est basée sur deux principes fondamentaux, l'économie cognitive et le principe de réalité :

- le premier vise à fournir le maximum d'information à un moindre coût de traitement ;

- le second vise à restituer le fait que dans le monde réel, les *"objets ne résultent pas d'une combinatoire d'éléments paramètrés sur des valeurs bien identifiées, indépendantes et manipulables"* mais sont l'effet de *"discontinuités", ainsi que des corrélations ou co-occurrences de propriétés"* (Dubois, 1992a, p. 33).

> *"La conjonction de ces deux principes a des conséquences sur le niveau d'abstraction des catégories"* (ib.) :

- au niveau vertical : le niveau de base qui est "*le niveau de catégorisation le plus 'basique' de la catégorisation sera le plus inclusif (le plus abstrait) auquel les catégories peuvent refléter la structure des attributs perçus dans le monde*" (id., p. 34) ;

- au niveau horizontal : le prototype permet la segmentation des catégories à un même niveau d'inclusion :

"*les catégories tendent à être définies en terme de prototypes (...) qui contiennent les attributs les plus représentatifs des items à l'intérieur de la catégorie et les moins représentatifs des items extérieurs à la catégorie*" (ib.).

On notera aussi que :

- le niveau vertical des catégories n'est pas structuré uniquement sur un principe d'inclusion, il l'est aussi sur des relations : "partie de", "partie/tout", d'inclusions de niveaux d'abstraction différents, de distribution spatio-temporelle, en termes de collections, de contiguïté, de ressemblance ;

- le niveau de base évolue en fonction de l'expertise et des buts relatifs aux tâches. "*L'expertise n'intervient pas seulement pour modifier le niveau "d'abstraction" mais suscite des réorganisations plus essentielles des structurations catégorielles en construisant des hiérarchies à partir de principes différents*" (id., p. 39). Visser et Falzon (1992) fournissent plusieurs exemples à ce propos ;

- le "prototype" est un concept sur lequel tous les auteurs ne concordent pas (cf. Denis, 1993 ; Le Ny, 1989).

2.6.2. Tâche et catégorisation

Les catégories, si elles restent basées sur des hiérarchies, sont aussi structurées "selon une plus grande diversité de principes organisationnels" (id., p. 34). La catégorisation des pathologies végétales peut aller de la description des caractéristiques physiques de la plante atteinte (macules) aux symptômes et modes de traitements associés (Dubois, Bourgine, & Resche-Rigon, 1992). Les principes organisationnels des catégories sont intimement liés à la tâche puisque les descripteurs varient selon qu'il s'agit de dresser une nomenclature ou de prendre une décision.

Il semble donc que ce soient les buts -l'activité finalisée des opérateurs qui modifient le niveau de base. On pourra ainsi passer de listes de traits ou propriétés à des formes plus "révélatrices" de l'action telles que le recours à des verbes, à la nominalisation (Dubois, 1992a).

Selon Dubois (1992b), le statut des attributs et des propriétés des objets perçus ne pourra être éclairé qu'en mettant en rapport les finalités (sujet/tâche) et les phénomènes de perception sélective. Elle ajoute que "*si les bases physiologiques des mécanismes perceptifs commencent à être bien connus, la prise en compte de la signification dans la saillance perceptive est encore largement inexpliquée bien qu'évidente*" (id., p. 23)[9].

Si pour les catégories, la saillance cognitive doit être prise en compte, il semble que pour la résolution de problèmes par analogie, seule une approche pragmatique intégrant la tâche (buts, contexte) peut rendre compte du statut des attributs et des relations.

---

[9] La saillance cognitive est définie comme la pertinence du signe pour la tâche en cours (Decortis & Cacciabue, 1991).

2.6.3. Analogie, catégorisation : les processus

La similarité joue un rôle dans la catégorisation comme dans l'analogie. Cela a été montré, par exemple, dans le domaine de la physique- les catégories[10] que réalisent des experts et des novices en regroupant des problèmes sur leurs similarités diffèrent par les critères retenus (Reimann & Chi, 1989). Les novices effectuent leur catégorisation sur la base de caractéristiques concrètes des objets et entités (traits de surface), alors que les experts catégorisent sur la base de principes (relations). On peut expliquer ces différences par le fait que ces derniers auraient construit une représentation des problèmes plus cohérente, complète, abstraite et fonctionnelle, sous forme de schémas en mémoire.

L'analogie pourrait jouer un rôle dans les tâches de catégorisation. L'acquisition de schémas peut être rendu possible via l'appariement de plusieurs situations analogues. Un schéma de problème pourrait permettre la formation de catégories de problème plus abstraites via l'induction[11] (Holyoak,1984, 1985). Il se pourrait alors que l'analogie fasse appel aux mêmes processus élémentaires que la catégorisation.

La formation des prototypes et des catégories serait basée sur deux processus élémentaires et antagonistes de *généralisation* et de *discrimination* ; ceci pourrait conduire selon Dubois "à l'éclatement du concept d'abstraction qui présidait (...) à la structuration des connaissances"(1992b, p. 42).

L'intérêt de cette décomposition est qu'elle pourrait permettre d'expliquer l'acquisition de nouvelles connaissances via la résolution de problèmes par analogie. Gick et Holyoak (1980) considèrent l'appariement comme un mécanisme d'apprentissage dans la mesure où il favorise l'abstraction de schémas. Nous avons vu (v. § 1.4.2) que, lors de la mise en correspondance de deux problèmes, trois types de relation sont prises en compte : les identités, les différences et les correspondances qui vont être faites à l'issue de cette opération. Il est possible que ces trois types de relation soient le résultat des deux processus antagonistes que sont la discrimination et la généralisation.

Pour Vergnaud (1990), le schème est une totalité dynamique organisatrice de l'action du sujet pour une classe de situations spécifiées. Il est composé de règles d'action et d'anticipation pour atteindre un but et d'inférences qui sont indispensables à la mise en oeuvre du schème dans chaque situation particulière. De plus, il repose sur une conceptualisation implicite et est composé d'invariants opératoires. "*La reconnaissance d'invariants est la clef de la généralisation du schème*" (Vergnaud, 1990, p. 141).

Cependant, l'auteur pense qu'un tel processus intervient sans que le sujet reconnaisse d'analogies et de parentés - c'est-à-dire de ressemblances sur certains critères et de différences sur d'autres. On peut noter aussi qu'il considère que le concept, d'un point de vue pragmatique, fait appel à l'ensemble des situations qui constituent la référence de ses différentes propriétés et à l'ensemble des schèmes mis en oeuvre par les sujets dans ces situations. Lorsqu'un schème est appliqué à une plus large classe ; on parle alors de "délocalisation", "généralisation", "transfert". Ce phénomène est comparable, selon Vergnaud, à un processus de décontextualisation.

---

[10] Il s'agit dans le cas présent de catégorisation de problèmes et non de lexèmes renvoyant à des objets comme dans l'article de Rosch (1976).

[11] "L'étude de l'induction consiste à rechercher les processus par lesquels l'individu élabore une généralisation, ainsi que ceux par lesquels, confronté à une généralisation, il s'assure de sa validité"(Politzer, 1990, p. 120).

Nous reviendrons sur l'importance du contexte dans la récupération des connaissances en mémoire (v. § 2.3).

Pour conclure, les catégories sont le reflet d'un apprentissage qui peut avoir été le résultat de la résolution de problèmes par analogie ou de l'utilisation d'un raisonnement analogique. Une catégorisation construite par un sujet pour un domaine de problèmes peut ensuite servir à la résolution d'autres via la classification. Un schéma de problème peut être récupéré plus facilement qu'un problème analogue, et utilisé pour générer une solution concrète (Gick & Holyoak, 1980).

2.7. Conclusion

La plupart des études sur l'analogie, si elles détaillent les traitements relatifs à la mise en correspondance de structures et au transfert analogique, disent peu de choses sur les modalités qui amènent les sujets à récupérer une source.

Gentner postule qu'au départ *"l'homme dispose de conceptions organisées dans sa mémoire à long terme, auxquelles il va recourir en les regroupant partiellement si nécessaire"* (Gineste & Indurkhya, 1993, p. 150). Les représentations sémantiques (structures prédicatives) servent de support à la construction de nouvelles informations (Gineste et Indurkhya, 1993). Si Gentner s'intéresse aux règles permettant de faire des inférences (v. § 1.3.1), sa théorie s'appuie sur le principe de systématicité qui repose, quant à lui, sur le fait qu'il existe d'emblée une bonne représentation de la cible (Gineste & Indurkhya, 1993). Ceci signifie que la cible peut être vue comme une système de connaissances interconnectées par des relations (structure). Cependant, Gentner n'indique pas comment la source est récupérée.

La théorie de Holyoak repose sur le principe de l'élaboration d'un schéma de problème par induction et comporte deux notions fondamentales : celle d'espace-problème[12] (état initial et final, opérateurs et contraintes) et de catégorie (le schéma est une catégorie). Le transfert analogique consiste en l'activation d'un réseau sémantique (les catégories identifiées) et en l'utilisation des procédures attachées à la catégorie (Gineste et Indurkhya, 1993). Selon Holyoak, ce sont des appariements successifs qui pourraient faciliter le transfert via l'élaboration d'un schéma. En s'intéressant à la formation de connaissances plus abstraites (schémas), l'analogie est considérée ici dans un cadre théorique plus large (induction) et donc moins prise comme un mode de raisonnement spécifique (les mécanismes d'appariement et d'abstraction sont semblables pour l'analogie et les schémas). On peut toutefois se demander si les processus mis en jeu par les sujets seraient identiques dans des situations où on ne leur fournirait pas de problèmes et on ne les inciterait pas à les utiliser. Si les études de Holyoak reposent sur l'émergence de schémas, c'est néanmoins la récupération de problèmes antérieurs qui permet le recours à l'analogie.

Gentner et Holyoak contribuent à expliciter les mécanismes d'apprentissage à partir de connaissances existantes (établissement de nouvelles liaisons). Il n'en reste pas moins que ces approches n'offrent pas de réponse sur les *"processus par lesquels la représentation d'une source[13] est utilisée pour modéliser une cible, c'est-à-dire des processus qui créent des ressemblances là où celles-ci n'existaient pas avant que la relation analogique ou la métaphore n'ait été produite"* (Gineste & Indurkhya, 1993, p. 165).

[12] Holyoak s'inscrit dans la perspective du GPS (General Problem Solving) de Newell et Simon (1972).
[13] Sous-entendu : "récupérée auparavant".

Aussi, Gineste et Indurkhya (1993) reprennent-ils la "théorie de l'interaction" de Black (1962) qui définit *"qu'élaborer une analogie implique un changement de représentation de l'objet de la description"* (p. 166) et espèrent, de ce fait, construire un modèle qui tienne compte du pouvoir créateur de l'analogie. Cependant, ils postulent que *"la cible et la source ont chacune une représentation stable et conventionnelle en mémoire à long terme"* (ib.) sous la forme de représentation-type.

On peut noter que s'ils tentent de mieux appréhender l'émergence d'une représentation pertinente de la cible via la notion de représentation occurrente[14], ils s'appuient toujours sur le fait qu'il existe au préalable un ensemble de représentations permanentes en mémoire à long terme.

Gentner et Holyoak supposent que la source peut être récupérée en mémoire à long terme par activation[15] à partir de certains éléments de la cible. Ils font référence, de façon implicite, au modèle de la mémoire sémantiqu. Ils n'expliquent cependant pas en quoi certains éléments de la cible amènent les sujets à l'activation d'une source en mémoire sur des ressemblances, comme le suggère Clement (1982) quand il décrit un des mécanismes de génération d'analogies.

De ce fait, il apparaît important dans le cadre des théories sur l'analogie de se pencher sur la nature des connaissances mises en cause. Ce point nous semble particulièrement important puisqu'il pourrait concerner une étape importante et très peu décrite par les théories ou modèles sur l'analogie, à savoir la récupération d'une source en mémoire. Comme nous le verrons dans la partie 2, la récupération en mémoire dépendrait de la nature des connaissances. Outre le caractère restrictif des études faites sur l'analogie qui portent sur des situations de résolution de problèmes que l'on rencontre peu dans la vie quotidienne ou dans des tâches réelles, nous savons peu de chose sur les processus et indices de récupération des sources en mémoire.

La deuxième partie de ce document a pour objectif de décrire les phénomènes liés à la récupération des connaissances en mémoire. Nous y exposons, outre certains modèles de récupération, la théorie de Tulving, qui nous semble importante dans la mesure où elle prend en compte la notion d'interaction entre contexte d'encodage et indices de récupération.

---

[14] Les représentations occurrentes ou circonstancielles sont élaborées dans une situation donnée et pour faire face aux exigence de la tâche en cours, et sont particularisées, précaires par nature (Richard, 1990b).

[15] L'activation est définie comme "la mise en activité à partir des données d'entrée dans le système (...) de structures cognitives stockées en mémoire" (Le Ny, 1989, p. 198).

3 La récupération en mémoire

La récupération des connaissances en mémoire n'a de sens que si l'on suppose qu'il existe une ou des unités de stockage ; c'est que l'on entend généralement sous le terme de mémoire.

Selon Reuchlin (1977, p. 173) *"la mémoire concernerait les mécanismes par lesquels une certaine acquisition (apprentissage) resterait disponible et pourrait être rappelée et utilisée."*

3.1. La mémoire : unité(s) de stockage ou processus

La mémoire est supposée être composée de plusieurs registres (transitoire et permanent) :

- les registres sensoriels (RS) ;
- la mémoire à court terme (MCT) ;
- la mémoire à long terme (MLT).

Selon le modèle modal d'Atkinson et Shiffrin (1968 ; cité par Baddeley, 1993), l'information est d'abord traitée en parallèle par un ensemble de processeurs sensoriels (RS) qui la transmettent à un registre à court terme de capacité limitée (MCT). Elle est ensuite transmis à un registre à long terme (MLT). La MCT intervient en tant que processus de contrôle, notamment en ce qui concerne la répétition pour le maintien en mémoire à court terme et la conservation en MLT.

Ce modèle présente des insuffisances dont l'une des plus importantes est le fait qu'il ne peut rendre compte du fait qu'il y ait des possibilités d'apprentissage (maintien en MLT), même quand les sujets présentent des déficits en MCT. Plutôt que de s'intéresser à la mémoire en tant que structure, Craik et Lockhart (1972 ; cité par Baddeley, 1993) ont délaissé ce problème de stockage et se sont centrés sur les processus de traitement de l'information.

Selon ces auteurs, c'est la nature du traitement d'un item qui fait qu'il sera plus ou moins retenu. Ils n'en abandonnent pas pour autant l'idée d'une mémoire primaire (MCT) dont la charge serait d'assurer l'auto-répétition de maintenance et la répétition constructive. La première forme de répétition est similaire à celle du modèle modal, la seconde conduit à un encodage plus profond de l'information (passage du sensoriel au sémantique). Comme le souligne Baddeley (1993), les *"encodages profond, sémantique et élaboré semblent renforcer le souvenir parce qu'ils mettent en place des traces plus discriminables"* (p. 187). Toujours est-il, que malgré les intérêts intuitifs de cette approche, il est impossible de déterminer ce qu'est la profondeur d'un traitement (Eysenk, 1989).

Craik et Tulving (1975 ; cité par Baddeley, 1993) ont avancé l'idée de degré d'élaboration dans l'encodage -c'est-à-dire la faculté de tisser un réseau de relations entre les items. *"Ce n'est pas simplement la présence ou l'absence de codage sémantique, mais la richesse d'encodage du matériel"* qui est déterminante, soit la capacité à élaborer des associations (p. 183). Il n'en reste pas moins que le degré d'élaboration n'est pas plus mesurable que la profondeur de traitement (Eysenk,1989).

Pour Baddeley (1993), il faut distinguer deux effets différents de l'apprentissage[16] : l'amorçage (angl. : "priming") et l'association d'items entre eux. Le premier suppose qu'il y a dans la mémoire des structures pré-existantes qui font que, lors de la présentation d'un item, une représentation de ce dernier va être amorcée ou activée. Cet amorçage se fait entre l'information perçue et celle déjà stockée en mémoire. Le résultat est que cet item sera plus facile à percevoir ou utiliser. Ce phénomène est constatable dans les tests de reconnaissance. Le second (apprentissage associatif) permet de construire de nouvelles associations (entre items, entre item et contexte particulier...). Le rappel est considéré comme dépendant de telles associations. "Le rappel implique au moins deux processus, l'accès à l'item qui doit être rappelé ou sa génération et la discrimination de cet item parmi les items semblables mais incorrects" (Baddeley, 1993, pp.187-188).

Ces deux effets de l'apprentissage renvoient aux deux processus suivants : l'auto-répétition de maintenance et la répétition constructive. La première sert à amorcer une représentation existante alors que la deuxième réorganise l'information nouvelle pour l'intégrer à celle en mémoire.

Le maintien des traces en mémoire dépendrait de plusieurs facteurs (Baddeley, 1993 ; Craik & Jacoby, 1977) :

- l'auto-répétition de maintenance (répétition pour le maintien en MCT et la mémorisation en MLT ;

- la répétition constructive, c'est-à-dire la nature des processus d'encodage en terme de profondeur du traitement sur un continuum sensoriel-sémantique (si l'information est codée à plusieurs niveaux, il y a donc une multiplicité de traits qui permettent une meilleure discrimination), ou de degré d'élaboration (dans le sens d'un enrichissement du réseau de relations) ;

- l'attention sélective (notion introduite par Broadbent, 1958) qui renvoie aux notions d'apprentissage incident et d'apprentissage intentionnel. Un item est mieux retenu si le sujet est informé sur la tâche pour laquelle est réalisé cet apprentissage car ainsi le sujet a la possibilité d'effectuer un traitement adapté à la tâche. Dans ce cas, l'encodage s'effectue en fonction des conditions de récupération ultérieures.

3.2. La mémoire sémantique versus la mémoire épisodique

Selon Tulving (1976), il existe deux formes de connaissances en MLT : épisodiques et sémantiques. L'auteur a d'ailleurs supputé, dans sa première approche théorique, l'existence de deux systèmes indépendants pour la MLT, dont il a formulé par la suite l'interdépendance fonctionnelle.

- la mémoire sémantique : *"elle regroupe des représentations sous forme de concepts et de connaissances générales. C'est un thesaurus mental comportant des mots, des symboles verbaux, des significations, des référents, des concepts, des règles de manipulation de ces symboles et de leurs relations"* (Tiberghien, Mendelsohn, Ans & George, 1991, p. 14)

[16] L'apprentissage peut être vu en terme de mémoire. "Accounts of remembering often speak of what the organism does when the stimulus is presented as memory storage, of the intervening time as the period of retention, and of what the organism does when the response later occurs as retrieval from memory" (Catania, 1992, p. 302).

- la mémoire épisodique : *"elle est impliquée dans le stockage et la récupération de l'information portant sur des expériences particulières et concrètes, localisées dans l'espace et le temps personnels"* (p.20)

3.2.1. La mémoire sémantique

Le concept de "mémoire sémantique" selon Quillian (1968 ; cité par Schank, 1976, p. 26) est *"un réseau associatif constitué de mots, destiné à représenter la signification de phrases ainsi que la connaissance utilisée dans la compréhension de phrases"*. Cette définition a changé au cours du temps comme on pourra le constater.

En 1977, Reuchlin écrit que la mémoire sémantique est composée *"de structures (mots, structures grammaticales) verbales et de structures non verbales (représentations d'objets, de personnes, d'événements avec leur propriétés, leurs circonstances, etc.), les unes et les autres étant organisées et réunies en structures plus larges. Cet ensemble de structures (ou schèmes) constitue la mémoire sémantique"* (p. 180).

La mémoire sémantique a donc été d'abord représentée sous forme d'un réseau de relations hiérarchisées entre les concepts. Ces derniers étaient représentés par les noeuds du réseau ; chaque noeud se trouve associé à un certain nombre de propriétés (Collins et Quillian, 1969 ; cité par Baddeley, 1993). Puis, elle a pris la forme d'un réseau non-hiérarchique où les concepts sont liés par différents types de relation (appartenance catégorielle, possession, capacité...).

Les modèles de la mémoire sémantique se sont de plus en plus complexifiés. Cette complexification correspond au passage d'un modèle dit sémantique à un modèle plus général (MLT) comme celui proposé par Rumelhart, Lindsay et Norman (1972). Ce dernier inclut des concepts, des événements et des épisodes sous un format propositionnel.

Dans les années 70, le concept de "schéma" introduit par Bartlett (1932 ; cité par Baddeley 1993) a été repris par plusieurs auteurs, sous d'autres termes et également avec des changements de sens plus ou moins importants : Minsky (frame), Rumelhart (schéma), Schank (script).

3.2.2. La mémoire épisodique

La mémoire épisodique n'est pas indépendante de la mémoire sémantique, dans la mesure où, comme le souligne Tulving (1976) :

> *"la mémoire des événements est stockée dans le système épisodique, mais l'encodage des traces mnésiques aussi bien que leur récupération peuvent dépendre largement du système sémantique."* (p. 24)

> *"The episodic memory system does not include the capabilities of inferential reasoning or generalization. Inferential reasoning, generalization, application of rules and formulas, and use of algorithms, on the other hand, represent important methods of utilization of information stored in semantic memory."* (Tulving, 1972, p. 390)

Sur ce point, Tulving (1976) indique que la trace d'un "épisode" peut rester inchangée indépendamment de l'activité du système sémantique. Toutefois, *"les connaissances épisodiques sembleraient beaucoup plus flexibles, sensibles aux variations du contexte que les sémantiques"* (Tiberghien, Mendelsohn, Ans & George, 1991, p. 14).

> *"Episodic memory receives and stores information about temporally dated episodes or events, and temporal-spatial relations among these events. 'A perceptual event can be stored in the episodic system solely in terms of its perceptible properties or attributes, and it is always stored in terms of its autobiographical reference to the already existing contents of the episodic memory store"*. (Tulving, 1972, p. 385-386)

On peut ajouter que selon Schank (1976), la mémoire sémantique ne correspond pas à un système mais est plutôt composée de deux systèmes : l'un correspond au lexique et l'autre aux concepts. Cet auteur soutient que *"la distinction entre mémoire sémantique et mémoire épisodique est erronée. En fait, c'est la notion de mémoire sémantique qui est erronée (...) la mémoire conceptuelle est épisodique par nature"* (p. 27). Cette dernière est constituée de concepts associés entre eux par des liens de causalité ou par des conceptualisations (conjonction d'épisodes).

3.3. La récupération des connaissances

Le concept de récupération a été introduit par Tulving dans les années 60 pour expliquer le fait que les items stockés en mémoire sont disponibles, mais pas toujours accessibles.

3.3.1. Les indices de récupération

Dans une expérience impliquant le rappel libre d'une liste de mots, Tulving (1967) a mis en évidence que les mêmes sujets à différentes occasions se rappelaient approximativement le même nombre de mots mais pas exactement les mêmes. Il a ensuite travaillé avec la technique du rappel indicé. Le rappel indicé consiste à présenter, dans un premier temps au sujet des listes de paires de mots associées, puis à demander au sujet -en présentant un des mots de la paire, "l'indice"- de rappeler l'autre mot. L'auteur a montré que les indices ne sont utiles au moment de la récupération que s'ils ont été stockés en même temps que l'information qu'ils vont permettre de rappeler (Tulving & Osler, 1968 ; cité par Baddeley, 1993).

Tulving postule qu'un indice ne sera efficace que s'il est encodé de manière spécifique pendant l'apprentissage -c'est le principe de l'encodage spécifique.

Une recherche menée par Barclays, Bransford, Francks, McCarrell et Nitsch (1974 ; cité par Baddeley, 1993) a montré que la performance dans le rappel indicé d'un mot, par exemple "piano", est fonction des contextes d'apprentissage. L'item est lié à l'indice qui lui a été associé au moment de cet encodage spécifique (contextes d'encodage : "l'homme accorda le piano" ou "l'homme souleva le piano" ; indices utilisés pour le rappel : "son mélodieux" ou "lourd").

Une étude de Fox, Blick et Bilodeau (1964) relatée par Baddeley (1993) précise qu'en matière d'indices de récupération, les noms de catégories sont efficaces comme indices lors d'une tâche de rappel d'items, même quand le nom des catégories n'a jamais été explicitement présenté lors de l'apprentissage. Baddeley (1993) présente ces travaux comme un des cas où un indice non présent lors de l'encodage peut néanmoins être efficace pour la récupération. Ces expériences présentent un apport réel d'un point de vue théorique, puisqu'il s'agit d'une remise en cause du principe d'encodage spécifique de Tulving (1983).

Néanmoins, comme le souligne Baddeley (1993), *"ce postulat ne peut être réfuté, dans la mesure où si l'indice conduit à la récupération de l'item, alors on suppose qu'il a été encodé, sinon on suppose qu'il ne l'a pas été"* (p. 307). Si le principe de Tulving

n'est pas testable empiriquement, il a donné lieu à un *"corpus expérimental conséquent et réellement impressionnant"* sur la récupération indicée (id., p. 308).

Dans une étude sur la récupération de connaissances et la catégorisation, Walker et Kintsch (1985) distinguent deux types de tâche : la récupération et le regroupement. La première étape consiste à demander aux sujets d'éliciter, à partir d'un nom de catégorie, des membres appartenant à celle-ci ou de décrire, à partir d'un script (exemple : "aller au restaurant"), des événements qui lui sont relatifs. La seconde est de faire regrouper par les mêmes sujets les membres des catégories recueillis lors de la tâche de récupération.

Les résultats de cette étude ont montré que les principes d'organisation dans les tâches de regroupement sont très différents de ceux qui opèrent dans les tâches de récupération d'items à partir d'un nom de catégorie. Le regroupement se fait sur une dimension sémantique, alors que la récupération des membres des catégories se fait sur la base d'indices de récupération épisodiques (77% des stratégies de récupération sont basées sur des accès à des contextes à partir d'indices tels que des situations particulières, ou sur la visualisation d'une situation).

Les auteurs en concluent que des structures abstraites, comme les catégories et les scripts n'existent pas en tant que tels, mais sont générés lors de leur utilisation. Si les scripts récupérés sont par leur nature sémantiques, généraux et décontextualisés, le processus qui permet leur génération s'appuie sur la mémoire épisodique.

3.3.2. Les modèles de récupération

Il existe de nombreux modèles sur la récupération des connaissances en mémoire, nous en présentons dans ce chapitre quelques uns.

3.3.2.1. Le modèle d'exploration sérielle exhaustive

Le modèle d'exploration sérielle exhaustive de Sternberg (1966 ; cité par Baddeley, 1993) est bâti sur celui de la récupération des informations par un ordinateur. Chaque donnée est stockée et le lieu de stockage marqué (étiquetage). La reconnaissance d'une information consiste en une mise en correspondance des données entrantes avec toutes celles du système ; la recherche ne s'arrête que lorsque tous les emplacements ont été vérifiés. Ce modèle a été globalement vérifié mais ne rendant pas compte de l'effet de récence[17], il a été abandonné.

3.3.2.2. Les modèles basés sur l'étiquetage

Les modèles basés sur l'étiquetage comme ceux d'Anderson et Bower (1972) et Kintsch (1970) font l'hypothèse que la mémoire est un réseau où les mots sont représentés par des noeuds. Chaque fois qu'un mot est vu par un sujet, un changement intervient au niveau du noeud équivalent à un marquage. La reconnaissance s'effectue par la détection des marqueurs. Le rappel comprend la génération (production de mots possibles), puis la reconnaissance. Ce modèle est dit de type "génération-reconnaissance" et distingue deux processus, la reconnaissance et le rappel.

[17] On a pu constater que lors d'un apprentissage de liste d'items, les derniers items sont mieux rappelés. Ce phénomène est désigné sous le terme d'"effet de récence".

3.3.2.3. La théorie de l'ecphorie synergique

Tulving et Thomson (1973, cité par Baddeley, 1993) ont contesté et rejeté les modèles du type "génération-reconnaissance" en utilisant l'argumentation suivante :

> *"les modèles de rappel à deux processus comprennent une étape de génération d'items-candidats, suivie par un test de reconnaissance portant sur chacun de ces candidats. Puisque le rappel en lui-même comprend cette phase de reconnaissance, il s'ensuit que tout item qui peut être rappelé devrait aussi être correctement reconnu, car sinon il n'aurait pas réussi le second des processus impliqués dans le rappel. Ayant démontré qu'il pouvait exister des items qui peuvent être rappelés sans être reconnus ..."* (p. 302).

Les indices de récupération auraient un rôle à la fois dans le rappel et la reconnaissance. Pour cette dernière, les indices seraient des copies des stimuli originaux (Tulving, 1976). Selon ce dernier, les mêmes processus sont impliqués dans le rappel et la reconnaissance, seuls les indices sont différents. La récupération est le produit des traces en mémoire et de l'indice de récupération, via un mécanisme que Tulving (1976) qualifie d'opération d'appariement ou de complètement de pattern.

> *"La réussite de la récupération dépend de la facilité avec laquelle l'information contenue dans l'indice de récupération peut être appariée avec l'information contenue dans la trace épisodique de l'item"* (Tulving, 1976, p. 24).

Tulving a proposé la théorie de l'ecphorie synergique[18] qui renvoie à un *"processus par lequel la trace mnésique (ou engramme) est combinée avec l'indice de récupération"* (Baddeley, 1993, p. 303). Comme l'a constaté Tulving (1976) :

> *"La récupération dépend de façon critique de l'interaction des informations provenant de deux sources séparées (a) la trace en mémoire et (b) l'état de l'environnement cognitif du sujet au moment de la récupération"* (p. 21).

Pour l'auteur, c'est parce que le contexte d'encodage et le contexte de récupération ont une certaine similarité que le sujet peut accéder aux traces d'un événement gardé en mémoire. Aussi, pour Tulving (1976) : *"Il n'est même pas inconcevable de penser qu'en un certain sens, les opérations d'encodage constituent l'unique déterminant de la composition des traces mnésiques"* (p. 20).

L'approche de Tulving -basée sur le principe de l'encodage spécifique- soulève deux questions pour Baddeley (1993): (i) la première concerne le rôle du contexte dans l'apprentissage (ii) la seconde a trait à l'importance du contexte pour le rappel et la reconnaissance.

En réponse à la première question, l'idée que l'apprentissage ne concerne pas seulement un item, mais un item avec son contexte, est largement acceptée ; même si le principe de l'encodage spécifique reste propre à Tulving.

Pour la seconde question, il semble que le contexte ait moins d'importance pour la reconnaissance que pour le rappel ; ce qui irait à l'encontre du principe établi par Tulving, selon lequel le rappel et la reconnaissance impliquent les mêmes processus. Baddeley souligne toutefois que cet influence du contexte est variable, comme c'est le cas, par exemple, dans la reconnaissance de visages où il joue un rôle prépondérant.

---

18 Ecphorie signifie "être rendu connu" ; ce terme a été utilisé par Tulving en 1983 (Baddeley, 1993).

Pour expliquer, le rôle plus ou moins primordial du contexte, Baddeley a proposé le concept de contexte indépendant versus interactif.

Si le contexte est indépendant, cela signifie que le rappel sera facilité si le contexte est le même, mais que le contexte n'aura pas d'influence sur la reconnaissance.

Si le contexte est interactif, le contexte change la façon dont le stimulus est perçu ; il influence le rappel et mais aussi la reconnaissance.

L'illustration la plus marquante de "contexte interactif" est celle obtenue lors d'expériences avec des mots polysémiques. Prenons un mot comme, par exemple, POT qui est polysémique, c'est-à-dire que le sens de cet item change selon le contexte auquel il est associé. Si "POT" est présenté à un sujet dans une première tâche (liste de paires de mots associés) avec "confiture" et ensuite lors d'une seconde tâche (reconnaissance) avec "échappement", le mot "POT" n'est pas reconnu quand il est associé à "échappement".

3.3.2.4. La récupération à partir d'une description

Norman et Bobrow (1979) ont proposé un modèle de récupération basé sur la notion de niveaux variables de description de l'information recherchée. L'efficacité d'une recherche est fonction de la capacité à discriminer et à construire une description de la cible (information à récupérer). Dans ce modèle, la récupération est dépendante des capacités allouées au moment de l'encodage. Il est fait référence ici aux processus de traitement de l'information tels que le niveau de profondeur ou le degré d'élaboration (v. § 2.1).

La mémoire est une structure hiérarchisée dont les éléments de base sont des enregistrements auxquels sont associées des propriétés. Le prototype est un vieil enregistrement alors que les nouveaux enregistrements sont des instances de prototype qui héritent des propriétés de ce dernier. La récupération est basée sur un mécanisme d'appariement entre l'information recherchée et un prototype.

La récupération est composée de trois étapes se déroulant en un cycle itératif permettant l'affinage de la description de la cible :

1- formation d'une spécification initiale à partir d'éléments comme : la description du but, le contexte lors de l'encodage des informations, la description de l'information cherchée afin de produire une description-cible et des critères de vérification ;

2- processus d'appariement (il est utilisé pour la découverte et la sélection de la cible). Les auteurs présentent différents processus (par exemple, balayage des structures, activation), mais indiquent que l'on ne connaît pas les mécanismes appropriés ;

3- processus d'évaluation.

3.3.2.5. La récupération du noyau

Williams et Hollan (1981) ont proposé un modèle du rappel basé sur le paradigme de la résolution de problèmes avec trois principes :

- seule une partie des informations présentes dans notre environnement est encodée ;
- l'encodage ou la récupération d'information se fait à partir d'une description partielle qui procure un point d'entrée initial en mémoire. La notion de description est empruntée à Norman et Bobrow (1979) ;
- la mémoire a une capacité très grande. La position des auteurs est de ne pas tenir compte d'une notion telle que l'économie de stockage.

Sur la base de ces principes, les auteurs définissent un processus primaire de récupération (angl. : "the kernel retrieval process"). Ils estiment que le processus d'encodage est similaire à ce processus primaire. La récupération est vue comme un processus itératif de reconstruction de l'information. Une description initiale est utilisée en entrée pour accéder à d'autres informations qui complèteront la description jusqu'à la récupération complète.

Le cycle de récupération est similaire à celui proposé par Norman et Bobrow (1979) et est décomposable en trois phases :

1- établissement d'un contexte de recherche ;

2- recherche en mémoire à partir du contexte et de l'information utilisable ;

3- vérification de l'information récupérée.

Si la première étape consiste à trouver un contexte, la deuxième étape comporte deux alternatives. La première est la recherche d'autres indices ou d'autres contextes à partir des premiers indices de récupération. La seconde est de vérifier tous les enregistrements retrouvés pour y sélectionner un ensemble d'indices utiles pour faire des hypothèses pour compléter la description.

La troisième permet de vérifier si les inférences faites ont permis de récupérer le bon enregistrement.

Williams et Hollan considèrent que l'oubli n'est qu'un échec à la récupération. Ce dernier peut être dû au ré-encodage de l'information. Chaque enregistrement rappelé subit des transformations.

> *"As we pile reencodings atop reencodings the original event tends to become stereotyped (inferences), abbreviated (less information), tuned toward more common queries, or even wrong (false recoveries)."* (p. 114)

Cette réflexion les amène à penser que la distinction entre mémoire épisodique et sémantique reflète l'évolution des rappels. A ce propos, ils soulignent que Bartlett (1932) observait que les rappels répétés deviennent de plus en plus stéréotypés, ce qui pourrait confirmer l'interdépendance des deux systèmes et peut-être expliquer l'émergence de connaissances sémantiques à partir des connaissances épisodiques. Pour conclure, ils insistent sur le fait que la différence entre la reconnaissance et le rappel est

due à des conditions expérimentales. C'est le nombre des indices qui fait que l'on parle de rappel (peu d'indices) ou de reconnaissance (beaucoup).

> *"As the amount of information presented increases, remembering becomes more like recognition and less like recall. The problem in most recall paradigms is too little information (resulting in the search for more information) ; the problem in most recognition paradigms is too much inormation (resulting in the need to choose the appropriate context)."* (p. 117)

3.3.2.6. Un modèle pour la mémoire autobiographique

Reiser (1986) a proposé un modèle de récupération pour la mémoire autobiographique basé sur l'indexation par le contexte ou "context-plus-index". La recherche d'une information épisodique repose sur l'accès au contexte utilisé pour l'encodage de l'événement -soit à une structure de connaissances activée lors du traitement de l'expérience. Cette structure de connaissances contient des généralisations de représentations d'événements (comprenant des actions effectuées pour un ou plusieurs buts).

Il précise qu'il faut distinguer la récupération automatique et la récupération suite à une recherche. La première est basée sur un processus automatique d'activation et de propagation dans un réseau à partir d'indices, la seconde repose sur l'utilisation sélective d'informations et sur l'emploi de mécanismes de raisonnement.

La récupération suite à une recherche comprend deux phases : la sélection d'un contexte et l'utilisation de stratégies. Selon l'auteur, la recherche est reconstructive ou dirigée par des inférences. Il souligne que les sujets ont tendance à se focaliser sur des représentations de l'activité -même s'il s'agit de retrouver un état mental- car l'activité est une structure riche en pouvoir inférentiel. Le choix des indices dirigeant une recherche pourrait être fondé sur des raisonnements causaux. Récupérer, c'est "re-comprendre" l'événement, d'où l'hypothèse de l'existence de mécanismes d'inférence causale comme dans la compréhension.

La recherche commence par la construction d'un scénario à partir de certains traits de la cible, ce qui permet de contraindre et diriger la recherche. Quand le contexte a été choisi, des mécanismes d'élaboration sont employés pour générer et tester des traits supplémentaires jusqu'à qu'il y ait suffisamment de traits pour isoler une expérience particulière. La génération de traits se fait grâce à des raisonnements sur des sous-classes d'activité autant que sur les causes et les conséquences d'un événement. La récupération consiste en la discrimination de l'expérience-cible parmi d'autres.

3.4. Le rôle des connaissances épisodiques

Dans un article de Reimann et Chi (1989) sur l'expertise, un passage est consacré au développement de l'expertise. Les auteurs y mentionnent que, si les experts ont plus de connaissances sémantiques que les novices, ils ont aussi plus de connaissances épisodiques, "plus d'expérience".

Les études menées par Baerentsen et Larsen (1990) et Baerentsen (1991) apportent des éléments intéressants sur ce point et pour notre problématique, puisqu'elles ont été réalisées auprès d'opérateurs assurant le contrôle d'un processus, et concernent la réutilisation d'incidents antérieurs afin de résoudre d'autres incidents via un raisonnement analogique. Cette réutilisation fait aussi émerger, selon les auteurs, des connaissances générales sur le fonctionnement du système et le comportement des opérateurs.

La méthode utilisée par Baerentsen (1991) a consisté à pratiquer avec 18 opérateurs des entretiens individuels et hors contexte pour recueillir des incidents. 65 incidents ont été rappelés pour lesquels différentes dimensions ont été examinées telles que la date, le rôle de l'opérateur, les aspects émotionnels, la précision des souvenirs et si les incidents ont déjà été rappelés et dans quelles circonstances, s'ils ont fait l'objet de discussion avec les collègues.

Après ce recueil, 13 des 120 incidents survenus en $3^{1/2}$ ans dans l'usine (sous la forme de brèves descriptions de 2 à 3 lignes avec des informations comme le sous-système concerné, la cause première, une alarme et les conséquences résultantes) sont présentés de manière aléatoire aux opérateurs. Ces derniers ont pour tâche d'identifier les incidents et d'indiquer s'ils les ont vécus, s'ils les connaissent ou s'ils se rappellent d'autres incidents similaires. Puis, ils sont questionnés sur les circonstances dans lesquelles ces incidents ont déjà pu être évoqués et leur rôle éventuel. Pour cette tâche de reconnaissance où 234 réponses ont été obtenues, les résultats montrent que, sur les 29 opérateurs présents au moment des événements, 44% reconnaissent les avoir vécus, alors que 56% ne les reconnaissent pas. Chez ceux absents lors des faits, 8% pensent les avoir vécus.

En dernier lieu, des entretiens en groupe sont effectués à partir du matériel issu des entretiens individuels. Les opérateurs sont questionnés sur 13 incidents (décrits en 2 ou 3 lignes) ressemblant à ceux déjà présentés. On leur demande s'ils étaient présents ou s'ils en ont entendu parler. Puis, le rôle des incidents en tant que source d'informations est discuté, ainsi que les facteurs influençant la reconnaissance des incidents. Il est à noter que pour ce test de reconnaissance des incidents similaires, 81% des cas sont reconnus quand les opérateurs étaient présents et 59% même quand ils étaient absents. Le descriptif qui est fait des incidents est considéré comme trop général par les opérateurs pour qu'ils puissent en relater un en particulier.

Un des éléments importants à retenir est que la reconnaissance d'un incident passe par la description du contexte (les indications sur la situation opérationnelle, les issues, les personnes engagées, les actions faites pour contrôler la situation, les résultats et les éventuelles mesures pour prévenir ce type de problème). Il est à noter que les alarmes ne constituent pas de bons indices sauf si elles sont exceptionnelles.

On peut se demander si les descriptions trop vagues des incidents sont dues à la technique de recueil (rappel non contextualisé) ou bien au fait que les connaissances qui ont été récupérées, ont fait l'objet d'un processus de généralisation.

> *"As a consequence of repetition of similar episodes, specific details of the individual episodes become 'blurred', revealing the commonalities of the episodes. The generalization by repisodisation is a generalization of similar elements, whereas the unique features are removed."* (Baerentsen, 1991, p. 228)

Sur le plan méthodologique, comme nous l'avons déjà souligné, la technique de recueil d'incidents utilisée par Baerentsen et Larsen (1990) qui consiste à procéder à des entretiens a posteriori et hors contexte avec les opérateurs, nous semble intéressante pour lister certaines caractéristiques des incidents. Mais, elle s'avère peu utile pour identifier les traits permettant la discrimination des incidents.

Selon Baerentsen (1991), l'utilisation de connaissances épisodiques pourrait avoir, selon le contexte de rappel, deux types de fonctions :

1- si les connaissances épisodiques sont rappelées au cours d'une situation relative à un incident similaire, elles servent à la résolution de l'incident via un raisonnement analogique et portent sur des paramètres importants et des procédures. Le rappel "contextualisé" d'une situation antérieure semble fournir aux opérateurs des connaissances utilisables pour la résolution du nouvel incident, dans la mesure où elles sont contenues implicitement dans l'épisode récupéré.

2- si le rappel intervient dans d'autres contextes, par exemple, lors de conversations fortuites, il porte davantage sur la conduite des différents acteurs. Les échanges sur les incidents servent à créer un contexte d'interprétation commun ou "référentiel commun" (par exemple, connaissances sur les actions des collègues, informations techniques sur le système).

Pour résumer, les connaissances épisodiques pourraient avoir divers apports dans une situation de travail, en fonction du contexte de rappel :

- la dissémination des connaissances, si le rappel des incidents a lieu lors de conversations fortuites entre opérateurs ;

- l'expérimentation de situations problématiques (le récit d'épisodes hors contexte peut permettre de simuler le décours des incidents en retraçant, par exemple, les actions effectuées, l'évolution des paramètres) ;

- le développement de connaissances générales (l'apprentissage peut se faire par le biais de la réutilisation d'incidents similaires en situation, ou en dehors via le récit) ;

- la résolution de nouveaux incidents via un raisonnement analogique.

Une étude de Klein et Calderwood (1988) a porté sur 400 prises de décision recueillies a posteriori lors d'entretiens avec une variante de la méthode des incidents critiques de Flanagan (1954) et sur l'utilisation de cas analogues chez des concepteurs et des sapeurs-pompiers. Elle a révélé que la grande majorité des décisions sont davantage basées sur la reconnaissance d'incidents ou de problèmes antérieurs que sur l'analyse. Selon les auteurs, l'analogie est utilisée pour identifier les facteurs causaux opérant dans la situation, et pour aider à la génération de solutions.

L'apport de ce travail a été de tester plusieurs méthodes. La première technique de recueil consistait à faire des entretiens à propos d'incidents antérieurs ; la seconde à recueillir des protocoles verbaux lors de simulations ou immédiatement après les incidents. L'utilisation de la deuxième méthode a permis de voir augmenter le taux de rappel de cas analogues.

Selon les auteurs, il est possible que le caractère épisodique d'une expérience particulière disparaisse sous le poids des expériences cumulatives vécues par les individus. Les incidents spécifiques seraient fusionnés en mémoire sous la forme de prototypes ou de schémas qui ne contiendraient plus que les informations typiques.

Certains auteurs ont étudié d'autres modes d'utilisation des connaissances épisodiques. Pour Gilovich (1981), le rappel de situations passées a des effets sur les jugements sociaux et intervient dans les mécanismes de prise de décision quand les situations sont incertaines. Cet auteur a constaté que les sujets tiraient bénéfice des

expériences antérieures en faisant l'analogie entre des circonstances existantes et des événements précédents.

Il a aussi mis en évidence que certains jugements "erronés" étaient parfois émis. Il attribue ces erreurs au fait que des épisodes sont activés sur des aspects de similitude et sont utilisés en totalité même quand ils concernent des éléments inconnus dans la nouvelle situation.

Le fait de se souvenir de situations du passé pourrait aussi avoir une importance dans les processus explicatifs, et dans la modification des structures de connaissances ou schémas (Read & Cesa, 1991). La modification des connaissances responsables de nos attentes défaillantes se ferait grâce aux rappels d'échecs antérieurs et à leur utilisation via un raisonnement analogique, nous permettant ainsi de comprendre un événement inattendu et de donner une explication à cet échec.

3.5. Conclusion

La plupart des travaux sur la mémoire ont été effectués avec des protocoles expérimentaux très précis et un matériel qui ne reflète pas toujours la diversité des situations et des informations de la vie "réelle". La majorité des tâches de rappel ou de reconnaissance a été réalisée avec des listes de mots. C'est sur ce type de tâches que sont basées la plupart des données théoriques que nous avons exposées. Aussi, si les recherches faites en laboratoire ont fourni de nombreuses connaissances et différents modèles de *La Mémoire*, il est difficile de les appliquer dans des tâches plus complexes comme celles réalisées dans le domaine professionnel.

L'importance du contexte, dans la récupération de termes analogues, a déjà été soulignée (v. § 1.5). L'analogie pourrait être fortement dépendante de son contexte d'encodage (Holyoak, 1984). Nous n'avons abordé l'idée de contexte que dans le cadre de la dichotomie que Tulving (1976) conçoit à propos de la mémoire (sémantique versus épisodique). Toutefois, via le courant "situationniste"[19], le terme de contexte tend à prendre une importance plus générale dans les sciences cognitives.

Selon Clancey (1990 ; cité par Sandberg & Wielinga, 1991), la mémoire n'est pas un endroit de stockage des représentations. Les représentations ne sont pas des structures existantes dans la mémoire des gens, elles sont crées en cours d'action. La connaissance est indexée par l'environnement et ne peut être séparée du contexte. Elle n'est pas objective mais subjective ; elle est incorporée dans un cadre particulier de référence ; elle est située, relative et souvent réinterprétée.

L'article de Sandberg et Wielinga (1991) propose une réflexion sur les apports du courant situationniste qui, s'il prend en compte la notion de contexte ou "situation", ne propose pas pour autant un cadre théorique permettant de mieux appréhender les processus liés à la mémoire, à l'apprentissage. En effet, si le rappel est meilleur quand le contexte dans lequel il est fait est similaire au contexte dans lequel l'information a été acquise, le rappel d'informations décontextualisées s'avère possible et désirable.

> *"It is exactly this process which requires abstraction from the situation : decontextualisation. It is clear that human cognition is not very well equiped for the decontextualisation process : it is difficult, prone to error, and does not proceed autonomously. That does not mean, however, that one should not try to guide students through a process of decontextualisation."* (Sandberg & Wielinga, 1991, p. 344)

19 Le terme "situé" est apparu dans des articles sur l'apprentissage (Brown, 1989 ; Suchman, 1987 ; Harel & Papert, 1990 ; Clancey, 1990 cités par Sandberg & Wielinga, 1991).

Pour résumer, si la notion de contexte s'avère à l'heure actuelle inséparable de notre problématique, tant du point de vue de l'analogie prise dans un sens large que du rappel, il semble qu'il est tout aussi nécessaire d'établir un lien entre, d'une part, similarité de surface versus de structure, et, d'autre part, mémoire épisodique versus sémantique. Ces liens, bien fragiles, supposeraient de décrire les processus permettant l'émergence de connaissances générales à partir de connaissances épisodiques. La grande faiblesse des modèles proposés pour rendre compte de l'analogie est d'être construits sur le fait que les sujets possèderaient déjà des représentations "structurées".

Comme l'avait constaté Le Ny (1989, p. 39), *"on peut aisément identifier, dans la recherche cognitive, deux tendances distinctes : celle qui accorde beaucoup d'attention aux raisonnements et moins à la mémoire, et celle qui adopte la répartition inverse"*.

Dans un article de Ripoll (1993) traitant de l'évocation d'une source dans le raisonnement par analogie, l'accent est mis sur la difficulté de résoudre une équation à deux inconnues. *"Il faut faire simultanément des hypothèses sur la nature des processus ("le mécanisme") et des hypothèses sur la nature des représentations"* (p. 163). Comme le souligne cet auteur en analysant trois théories de la mémoire (la "spreading-activation theory" (Anderson,1976); le "compound cue retrieval theory" (Tulving,1983) ; les "modèles connexionnistes type PDP" (Rumelhart, 1988)) chacune peut rendre compte des effets liés à l'évocation dans le raisonnement par analogie, même si les mécanismes qu'elles décrivent, diffèrent.

On peut ajouter que si la double indétermination reste un vrai problème, *"il demeure que c'est l'inconnue 'représentation' qui semble la plus déterminante dans l'élaboration des prédictions qu'on peut associer à telle ou telle théorie de l'évocation"* (p. 170). Elle est déterminante pour deux raisons car elle pose la question du stockage de l'information, mais aussi du type d'information stockée.

Pour conclure, Ripoll (1993) soulève le problème lié au mode d'appréhension du réel et insiste sur le fait qu'il existe une distance entre la similitude de deux stimulus telle que peut la concevoir le chercheur et la description de ces mêmes stimulus et leur représentation par le sujet. Cela nous ramène à la dualité des approches internaliste et externaliste. Selon Ripoll (1993), l'approche "internaliste" se doit d'appréhender l'écart entre stimulus et représentation en supputant une théorie sur l'organisation des connaissances en mémoire ; car seule cette dernière peut permettre d'indiquer la manière dont le stimulus sera encodé et représenté[20]. Cette réflexion est semblable à ce que nous avions indiqué à propos de la saillance perceptive versus cognitive (v. § 1.6.2). Cependant, l'aspect principal est la notion de contexte : il est primordial de tenir compte des conditions dans lesquelles les informations sont encodées.

Une étude de Needham et Begg (1991) insiste sur les conditions dans lesquelles le codage de l'information a été réalisé. Elle a montré que le rappel est meilleur quand l'entraînement est fait en vue d'un rappel ultérieur que quand il est fait en vue de la résolution de problèmes. De la même manière, le taux de transfert est meilleur quand la tâche demandée aux sujets était antérieurement de résoudre un problème que lorsqu'il s'agissait d'une tâche de mémorisation.

> *"The transfer is most likely if the to-be-transferred information is processed in a problem-like manner."* (p. 552)

---

20 "Similarity is not a physical property of stimuli, it is derived from behavior with respect to stimuli" (Catania, 1992, p. 301).

Un des points importants mis en évidence par ces auteurs est que :

"Solving a problem tests memory for the solution from a prior story indirectly, but it tests the applicability of that solution to a problem directly ; recall tests memory for prior solutions directly, but tests their applicability to new problems only indirectly." (p. 553)

Comme nous l'avons vu pour les catégorisations et le rappel, la tâche pour laquelle ou au cours de laquelle a été réalisé le codage des informations détermine, pour une grande part, les conditions dans lesquelles elles pourront être récupérées. Il faut donc dissocier le rappel de la résolution de problèmes dans la mesure où la performance à accomplir une tâche n'est pas révélatrice de l'apprentissage réalisé pour une autre.

Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de Tulving sur le principe de l'encodage spécifique, mais en l'appliquant non pas aux stimuli mais aux processus. A ce propos, Needham et Begg (1991) citent la loi du contexte de McGeoch's (1942) : *"the excellence of performance was maximal if conditions of performance resembled conditions of learning"*. (p. 552)

Si Holyoak fait appel aux notions de "niveau d'abstraction" qui permet un encodage optimal (de la source pour la récupération et le transfert) et d'"attention sélective" (v. § 2.1), c'est parce que tous ces facteurs jouent un rôle dans la récupération des connaissances -et donc de termes analogues. Tulving (1976) indique d'ailleurs que les recherches sur l'encodage sont du même ordre que celles concernant le transfert et ses effets, puisqu'elles s'intéressent aux fonctions qu'exercent la similarité et les connaissances générales préexistantes.

A la lumière des études que nous avons présentées, il nous apparaît utile de prendre en compte la notion de tâche en tant qu'élément pouvant définir le contexte dans lesquelles les informations pourront être encodées et donc récupérables.

4 La réutilisation de connaissances : concept ou réalité dans les activités de travail

Les modèles dédiés à l'analogie et à la mémoire sont issus d'expériences de laboratoire et peuvent s'avérer complexes à resituer et à utiliser dans un contexte plus large, comme les activités de travail. Le raisonnement par analogie n'est qu'une forme de raisonnement, les modèles de résolution de problèmes ne couvrent pas l'ensemble des situations auxquelles est confronté l'opérateur. Même à l'intérieur des tâches qui font appel à la résolution de problème, il y a des différences - par exemple, la conception diffère du diagnostic en termes de traitement des informations. Il s'agit donc de déterminer la pertinence des modèles existants. En effet, la réutilisation de connaissances telle que nous l'avons définie doit s'intégrer dans un cadre théorique plus large que la simple résolution de problèmes. Un opérateur chargé de la supervision d'un système n'est pas toujours en train de résoudre des incidents, et qui plus est, ne résout pas ces derniers forcément à l'aide d'incidents antérieurs. Il faut donc resituer ce mode particulier de raisonnement dans le contexte plus global de la tâche.

Nous nous intéressons à la réutilisation de connaissances dans des activités de supervision et faisons l'hypothèse que le contexte de travail (système technique ou environnement) détermine fortement la nature des processus mentaux mis en oeuvre par

l'opérateur. Par exemple, le diagnostic médical ne fait pas appel aux mêmes mécanismes de traitement que la recherche de pannes dans une activité de contrôle de processus, les deux diffèrent du pilotage de mobiles, de la gestion d'environnements dynamiques, de la gestion de flux.

Il n'existe à l'heure actuelle que peu d'études sur la réutilisation de connaissances dans des situations réelles et la plupart l'ont été dans des tâches de conception. Il apparaît donc important de tenir compte des études déjà réalisées dans ce domaine, même si elles ne concernent pas le même type de tâche.

4.1. Les activités de conception

La tâche de conception est décrite par la plupart des méthodes prescriptives comme une succession d'étapes qui se déroulent sur un axe temporel et selon un ordre hiérarchique. Or les études empiriques ont montré que l'activité de conception "y apparaît comme non-hiérarchique (le traitement se fait ni complètement de haut en bas, ni complètement de bas en haut), procédant de façon cyclique, introduisant au fur et à mesure de nouveaux buts" (Visser, 1987a).

Dans une revue de question consacrée aux modèles de conception, Visser (1992a) relève que le modèle dominant a été différent selon les époques : d'abord ni hierarchique, ni opportuniste, puis hierarchique, ensuite opportuniste et récemment l'opposition hiérarchie-opportunisme a été nuancée.

L'auteur présente diverses études réalisées sur ces deux axes et en conclut que les facteurs les plus importants à considérer pour une modélisation des activités de conception sont :

- "situationnels" qui caractérisent les situations de problème (le couple tâche/opérateur) ;

- de "traitement" qui qualifient les sources de connaissances du concepteur et leur utilisation dans la résolution du problème.

Ces facteurs permettent de rendre compte d'une possible organisation "opportuniste" de l'activité comme observée dans des situations réelles de conception.

L'activité du concepteur peut être guidée par un plan (représentation de la tâche sous forme hiérarchique) mais celui-ci est suivi tant que des opportunités de moindre "coût cognitif" ne sont pas rencontrées. Si des actions plus économiques sont trouvées, l'opérateur dérive du plan. En fait, l'écart entre la représentation mentale que le concepteur se fait de l'organisation de l'activité et l'organisation réelle de son activité peut être considéré comme un effet de rationalisation après-coup des actions réalisées. Reconstruit rétrospectivement, le plan gomme les détails spécifiques de la situation en faveur des actions concordantes avec le plan (Suchman, 1987/1990 ; cité par Visser, 1992a).

Une notion importante est le "coût cognitif" :

"The cognitive cost of an action is the cost of accessing the required information and of its processing in order to achieve the goal of the action." (Visser, 1992a, p. 34)

Le concepteur vise une utilisation économique des moyens disponibles, c'est-à-dire l'information soit externe, soit interne -informations en mémoire à partir des

indices contenus ou élaborés dans/par la représentation du problème qu'a construite le concepteur (Visser, 1987a, 1992a).

L'intérêt des études de terrain est d'identifier les processus réels impliqués dans l'activité d'un opérateur. Parmi les processus psychologiques conduisant à l'abandon d'un plan hiérarchique, Visser (1987a) constate que le principe d'économie cognitive entraîne les stratégies suivantes chez le concepteur : ajourner un traitement par manque d'information, traiter un élément non prévu à cette étape car l'information est disponible, anticiper un traitement (penser à un élément analogue, se souvenir d'un élément pouvant être oublié par la suite, regrouper des informations ou des traitements).

Visser (1987a) met aussi à jour différentes relations guidant l'activation entre des représentations de composants de conception conduisant à des déviations entre les traitements de ces composants dans la conception d'une machine-outil. Elle distingue ainsi les relations d'analogie, d'interaction, de contraires, de pré-requis (Visser, 1991).

Les études empiriques ont abouti à fournir, selon Visser (1992a), quelques suggestions pour des systèmes d'aide à la conception :

- ne pas imposer de structure hiérarchique ;
- permettre la déviation et l'abandon d'un plan et assister la reprise ;
- garder des traces de traitements interrompus ou ajournés ;
- assister les activités représentationnelles (différents niveaux d'abstraction, représentations adaptées au niveau de compétence...) ;
- assister la gestion de la mémoire de l'opérateur ;
- faciliter la réutilisation, en permettant l'accès à des "analogues".

Pour résumer, si la tâche du concepteur peut être décrite de manière hiérarchique, l'activité qui est la réalisation de la tâche par le concepteur, s'avère avoir une organisation "opportuniste". L'écart entre le plan et l'organisation effective de l'activité est dû à des contraintes externes (situation) et internes (opérateur). Comme les contraintes externes sont traitées par l'opérateur, ce sont les facteurs internes de traitement, que Visser (1992a) considère les plus importants.

Dans la mesure où l'activité est régulée par l'opérateur, en partie en fonction de l'accès à l'information, la réutilisation de connaissances peut s'avérer un concept utile parce qu'il a trait :

- d'une part, au rappel de connaissances contextualisées (qui ont un effet sur les stratégies du concepteur) ;
- d'autre part, à la résolution de problèmes via des relations analogiques (qui est la principale forme de relation observée par Visser comme conduisant à des déviations dans le processus de conception).

Falzon et Visser (1989) proposent d'assister les opérateurs, dans une tâche de conception, en les aidant à élaborer des catégories abstraites et à récupérer des problèmes analogues ; l'activité de conception (non-routinière) ne favorise en effet pas l'abstraction de schémas à partir d'exemples, du fait de la rareté de la répétition des problèmes. Aider l'opérateur en lui fournissant des problèmes analogues n'est envisageable que si l'on s'assure que ce type d'assistance n'entraîne pas un coût

supplémentaire de traitement pour le concepteur (Falzon, 1989). Nous aborderons les problèmes relatifs aux systèmes d'aide dans la partie 4.

4.2. Les activités de supervision

4.2.1. Le diagnostic

Comme le souligne Rasmussen, le problème du diagnostic est devenu sujet à beaucoup de discussions depuis l'incident de Three Mile Island et les recherches ont eu depuis pour visée la conception d'interfaces permettant effectivement aux opérateurs d'identifier l'état du système via une modélisation cognitive de la tâche (Rasmussen, 1981).

Certains invariants peuvent être retenus pour qualifier les activités de diagnostic (Hoc, 1990) :

- la compréhension : c'est l'organisation d'un ensemble d'éléments en une structure significative (induction de structures). Le niveau de structuration des éléments détermine le degré de compréhension sur un continuum qui va du "simple appariement d'indices à un schéma connu jusqu'à la représentation des raisons de cet appariement" (id., p. 158) ;

- la décision : le diagnostic est finalisé par une décision explicite d'action ou de refus d'action ;

- l'action : c'est l'ensemble des éléments modifiés s'organisant en une structure satisfaisant les objectifs définis.

Il est rare dans une situation de diagnostic que les opérateurs, sauf s'il s'agit de novices, soient dépourvus de connaissances préalables concernant les incidents.

> *"The diagnostic task implies a complex mental process which is very situation and person dependent."* (Rasmussen, 1981, p. 242)

C'est ce que le "modèle de l'arche" (Rasmussen, 1986) cherche à restituer en termes de régulation de l'activité.

Il se décompose en deux étapes (v. figure 3):

une phase d'*analyse* et une phase de *planification*

et distingue trois niveaux de régulation :

- "*skill-based behavior*" ou SBB, c'est le niveau d'expertise qui renvoit au schéma de type S-R par automatisation des procédures ;

- "*rule-based behavior*" ou RBB, c'est le niveau de fonctionnement par procédures ou règles d'action du type "si...alors" ;

- "*knowledge-based behavior*" ou KBB, c'est le niveau où l'opérateur se sert de ses connaissances "profondes" ou générales pour diagnostiquer.

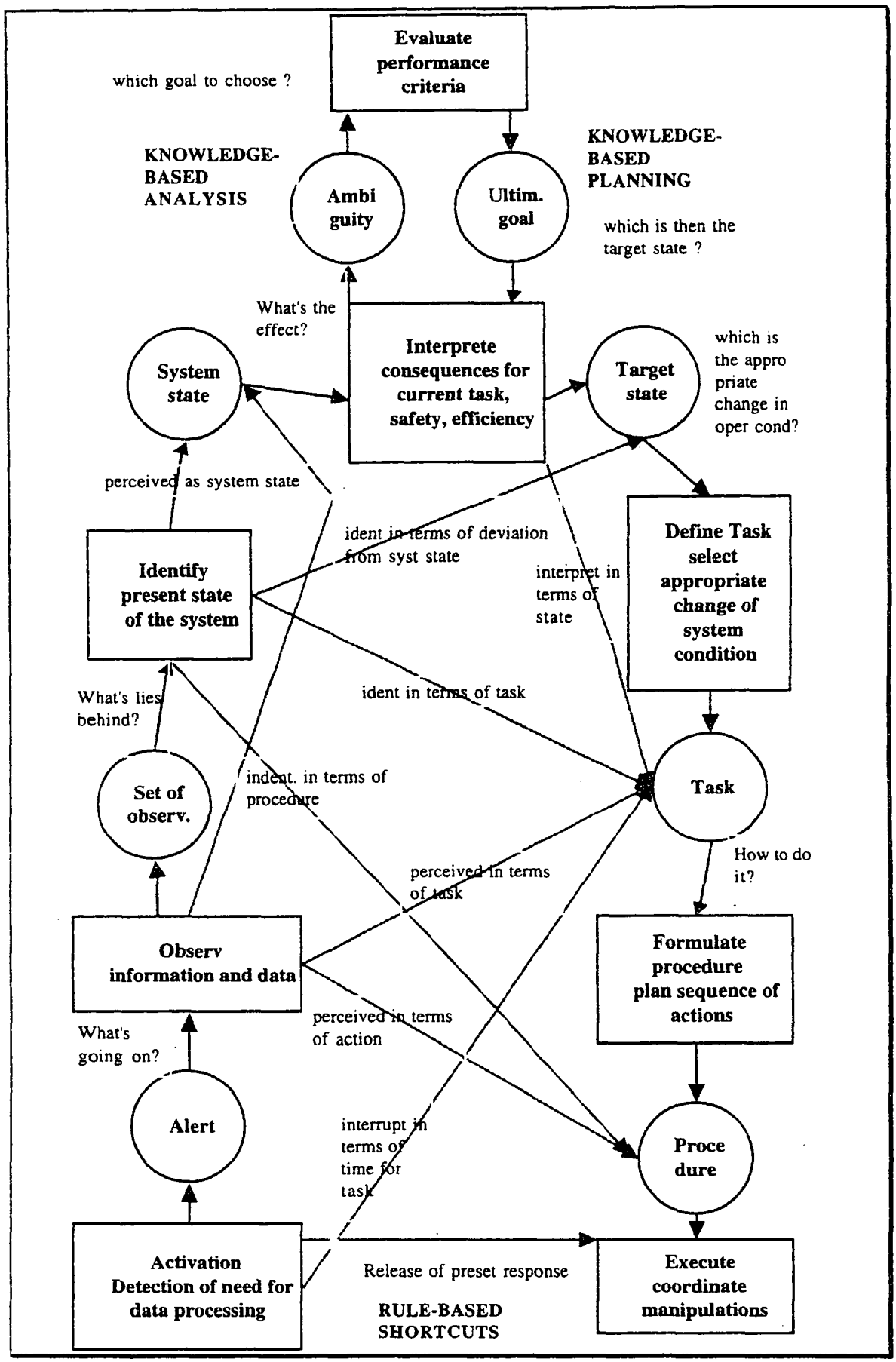

Figure 3. Modèle de diagnostic pour des environnements dynamiques (Hoc, 1989 d'après Rasmussen, 1976)

Un des éléments importants dans les activités de diagnostic est la contrainte de temps. L'opérateur étant vu comme un système de traitement de l'information et possédant des capacités en mémoire de travail réduites, Rasmussen (1986) a pu constater les comportements suivants pour une tâche de diagnostic de pannes :

- une économie d'informations (peu d'observations mais un traitement des données complexes pour une prise de décision) ;
- un nombre d'informations important traitées mais avec des prises de décision rapides en termes de bon/mauvais par séquences ;
- une recherche des composants défectueux sans recherche des causes des défaillances ;
- une recherche générale décomposée en séquences habituelles.

En matière de stratégies utilisées dans le diagnostic, il distingue :

- Stratégies dirigées par le fonctionnement normal
  - recherche fonctionnelle
  - recherche topographique
  - recherche par évaluation
- Stratégies dirigées par le fonctionnement anormal
  - recherche symptomatique
    - reconnaissance de configurations (instanciation de schémas ou réseau causal)
    - recherche dans une table de décision
    - recherche par test d'hypothèse

4.2.2. La supervision

La supervision est assimilée à une tâche de diagnostic, dans la mesure où il s'agit de comprendre des dérèglements dans le contrôle de processus[21] dynamiques. Selon Hoc (1989), la supervision peut être décrite par le fait que la situation supervisée change en dehors des actions de l'opérateur. La tâche de celui-ci est de maintenir le système dans un état satisfaisant les objectifs de production. En général, il existe des procédures permettant de régler certaines déviations du système ; néanmoins ces dernières ne couvrent pas l'ensemble des situations (déviations non prévues, limite de validité des procédures) : l'opérateur se trouve alors dans une situation de résolution de problèmes.

C'est sur le paradigme de la résolution de problèmes que la plupart des études sur ce type de tâche ont été effectuées. Comme l'indique De Keyser (1988), le modèle du "General Problem Solving" ou GPS de Newel et Simon (1972) a été repris par de

[21] "Les industries dites 'de process' fournissent des produits tels que le papier, l'électricité, l'acier et des produits pétro-chimiques. Dans ces industries, l'homme ne travaille pas directement sur le produit, mais il contrôle les machines pour que les matériaux d'entrée soient transformés en produit répondant à des définitions précises (...) Quand des contrôleurs automatiques sont utilisés, l'opérateur peut être un simple surveillant de la machine, mais il doit être capable de déterminer les points-consignes ou de prendre en charge le contrôle quand les contrôleurs automatiques sont défaillants" (Bainbridge, 1981).

nombreux auteurs tels que Hollnagel et Woods (1983), Rasmussen (1986), le but étant "de décomposer l'espace-problème en une architecture d'objectifs et de moyens" (p. 6).

> *"Cognitive engineering is about human behavior in complex worlds (...). Understanding the factors that produce complexity, the cognitive demands that they create, and some of the cognitive failure forms that emerge when these demands are not met is essential if advances in machine power will lead to new cognitive tools that actually enhance problem solving performance."* (Woods & Roth, 1988)

La décomposition de la tâche en termes de traitements et de contenu informationnel a pour but d'aider à la conception de l'interface ou de la représentation selon les termes de Woods et Roth (1988). La représentation (Interface), pour reprendre les termes de ces auteurs, est ce qui doit permettre aux agents (Homme(s) ou/et Machine) de faire face aux exigences du monde (Tâche).

4.2.2.1. Analyse cognitive de la tâche

Il est important en vue d'une généralisation des résultats obtenus sur une tâche de déterminer la nature de la tâche[22]. L'activité de l'opérateur est en partie déterminée par le système technique ou l'environnement de travail. Hoc (1989) a établi une typologie[23] cognitive des tâches de contrôle sur la base de la présentation des informations -car, dans son approche, l'opérateur est vu comme un système de traitement de l'information. Nous présentons ci-après quelques critères de cette typologie établie à partir de la description du système technique.

1- <u>le contrôle direct sur le processus</u> : il se caractérise par le fait que l'opérateur a un contrôle plus ou moins direct sur les variables majeures. Les interactions entre les effets des actions et les facteurs non contrôlés sont limités. Les connaissances à propos du fonctionnement du système et les connaissances des actions relatives aux buts peuvent facilement être intégrées par l'opérateur (l'intégration peut se faire par un apprentissage par l'action : les stratégies sont d'abord basées sur la compréhension des causalités, puis sur les buts et ensuite, il y a intégration et planification d'un point de vue global).

N.B. Si le contrôle est indirect, les exigences en matière de diagnostic et de planification sont très fortes. La richesse du modèle mental[24] concernant le processus est cruciale pour contrôler la situation.

---

22 "La tâche correspond à un ensemble d'objectifs assignés aux opérateurs et un ensemble de prescriptions, définies de l'extérieur pour atteindre ces objectifs particuliers. Suivant les cas, elle intègre plus ou moins la définition de modes opératoires, d'instructions, de consignes de sécurité. Elle précise les caractéristiques du dispositif technique, du produit à transformer, ou du service à rendre, l'ensemble des éléments à prendre en compte pour atteindre les objectifs fixés." (Guérin, Laville, Daniellou, Duraffourg, & Kerguelen, 1991, p. 56).

23 Cette typologie cognitive des tâches de contrôle est normative et ne peut rendre compte réellement des besoins des opérateurs ; une analyse de l'activité en complément d'une analyse cognitive de la tâche est donc nécessaire (De Keyser, 1988).

24 Les modèles mentaux font référence à une "théorie psychologique des représentations mettant l'accent sur une reconstruction de l'espace du problème et donnant une base sémantique au raisonnement, en privilégiant le contenu du modèle" (Cavazza, 1993, p. 123). Ils servent à une simulation des situations du monde offrant ainsi une base pour raisonner.

2- l'accessibilité à l'information sur le processus : elle a trait à l'accès aux données sur le système ; les prises de décision dépendent d'elle. L'accès direct permet d'acquérir plus facilement des automatismes (v. figure 3, niveau KBB de l'arche) car les mécanismes de reconnaissance de forme peuvent directement permettre le déclenchement des actions appropriées.

N.B. Si l'accès est indirect, il augmente les besoins en matière de diagnostic et de planification. Le manque de feedback ou des temps de latence longs empêchent l'opérateur de déterminer quelle est la part réelle des actions qu'il réalise de l'évolution spontanée du système.

3- la continuité du processus : elle a trait à la nature des variables utilisées pour décrire le processus (variables discontinues ou produites au moyen d'instruments sous forme de moyenne des valeurs/périodes données). Quand le processus est discontinu, il est décrit sous la forme d'un modèle de transformation d'état.

N.B. Si le processus est continu, cela signifie que les opérateurs doivent gérer des évolutions, beaucoup plus que des transitions entre états bien définis.

Dans le but d'apporter une contribution à la présentation des informations, Hoc (1989) indique que, quand les processus sont dynamiques, il n'est pas facile d'utiliser le modèle de résolution de problèmes en terme de transformation d'états (type GPS de Newell & Simon, 1972).

4.2.2.2. Vers une modélisation de l'Opérateur

La nature de la tâche déterminant en partie l'activité de l'opérateur, Hoc (1989) distingue :

1- la supervision : elle vise à mettre à jour la représentation de l'état ou de l'évolution du système et à l'évaluer ;

2- le diagnostic : il est basé sur la compréhension orientée par l'intervention ;

3- l'intervention : elle inclut des décision de non-action.

Supervision

La nature de la supervision comporte divers aspects : depuis la simple détection de discordance entre état actuel ou évolution quand le comportement du système est non attendu, au test d'hypothèse quand l'anticipation dirige la supervision. On a pu constater que les opérateurs experts suivaient davantage certaines variables (focalisation de l'attention) et surveillaient des données plus informelles que celles prévues par les concepteurs. Quand l'opérateur devient expert, un contrôle en boucle fermée sur la base de l'information courante devient un contrôle en boucle ouverte, où l'historique des informations est utilisé. Une hypothèse peut être obtenue par simulation d'un "modèle mental[25]" du système, mais une procédure d'intervention peut aussi être une hypothèse qui sera validée au regard du feed-back, ce qui est une importante composante de l'activité de supervision. L'automatisation et l'informatisation croissante rendent les actions et les informations pour l'opérateur de plus en plus symboliques.

[25] On peut constater que le concept de modèle mental renvoie souvent à l'analogie (Cavazza, 1993; Gentner & Stevens, 1983).

Diagnostic

Quand les schémas ou scripts bien connus ne peuvent être instanciés (non-appariement entre informations utilisables et syndromes) le diagnostic de l'opérateur peut faire appel à une forme d'activité de planification. Les opérateurs ne planifient pas seulement leurs actions mais les états possibles d'évolution du processus par le biais de chaînes causales (par exemple, contrôle indirect sur le processus). Il est intéressant de constater que les opérateurs sont sujets à des biais de confirmation très fort (élimination des informations non pertinentes par rapport à l'hypothèse émise). Ils ont des difficultés à traiter simultanément plusieurs hypothèses, des informations ambiguës et incertaines, élaborer des évolutions possibles et évaluer des interventions possibles dans un contexte de contraintes multidimensionnelles.

Intervention

Dans le contrôle de processus, les actions de l'opérateur déterminent pour une part seulement l'évolution du système, aussi les connaissances sur le système ne sont pas utilisées uniquement pour comprendre les effets des actions, mais aussi les effets des autres déterminants et les interférences entre actions et déterminants.

4.2.3. Réutilisation et supervision

Le niveau "Knowledge based-behavior" de l'arche (Rasmussen, 1986) décrit le fonctionnement d'un opérateur en situation de résolution de problèmes. C'est la réutilisation de connaissances acquises par un ou des opérateur(s) lors du traitement d'incidents antérieurs qui nous intéresse plus particulièrement. Ce phénomène est d'ailleurs souligné par Rasmussen (1986) :

> *"It should be mentioned here that the relationships are frequently found that cut across these more formal categories, such as episodic relationships that refer to the context of prior experience."* (p. 14)

> *"The complexity of the transformations varies greatly from rapid statements based upon recognition from previous cases to more complex deductions based upon several parameters and careful consideration of the internal system functioning and anatomy."* (p. 30)

La résolution de problèmes à partir de la "réutilisation d'incidents antérieurs" dans les activités de diagnostic se doit d'établir un lien entre les trois niveaux de régulation (v. § 3.2.1) proposés par Rasmussen. Comme l'ont souligné Baerentsen (1991) et Baerentsen et Larsen (1990), dans le domaine du contrôle de processus, aussi bien que dans celui de l'Intelligence Artificielle, les connaissances sont représentées sous forme de réseaux sémantiques et de procédures, et il n'est que rarement fait mention d'un possible format intermédiaire correspondant aux connaissances épisodiques.

> *"Rasmussen (1986) describes how skills are developped as an adaptation to the context of action, and how 'rules-of-thumb' are formulated on the basis of recurrent patterns of symptoms and actions. This is, however, only a part of the story, but in the model of Rasmussen (1986), the transformation of operational experience to general knowledge is not treated."* (Baerentsen, 1991, p. 228)

S'il est fait référence à l'expérience, on pourra noter que l'acquisition de compétences, comme par exemple l'apprentissage de la dynamique d'un processus particulier, est faite *"souvent par intuition plutôt que consciemment, à partir de son expérience"* (Bainbridge, 1981). Ce dernier auteur souligne que *"l'opérateur doit aussi apprendre quel comportement est approprié dans tel contexte, et de quelle façon une même routine ou donnée peut être pertinente en différents contextes"* (id., p. 829).

Il apparait donc important de mieux appréhender les types de connaissances utilisées par l'opérateur et d'identifier le rôle possible que pourraient avoir les connaissances épisodiques dans ce type d'activité, tant d'un point de vue pratique que théorique :

> *"Episodic memory presupposes and subsumes memory for abstract procedural and semantic aspects of experience."* (Baerentsen, 1991, p. 219)

Baerentsen est, semble-t'il, l'un des premiers à étudier le rôle des connaissances épisodiques dans les tâches de contrôle de processus, ouvrant la voie à des recherches sur ce qui a été longtemps considéré comme un phénomène insignifiant.

4.2.4. Conclusion

Dans la mesure où l'on a pu constater que l'activité de l'opérateur est en partie régulée par l'accès à l'information, le concept de "réutilisation" s'avère utile. Il pourrait refléter une certaine réalité dans la plupart des situations de travail où toutes les connaissances nécessaires à l'accomplissement de la tâche ne sont pas comprises dans les procédures ou consignes d'exploitation -comme c'est le cas dans les tâches de supervision, et comme c'est aussi le cas dans le domaine de la conception où par nature, les problèmes ne sont pas définis ou mal définis car la tâche est dite "non-routinière".

Le problème posé par les domaines complexes (multiplicité des variables, données floues, existence de nombreux points de vue, contraintes multiples...) est celui de la difficulté à formaliser des connaissances générales ou des règles permettant de couvrir les exigences liées à la tâche. Cette difficulté pourrait être palliée via le recours à la réutilisation de connaissances, à condition de définir les conditions dans lesquelles elle pourrait s'effectuer sans entraîner de surcharge de traitement pour l'opérateur.

Pour résumer, on peut insister sur le fait que, si la réutilisation vue comme un mode particulier de raisonnement a une existence réelle dans la plupart des situations de travail, il convient de définir son importance et les facteurs liés à ses conditions d'utilisation. Dans le cas contraire, on peut s'interroger sur les raisons pour lesquelles l'expérience antérieure n'est pas utilisée ou utilisable.

Le prochain chapitre sera consacré à la description d'un nouvel axe de recherche en intelligence artificielle qui a aussi pour but de favoriser la réutilisation.

5 Le "raisonnement à partir de cas" en intelligence artificielle

Les systèmes-experts (SE) ont ouvert la voie à de nouvelles perspectives de modélisation cognitive (simuler le comportement d'un expert) et ont suscité beaucoup d'espoir, mais ont aussi souvent déçu. L'expertise comprend l'expérience, aussi le

"raisonnement à partir de cas"[26] tend à se présenter comme une autre façon d'utiliser les connaissances et une alternative aux SE classiques[27] dont le goulot d'étranglement est "l'extraction de connaissances" et la complétude[28].

Les systèmes de "raisonnement à partir de cas" (RC) sont en plein développement, notamment dans le domaine de la conception. Cependant, et c'est le constat de Visser et Trousse (1993), la plupart sont conçus comme des systèmes autonomes voir automatiques et n'ont, de ce fait, pas encore intégré les éléments pertinents à une approche coopérative. Ceci a pour conséquence, comme le soulignent ces auteurs, un manque de collaboration interdisciplinaire et donc un manque d'intérêt pour des processus "humains" tels que la récupération de cas, la catégorisation et la résolution de problèmes via un raisonnement analogique.

L'approche RC est basée sur les éléments suivants (Slade, 1991) :

- l'unité de base des connaissances est le cas, pas la règle ;
- l'expertise, c'est l'expérience ;
- les experts raisonnent par analogie.

Selon Slade (1991) : *"Case-based reasoning is a psychological theory of human cognition"* (p. 42) qui aurait plus particulièrement pour objectif de traiter les questions relatives à la mémoire, l'apprentissage, la planification et la résolution de problèmes. Cette approche bénéficie des recherches faites sur les SE et se veut donc plus large, comme le suggère Kolodner (1991, p. 53) :

> *"...we can develop an appropriate symbiotic relationship between people and machines (...) the idea in case-based reasoning is that the computer augments the person's memory by providing cases (analogs) for a person to use in solving a problem."*

Ces paroles ne sont pas sans rappeler celles de Woods & Roth (1988) quand ils proposent de "coupler" l'homme et la machine en un seul système et qu'ils s'interrogent sur la façon d'utiliser les potentialités de la machine pour augmenter la performance globale. Le concept de *"joint cognitive systems"* a d'ailleurs été repris par d'autres, comme Fischer (1990, p. 21) :

> *"In a cooperative problem solving system, the user and the system share the problem solving and decision making and different role distributions may choose depending on the user's knowldege, the user's goals and the task domain."*

5.1. Vers une théorie de la cognition humaine...

Une des approches en intelligence artificielle (IA) pour représenter les connaissances statiques d'un domaine correspond en psychologie au modèle de la mémoire sémantique (réseaux). Or, l'identification, par Tulving, d'un autre type de

26 Pour Kolodner (1991), le "raisonnement à partir de cas" (angl. : "case-based reasoning" ou CBR) est une méthode de raisonnement analogique.

27 Les systèmes-experts sont composés d'une base de connaissances (règles de production), d'une base de faits (données du problème et faits issus des traitements) et d'un moteur d'inférence (chaînage avant, arrière ou mixte).

28 Ce terme est utilisé pour indiquer que la base de connaissances (BC) ne contient pas toutes les connaissances nécessaires pour résoudre les problèmes qu'est censé résoudre le SE.. De plus, les BC ont une maintenance difficile du fait de la difficulté à introduire de nouvelles règles non antagonistes avec celles déjà existantes (cohérence de la BC). Aussi, désormais les modèles de conception des SE tendent-ils à intégrer des modules d'apprentissage.

connaissances que les "sémantiques", les "épisodiques", a conduit en IA à une théorie similaire développée par Schank et Abelson (1972, 1975 ; cité par Slade, 1991).

Cette dernière propose de combiner la mémoire sémantique et épisodique en une seule mémoire "conceptuelle" dont une des particularités est d'être de nature épisodique ; car la connaissance n'émergerait que par le rappel d'expériences antérieures (Slade, 1991).

Dans cette optique, Schank et Abelson (1972, 1975 ; cité par Slade, 1991) ont d'abord proposé la notion de "script" ("frame" chez Minsky, 1975) pour formaliser la mémoire conceptuelle.

> *"Scripts accounted for information about stereotypical events, such as going to a restaurant, taking a bus, or visiting the dentist (...) the acquisition of scripts is the result of repeated exposure to a given situation."* (Slade, 1991, p. 44)

Par la suite, Schank a essayé de rendre compte de la nature hétérogène des connaissances épisodiques en formulant la notion de "memory organization packet" (MOP). Ces dernières sont des structures plus génériques que les scripts, ou des métascripts traduisant les aspects communs de divers scripts. Les scripts sont entendus comme des structures de connaissances sur des cas passés pouvant guider notre comportement. Toute situation nouvelle est comparée et classée par rapport aux anciennes, ce qui requiert des processus de mise à jour des structures de connaissances.

La construction d'un modèle dynamique de la mémoire a amené Schank à concevoir un ensemble de traitements reflétant l'apprentissage tels que "learning based on reminding", "failure-driven learning". Ces mécanismes peuvent être retrouvés dans les modèles du type RC.

Comme nous l'avons déjà évoqué (v. §1), la difficulté n'est pas de représenter des connaissances mais de posséder un modèle de traitement compatible avec la structure des données. Selon Kolodner (1991), les connaissances épisodiques généralisées (EMOP)[29] seraient formées de manière incrémentale et leur apprentissage est dit "basé sur des similarités".

29 Dans le modèle de Kolodner (1983, p. 503), EMOP : "Episodic Memory Organization Packet is a generalized episode and thus organizes generalized information about the individual episodes wich comprise it. It also organizes those episodes by indexing them according to their deviations from those norms."

Le traitement d'un cas comporte les étapes suivantes (Slade, 1991 d'après le diagramme de flux proposé par Riesbeck & Bain, 1987) : indexation, récupération, modification, test, attribution d'index, stockage, explication et réparation (suivie d'un retour au test) (v. figure 4).

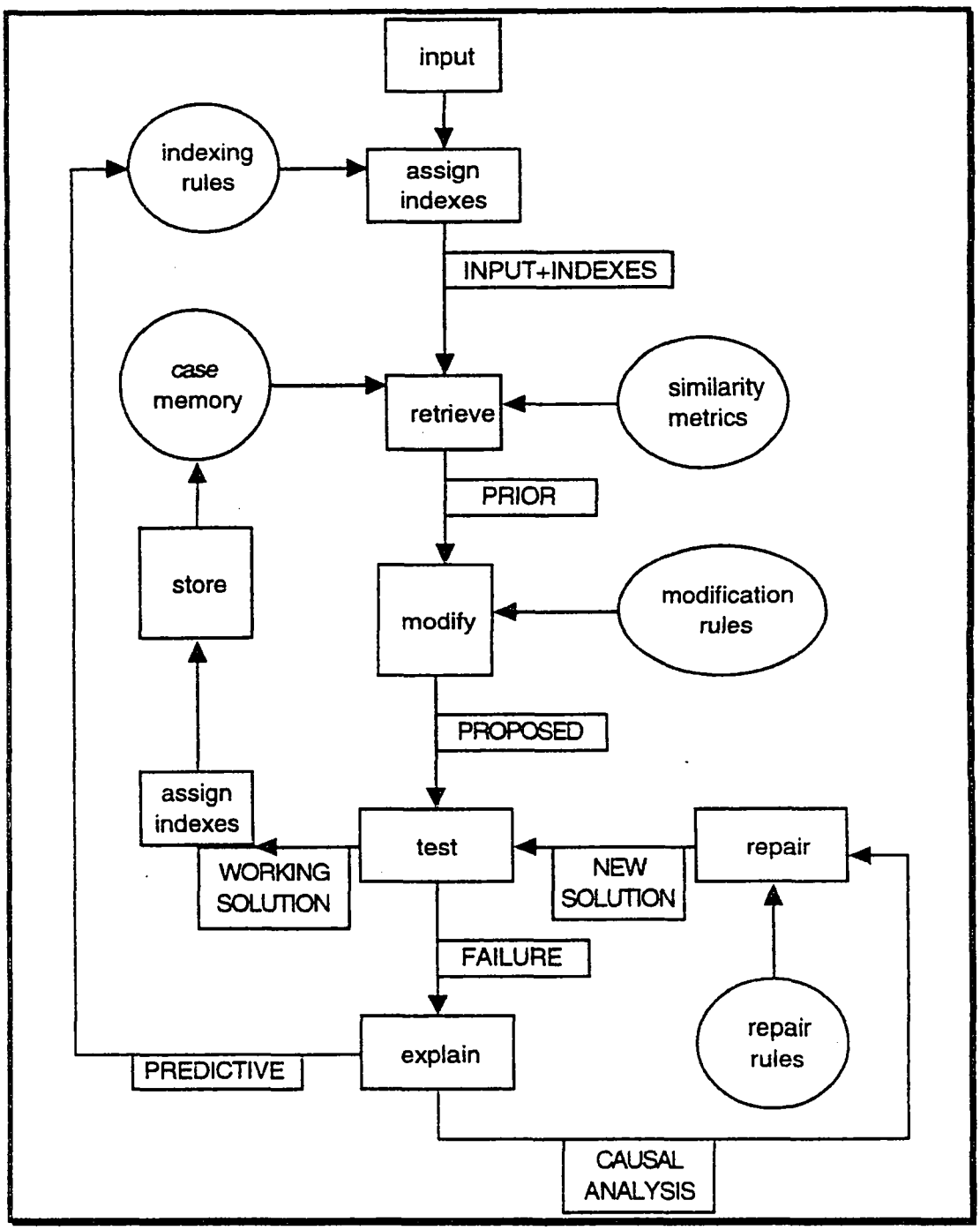

Figure 4. Architecture d'un système à base de cas (Slade, 1991)

Selon Slade (1991), la question de l'indexation et de la modification des cas en IA revient à poser (à la Psychologie) la question de l'organisation de la mémoire épisodique et des mécanismes sous-jacents à l'analogie. L'identification des indices de récupération, la compréhension des mécanismes sous-jacents à la résolution de

problème et à l'apprentissage sont des problématiques partagées par les personnes s'intéressant à l'analogie (en psychologie) et au RC (en IA).

Nous avons pu voir précédemment que l'on pouvait faire une distinction entre deux phénomènes : l'*accès à l'analogie* et le *raisonnement analogique*. Le premier se ferait surtout sur la similarité de surface (les rappels sont meilleurs pour des situations analogues comportant des attributs similaires) et le second s'appuierait surtout sur la similarité de structure (les relations d'ordre supérieur ou causales permettant d'effectuer les inférences utiles à la résolution du problème) (Gentner, 1985 ; Holyoak, 1984). Ces données sont importantes en ce qui concerne l'indexation des "cas" en IA, surtout si le système est prévu pour être une aide à l'opérateur (fournir des connaissances sur des problèmes antérieurs en fonction du niveau d'expertise de l'opérateur, aider à l'apprentissage, capitaliser l'expérience...).

Comme le note Kolodner (1991), les problèmes liés à cette approche sont l'indexation des cas (stockage et mise à jour) et la récupération (présentation du bon cas au moment approprié). Elle pense que l'indexation des cas doit être prédictive (les cas doivent être utilisables), abstraite (pour contenir une grande variété de cas), concrète (pour que les cas soient reconnaissables). Elle suggère d'utiliser les buts, les contraintes, et des combinaisons de traits ou symptômes comme principe d'indexation. Ces propositions sont semblables à celles que préconise l'approche pragmatique de Holyoak.

Les systèmes RC peuvent supporter diverses tâches de résolution de problème comme la planification, le diagnostic et la conception. Il existe aussi un style dit "interprétatif" de RC que l'on peut rapprocher des SE "critiques". Ces systèmes peuvent être utilisés pour catégoriser, évaluer une solution, argumenter, justifier une solution, une interprétation ou un plan et prévoir les effets d'une décision ou d'un plan. Nous présentons dans le chapitre suivant un prototype dédié au diagnostic.

5.2. Une application de l'approche par "raisonnement à partir de cas" pour la supervision de réseaux téléphoniques

Kopeikina, Brandau et Lemmon (1988) ont réalisé un prototype pour la supervision de réseaux téléphoniques utilisant l'approche RC, en tenant compte des besoins spécifiques liés au contrôle de processus dynamiques et continus, c'est-à-dire au fait que le système doit être en mesure de fournir des résultats ajustés et révisables continuellement.

Ce prototype intègre des aspects tels que le diagnostic et la planification[30]. Les "cas" de la base sont obtenus à partir d'entretiens avec des experts. Les informations recueillies sont, pour une grande part, des connaissances épisodiques (incidents spécifiques datés), mais elles concernent aussi occasionnellement des classes d'événements similaires.

L'indexation des cas dans la base est faite en fonction d'un ensemble d'attributs permettant de décrire et discriminer chaque situation rencontrée. Les attributs n'étant pertinents que localement (évolution temporelle et spatiale), il n'y a pas d'indexation à priori, mais un établissement de critères à partir d'une "carte conceptuelle de situations"

[30] Hammond (1990) propose d'inclure, dans les systèmes utilisant le RC, la notion de planification, et de stocker les erreurs d'anticipation afin de pouvoir apprendre : "Case-based planning involves three types of learning -learning new plans that avoid problems, the features that predict the problems, the repairs that have to be made if those problems arise again in different circumstances." (p. 392)

(ensemble des états possibles pouvant être engendrés à partir des données de la situation).

La représentation d'un cas est envisagée de manière dynamique. Un cas est vu comme une chaîne de "perles" où chaque perle représente un état dans le développement de la situation.

La première perle décrit la situation au moment où le problème est détecté (v. figure 5). Les suivantes représentent le plan d'actions et les réponses prévues. La seconde liste les actions prévues par le système pour corriger le problème. La troisième décrit les effets éventuels de ces actions. La quatrième fait état de la situation quand le problème a diminué et rend compte des actions non accomplies. La cinquième donne le plan des actions non réalisées. La dernière décrit la situation attendue.

Le système va gérer l'aspect dynamique de la situation à partir des "chaînes de perles". Les ajustements générés par les déviations se feront par l'ajout de perles appropriées. Ces dernières sont trouvées via un appariement avec d'autres perles contenues dans d'autres cas.

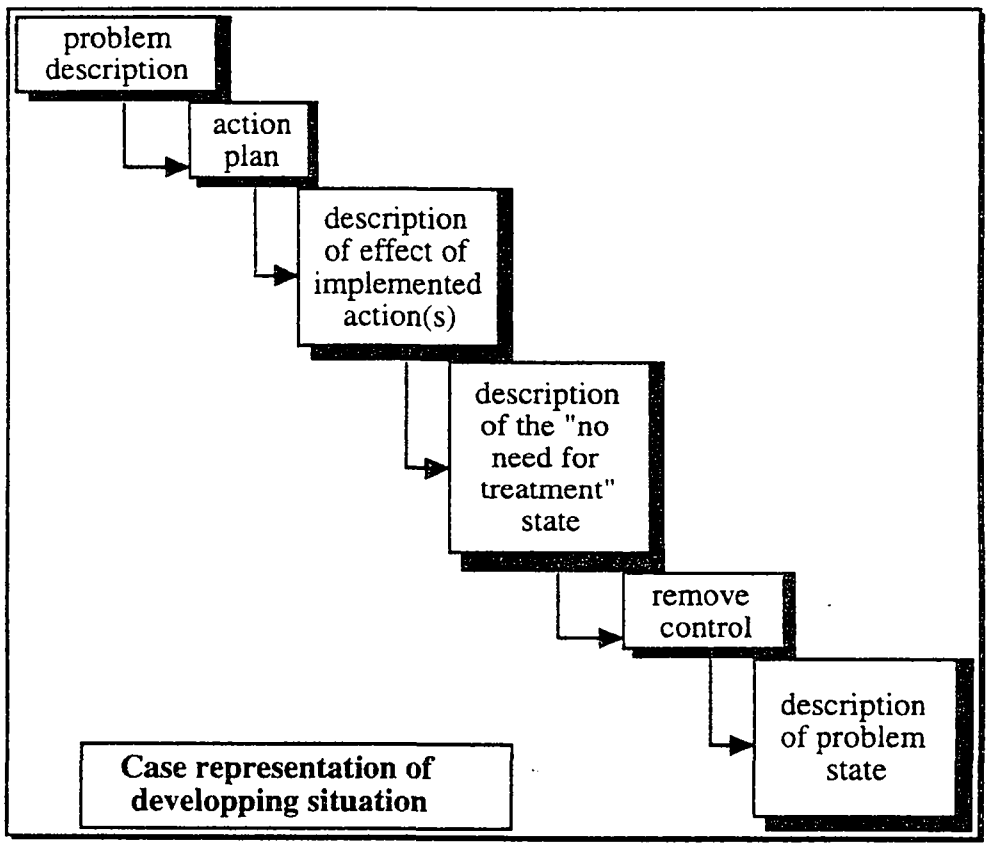

Figure 5. Représentation d'un cas selon Kopeikina, Brandau et Lemmon (1988)

L'architecture du système (v. figure 6) est composée de différents modules. Le traitement commence avec le module "Preprocessor" qui analyse les données en entrée et forme les représentations des problèmes. Chaque représentation est appelée "état du problème" (EP). Le "Preprocessor" possède des échelles de EP qui correspondent à divers types de problème.

Si le problème est reconnu comme un vieux problème, il est aussitôt traité par le système via le module "Monitor". Ce dernier propose les ajustements nécessaires au problème à traiter.

Si le problème est nouveau, ses EP sont pris en charge par le module "Indexer/matcher". Il a pour fonction de récupérer dans la base les cas les plus pertinents pour le traitement. Le "Selector" choisit le plus adéquat parmi ceux retrouvés. Le "Modifier" applique et modifie éventuellement les connaissances contenues dans le cas sélectionné pour la situation à traiter. Les modules Indexer/Matcher, Selector, Modifier forment le coeur du système.

Si la modification d'un cas est réussie, le cas modifié passe par le module "Critic". Ce dernier utilise les procédures spécifiques au domaine pour vérifier si la solution ne va pas générer des effets connus. La fonction de ce module est d'assurer que le cas qui sera soumis à l'opérateur ne peut causer de conséquences désastreuses.

C'est seulement quand la procédure est retenue par l'opérateur et par le "Critic" via le module "Network interface" que le plan d'action est enregistré dans le "Treatment history" et repassé par le "Preprocessor" pour une comparaison des nouvelles données de la situation avec le traitement prévu.

Le module "Learner" enregistre les nouveaux cas sur la base des effets non attendus qu'ils ont provoqués. La décision de conserver un cas est prise par l'opérateur ou par le module Critic en considérant des notions telles que le temps consommé, les modifications créatives des plans stockés.

Les auteurs soulignent que ce module est encore en cours d'élaboration.

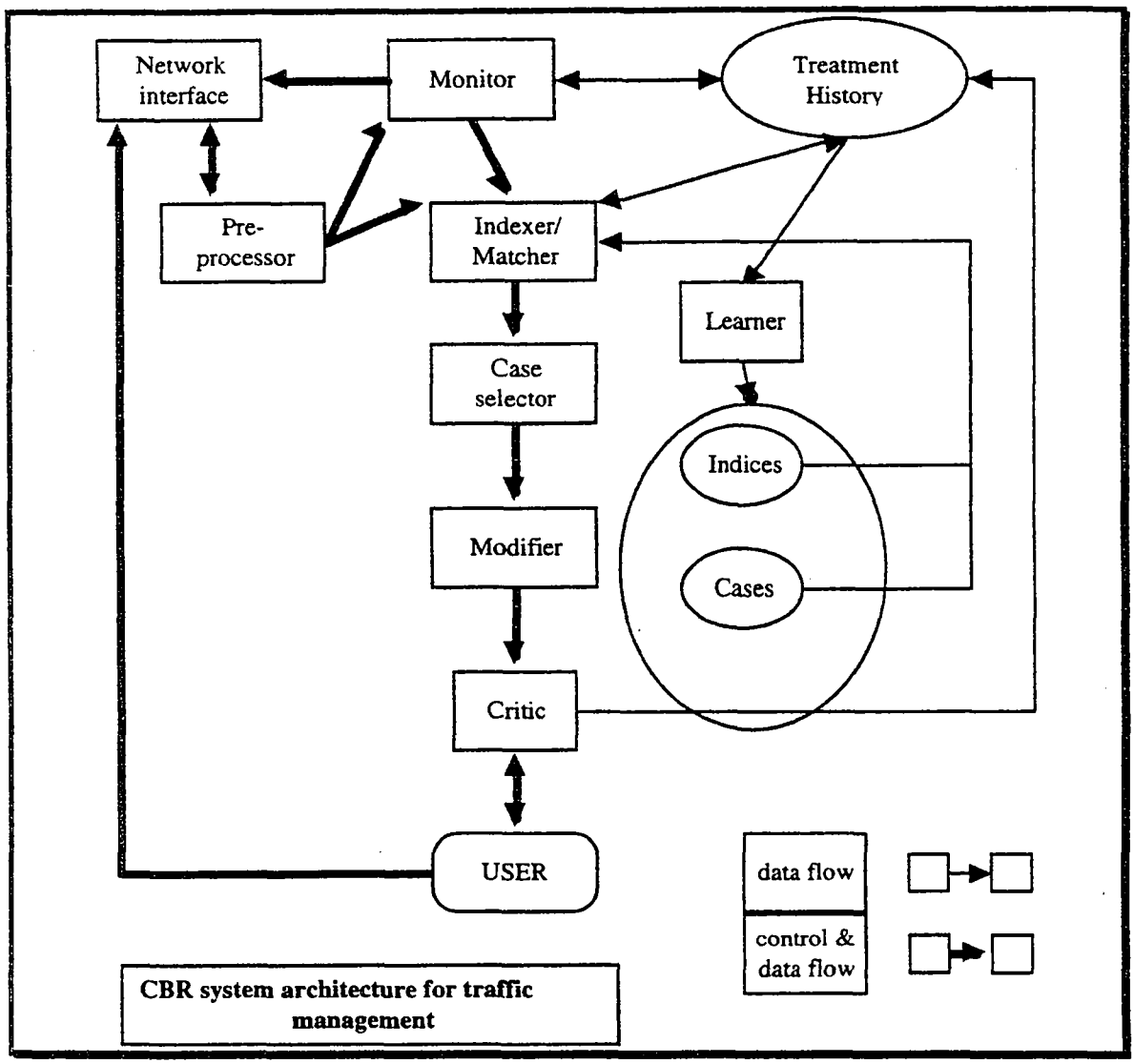

Figure 6. Architecture d'un système de raisonnement à partir de cas pour le contrôle continu (Kopeikina, Brandau & Lemmon, 1988)

Ce système de raisonnement à partir de cas repose sur un sous-ensemble dénommé "Indexer/Matcher" dont la fonction est de récupérer les cas et de procéder à un indexage. Il n'y a pas d'indexation a priori et la structure préconisée par les auteurs est plutôt celle des graphes que des arbres hiérarchiques.

L'indexeur est présenté sous la forme d'un réseau comportant trois types de noeuds connectés :

- "index-station" : elle sert à caractériser la situation (état du problème). Les caractérisations similaires sont représentées par les index-stations qui placées les unes à côté des autres ;

- "dispatcher node" : il connecte les "index-stations". Chaque dispatcher est similaire à un état d'un cas en langage de programmation. Il interprète au moyen des connaissances du domaine les caractéristiques de la situation représentées par l'index-station auquel il est connecté ;

- "dispatch-port" : il nomme les liens entre les "dispatchers" et les "index-stations". Il correspond grossièrement à un nom sur une branche d'un état d'un cas.

La technique de récupération des cas utilise des processus successifs d'appariement entre l'état courant d'une situation et les "index-stations". La sélection d'un cas "analogue" à un état (incident en cours) dépend du temps alloué et de la similarité avec un cas ou des cas (appariement plus sophistiqué et plus fin en fonction de ces deux critères). Le poids d'un trait est calculé selon l'importance qu'il a dans la résolution de la situation. La recherche est guidée par les dispatchers qui font évoluer le poids des index-stations.

5.3. Conclusion

Kolodner (1991) soutient que l'utilisation de cas analogues est de loin plus importante que celle de principes abstraits, de règles ou de délibérations conscientes en cas d'alternatives dans des situations naturelles. La réutilisation de connaissances s'effectuerait, selon elle, surtout dans des situations où l'individu possède peu de connaissances ou des connaissances incertaines. Sur ce point, nous soulignons qu'il existe très peu d'études réalisées dans des situations réelles pour confirmer qu'effectivement la réutilisation de cas est le mode privilégié de raisonnement des individus.

Gilovich (1981) ayant relevé que des personnes raisonnant par analogie peuvent être victimes de biais (v. § 2.3), il semble opportun d'utiliser par exemple les RC pour les aider. Ces derniers pourraient servir d'aide aux novices, aux experts et jouer le rôle de "mémoire collective" (Kolodner, 1991 ; Slade, 1991).

Une des étapes importantes du raisonnement par analogie est l'évocation de situations antérieures. Cela suppose qu'au moins deux types de problèmes soient résolus. Le premier problème est l'oubli d'expériences utiles et le second est la non-pertinence des critères de similarité tels que les traits de surface (v. § 1.5). Il est donc important, pour fournir une aide adéquate de voir si les novices et les experts se rappellent de cas antérieurs et comment, s'ils les utilisent et comment. Ces données pourraient permettre d'offrir des indices de récupération pertinents, et des éléments pour favoriser la résolution de problèmes à partir de cas analogues.

La tendance actuelle dans le domaine des RC est de se centrer sur des aspects techniques tels que les mécanismes de récupération (algorithme de récupération), la création de "shells" et les formats de représentation des cas. L'aspect primordial semble être la récupération de cas appropriés, c'est-à-dire une bonne indexation pour procurer au système le bon cas au bon moment. Il est rarement fait allusion à un utilisateur potentiel.

Nous pouvons remarquer que si les RC s'inscrivent dans la lignée des SE en tant que "système d'aide", la prise en compte de l'utilisateur ne semble pas encore aujourd'hui une des préoccupations dominantes des chercheurs en IA. Les systèmes se complexifient (de nombreuses étapes sont ajoutées au modèle) et s'il est souvent fait référence à des données en Psychologie, c'est *"pour pouvoir accorder aux mécanismes ou structures internes du système l'étiquette 'cognitifs'* (Visser, 1993, p. 2). Or, qui dit "système d'aide" suppose au préalable la modélisation des processus et des connaissances de l'opérateur à aider, c'est-à-dire la prise en compte au moment de la conception des besoins et des ressources.

Comme l'a souligné Hollnagel (1991), il existe deux façons d'envisager les Interactions Homme-Machine pour atteindre un objectif : herméneutique (angl. : hermeneutic) et incorporante (angl. : embodiment) (v. figure 7).

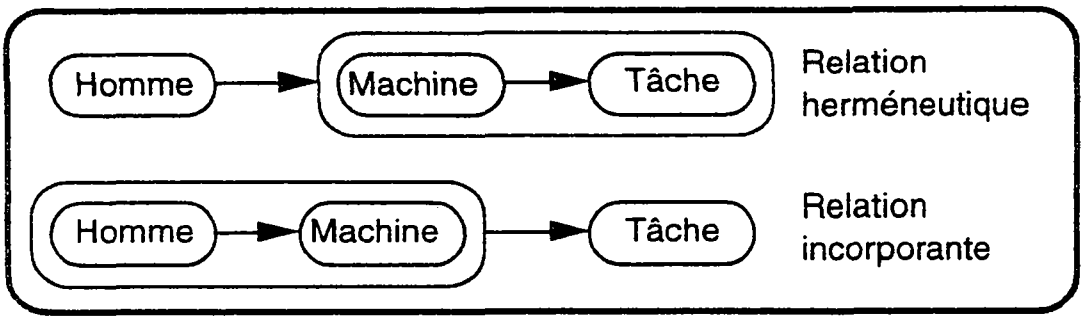

Figure 7. Les modèles d'Interactions Homme-Machine (d'après Hollnagel, 1991)

La première a pour résultat que l'opérateur a une relation avec le système, son attention n'est plus portée sur la tâche et l'outil devient le travail de l'opérateur. La seconde implique une coopération entre deux systèmes cognitifs : l'homme et la machine, ce qui nécessite de modéliser les potentialités de chaque agent cognitif (homme et machine[31]). Si les RC s'offrent comme une réelle opportunité pour une théorie de la cognition plus humaine... en IA, il semble nécessaire de les élaborer en fonction des besoins de la tâche, mais aussi de l'opérateur comme le suggère l'approche développée par Woods & Roth (1988).

Modéliser l'activité, c'est faire une description du monde et des agents afin de jouer sur la représentation, c'est-à-dire dans le cas des systèmes de type RC, présenter le "bon cas au bon moment" sans qu'il y ait surcharge de traitement pour l'opérateur. Si l'approche RC est jeune d'un point de vue technologique et de ce fait, très tournée, comme cela était le cas au début des SE, sur la conception de systèmes autonomes, il apparaît intéressant de ne pas perdre de vue les limites de ce genre de système. Aussi, la prise en compte des futurs utilisateurs et du mode d'IHM est-elle nécessaire.

Pour résumer, l'approche RC, si elle en est à ses balbutiements, d'un point de vue technologique, ne doit pas perdre de vue sa fonction première, celle d'être un moyen de potentialiser les ressources des opérateurs. Aussi, la formule du "bon cas au bon moment" ne deviendra effective que s'il existe une véritable interdisciplinarité au sein des sciences cognitives.

> "We must develop joint human-computer systems as cooperative problem solving systems taking the goals of the human, the strenghts and the weaknesses of humans and computers and the nature and structure of the tasks into account." *(Fischer, 1990, p. 21)*

31 Kolodner souligne que "the major disadvantage of case-based reasoning method is that the solution space is not fully explored and as a result, there is no guarantee of an optimal solution" (1991, p. 65). Selon Kolodner, un système "raisonnant" à partir de cas requiert le recueil de 100 à 1000 cas concrets pour que la plupart des problèmes soient couverts.

6 Conclusion

Réaliser des recherches sur le thème de la réutilisation de connaissances peut être considéré comme une démarche *"vers une aide à la réutilisation de cas"*.

La réutilisation de connaissances se caractérise en IA par l'approche "raisonnement à partir de cas". Notre contribution dans ce domaine porte donc sur la définition des connaissances nécessaires à la conception des RC qui nécessite :

- d'identifier les descripteurs pertinents pour indexer la base de cas ;
- d'établir une métrique de similarité pour l'appariement ;
- de posséder éventuellement des connaissances pour l'adaptation de la solution.

La psychologie cognitive et l'ergonomie présentent un intérêt pour analyser :

- les représentations que les opérateurs se font des cas,
- les processus de catégorisation et de classification des cas,
- les processus cognitifs mis en œuvre lors de la récupération de problèmes antérieurs et de la résolution de problème par analogie.

Notre démarche est ascendante car basée sur l'analyse de l'activité des opérateurs et de leurs besoins afin d'aider à la conception de systèmes d'aide. Elle peut cependant bénéficier également des apports de travaux déjà réalisés, comme les études que nous avons présentées sur l'analogie et la mémoire en psychologie, et les méthodologies et les études déjà réalisées dans des tâches dites "de diagnostic et de supervision" en ergonomie.

Comme nous avons pu le voir dans notre présentation des études sur l'analogie, les approches syntaxique et pragmatique, sont surtout centrées sur (i) les règles de mise en correspondance de structures, et (ii) les mécanismes d'induction qui amènent à la formation de schémas favorisant le transfert, c'est-à-dire sur les raisonnements. Ces cadres théoriques se réfèrent implicitement à la mémoire sémantique et offrent peu d'éléments d'informations sur la récupération d'une ou plusieurs sources en mémoire, et ne disent rien sur l'accès/la récupération de ces sources. Le point de vue des auteurs reste donc limitatif et pose le problème du format des connaissances adopté par ces cadres théoriques.

Comme l'a souligné Ripoll (1993), c'est la question de la nature des connaissances en mémoire qui est déterminante dans la récupération de celles-ci. En effet, il s'avère bien difficile d'étudier un des aspects centraux de l'analogie, à savoir la similarité, si cette dernière n'est évaluée que d'un point de vue externe.

On ne peut négliger le fait que "se représenter une cible", c'est mettre en jeu des mécanismes cognitifs. Ces derniers font appel aux connaissances antérieures que possède le sujet. Il apparaît donc primordial dans le cadre d'études sur l'analogie, de distinguer les sujets selon leur niveau et/ou type de connaissances possédées.

Dans la mesure où le contexte a une influence sur la nature des connaissances rappelées et sur la performance à réaliser une tâche, l'étude de la récupération des connaissances en mémoire n'est pas envisageable sans une prise en compte du contexte.

De même, l'étude du raisonnement analogique ne peut être appréhendée sans le recours au contexte. C'est ainsi que Holyoak la conçoit dans le cadre de son approche pragmatique. Cette approche qui prend en compte le contexte via les finalités de la tâche nous semble plus pertinente que celle de Gentner.

Puisque la première étape de la réutilisation est la récupération et qu'elle est prédéterminée par les conditions d'encodage, il convient de déterminer le rôle du

contexte dans cette étape. Une façon de prendre en compte le contexte est de considérer la tâche dans laquelle est engagé le sujet.

La tâche pouvant être en partie déterminée par le système technique, il s'avère important lors de l'étude des phénomènes liés à la réutilisation de connaissances d'en définir les caractéristiques afin de pouvoir définir les besoins en information des opérateurs.

Ayant, d'une part, contrôlé le niveau de connaissances des opérateurs et d'autre part cerné les difficultés et les besoins en information pour réaliser la tâche, il est possible d'appréhender le rôle que peut jouer la réutilisation dans le cadre de l'activité globale de l'opérateur, et éventuellement les conditions dans lesquelles on peut favoriser cette réutilisation.

Les tâches de diagnostic et de supervision peuvent s'appuyer éventuellement sur la réutilisation d'incidents antérieurs. Notre but est de permettre ou d'améliorer la réutilisation de ces expériences et de contribuer à la conception de systèmes de type RC compatibles avec les besoins des opérateurs.

Une étude en cours, dans le cadre d'un contrat entre le CNET et l'INRIA concernant la réutilisation d'incidents dans la supervision de réseaux téléphoniques, nous permet de mettre à profit les différents éléments tirés de ce travail bibliographique. Ce cadre applicatif nous offre surtout la possibilité d'étudier la réutilisation de connaissances dans un contexte réel et dans le cadre d'une tâche -la supervision- peu étudiée sous cet angle.

Notre but est d'identifier dans un premier temps, les critères permettant la caractérisation des incidents (descripteurs pertinents pour l'indexation dans la base de cas) et dans un second temps, ceux permettant leur récupération. Nous centrons notre approche sur une analyse de la tâche et de l'activité des opérateurs, et des traces de cette activité (les incidents consignés) ainsi que sur des expériences de catégorisation et des simulations[32] de récupération de problèmes susceptibles d'être réutilisables.

Cette approche centrée sur les opérateurs devrait permettre de définir les informations nécessaires à la conception d'un outil d'aide à la réutilisation de cas.

[32] Dans la mesure où il s'avère difficile dans des situations réelles de vérifier des hypothèses issues d'expériences de laboratoire, il est indispensable d'avoir recours à des méthodes de simulation. Toutefois, ces dernières ne peuvent être envisagées que si elles permettent de restituer un contexte réaliste.

7 Bibliographie

Baddeley, A. (1993). La mémoire humaine : théorie et pratique. Grenoble : PUG (pp. 283-342).

Baerentsen, K.B. (1991). Knowledge and shared experience. Third European Conference of Cognitive Science Approaches To Process Control. Cardiff : Univ. of Wales, 217-232.

Baerentsen, K.B. & Larsen, S.F. (1990). Development and dissemination of system knowledge through communication about incidents. Proceedings of the 9th European Annual Conference On Human Decision Making And Manual Control, Varese, Italy, 10-12 September, 321-329.

Bainbridge, L. (1981). Le contrôleur de processus. Bulletin de Psychologie, 34 (n°352), 813-832.

Catania, C. A. (1992). Learning. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall.

Cauzinille-Marmèche, E. (1991). Apprendre à utiliser ses connaissances pour la résolution de problèmes : analogie et transfert. Bulletin de Psychologie, 44 (399), 156-164.

Cavazza, M. (1993). Modèles mentaux et sciences cognitives. In M. F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds.), Les modèles mentaux : approche cognitive des représentations (pp. 121-140). Paris, Milan, Barcelone, Bonn : Masson.

Clement, J. (1982). Spontaneous analogies in problem solving : the progressive construction of mental models. Paper presented at AREA, New York.

Cordier, F. & Denhière, G. (1991). Les connaissances concernant les catégories naturelles. In J.F Richard, C. Bonnet & R. Ghiglione, Traité de Psychologie Cognitive : le traitement de l'information symbolique. Paris : Dunod, Tome 2, 145-155.

Craik, F.I.M. & Jacoby, L.L. (1977). Elaboration and distinctiveness in episodic memory. In Essays in Honor of Upsala Universitys 500th Anniversary, "Perspectives on Memory Research", Juin 1977, chap. 8, 145-166.

Denis, M. (1993). Pour les représentations. In M. Denis & G. Sabah (Eds.), Modèles et concepts pour la science cognitive. Hommage à Jean-François Le Ny (pp. 95-106). Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.

Dubois, D. (1992a). Catégorisation et cognition : "10 ans après", une évaluation des concepts de Rosch. In D. Dubois (Eds.), Sémantique et Cognition. Catégories, Prototypes, Typicalité. Paris : Editions du CNRS.

Dubois, D. (1992b). Introduction. les catégories sémantiques "naturelles" : prototypes et typicalité". In D. Dubois (Eds.), Sémantique et cognition. Catégories, prototypes, typicalité. Paris : Editions du CNRS.

Dubois, D., Bourgine, R. & Resche-Rigon, P. (1992). Connaissances et expertise de divers acteurs économiques dans la catégorisation d'un objet perceptif. Intellectica, 1992/3, n°15, Revue de l'A.R.C. CNRS/LISH, 241-271.

Eysenk, M. W. (1989). Human learning. In K.J. Gilhooly, Human and machine problem solving. New York, London : Plenum Press, chap. 11, 289-313.

Falzon, P. (1989). Analyser l'activité pour l'assister. SELF : Actes du Congrès (pp. 167-175). Lyon, 4-5 Octobre 1989.

Falzon, P., & Visser, W. (1989). Variations in expertise : implications for the design of assistance systems. In G. Salvendy & M. J. Smith (Eds.), Designing and using human-computer interfaces and knowledge based systems (pp. 121-128). Amsterdam : Elsevier Science.

Fischer, G. (1990). Communication requirements for cooperative problem solving systems. Information Systems, 15 (n°1), 21-36.

Gentner, D. (1983). Structure mapping : A theoretical framework for analogy. Cognitive Science, 7, 155-170.

Gentner, D. (1988). The structure-mapping engine : a cognitive simulation of analogy. In B. Adelson, M. Burstein, D. Gentner, K. Hammond, K. Holyoak & P. Thagard, Proceedings of The Tenth Annual Conference of The Cognitive Science Society "The role of analogy in a theory of problem-solving". Montréal, Canada,17-19 August 1988.

Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony, Similarity and analogical reasoning. Cambridge : University Press, chap. 7, 199-241.

Gentner, D., & Landers, R. (1985). Analogical reminding : a good match Is hard to find. Proceedings of The International Conference On Systems, Man And Cybernetics. Tucson, AZ, 607-613.

Gentner, D. & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. Cognitive Science, 10, 227-300.

George, C. (1991). Acquisition des connaissances. In J. F. Richard, C. Bonnet, & R. Ghiglione (Eds.), Traité de Psychologie : le traitement de l'information symbolique (pp. 92-101). Paris : Dunod.

Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. Cognitive Psychology, 12, 306-355.

Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. Cognitive Psychology, 15 , 1-38.

Gilovich, T. (1981). Seeing the past in the present : the effect of associations to familiar events on judgments and decisions. Journal of Personality And Social Psychology, Vol. 40, n°5, 797-808.

Gineste, M. D., & Indurkhya, B. (1993). Modèles mentaux, analogie et cognition. In M. F. Ehrlich, H. Tardieu, & P. N. Johnson-Laird (Eds.), Les modèles mentaux : approche cognitive des représentations (pp. 143-170). Paris, Milan, Barcelone, Bonn : Masson.

Goldstone, L.R., Medin, L.D. & Gentner, D. (1991). Relational similarity and the non independence of features in similarity judgments. Cognitive Psychology, 23, 222-262.

Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (1991). Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie. Montrouge: Editions de l'ANACT.

Hammond, K. J. (1990). Case-Based Planning from Experience. Cognitive Science, 14, 385-443.

Hoc, J. M. (1989). Cognitive approach to control process : Theory and applications. In G. Tiberghien (Eds.), Advances in Cognitive Science (pp. 178-203). Chichester : Ellis Horwood.

Hoc, J. M. (1990). Les activités de diagnostic. In J. F. Richard, C. Bonnet, & R. Ghiglione (Eds.), Traité de Psychologie : le traitement de l'information symbolique (pp. 158-162). Paris : Dunod.

Hollnagel, E. (1991). The influence of artificial intelligence on human-computer interaction : much ado about nothing ? In J. Rassmussen, H. B. Andersen, & N. O. Bernsen (Eds.), Human Computer Interaction. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum.

Holyoak, K. J. (1984). Analogical thinking and human intelligence. In R.J. Sternberg (Ed.), Advances in The Psychology of Human Intelligence, chap. 5, 199-230.

Holyoak, K. J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. In G. H. Bower (Eds.), The Psychology of Learning and Motivation (pp. 59-87). New York : Academic Press.

Juola, J. F., McFarland, C. E. J., & Kellas, G. (1976). Processus constitutifs de la catégorisation conceptuelle. Bulletin de Psychologie (N° Spécial, "La mémoire sémantique"), 76-83.

Keyser (De), V. (1988). L'ergonomie des processus continus. De la contingence à la complexité : l'évolution des idées dans l'étude des processus continus. Le Travail Humain, 55 (n°1), 1-18.

Klein, G. A., & Calderwood, R. (1988). How do people use analogues to make decisions ? In DARPA (Ed.), Case-Based Reasoning Workshop (pp. 209-218). Clearwater Beach, Florida, May 11-13 1988.

Kolodner, J. L. (1991). Improving Human decision making throught case-based decision aiding. AI Magazine, Summer, 52-68.

Kopeikina, L., Brandau, R. & Lemmon, A. (1988). Case-based reasoning for continuous control. Proceedings Case-Based Reasoning Workshop, May 1988, DARPA, 250-259.

Le Ny, J. F. (1989). Sciences cognitives et compréhension du langage. Paris : PUF.

Needham, D. R., & Begg, I. M. (1991). Problem-oriented training promotes spontaneous analogical transfer : memory-oriented training promotes memory for training. Memory & Cognition, 19 (n°6), 543-557.

Nguyen-Xuan, A. (1990). Le raisonnement analogique. In J.F. Richard, C. Bonnet & R. Ghiglione, Traité de Psychologie cognitive : le traitement de l'information symbolique. Paris : Dunod, Tome 2, 145-155.

Norman D. A. & Bobrow D. G. (1979). Descriptions : an intermediate stage in memory retrieval. Cognitive Psychology, 11, 107-123.

Novick, L.R. (1988). Analogical transfer : processes and individual differences. In D. H. Helman (Ed.), Analogical Reasoning: Perspectives of Artificial Intelligence, Cognitive Science, and Philosophy. Dordrecht, Boston, London : Kluwer academic publishers, vol. 197, 125-146.

Politzer, G. (1990). L'activité inférentielle. In J.F. Richard, C. Bonnet & R. Ghiglione, Traité de Psychologie Cognitive : le traitement de l'information symbolique. Paris : Dunod, Tome 2, 106-127.

Rasmussen, J. (1981). Models of mental strategies in process plant diagnosis. In J. Rasmussen & W. Rouse (Eds.), Human detection and diagnosis of system failures. New York, London : Plenum Press.

Rasmussen, J. (1986). Information processing and human-machine interaction - an approach to cognitive engineering. North-Holland : Elsevier Science.

Read, S.J. & Cesa, I.L. (1991). This reminds me of the time when... : Expectation failures in reminding and explanation. Journal of Experimental Social Psychology, 27, 1-25.

Reimann, P. & Chi, M. T. H. (1989). Human expertise. In K. J. Gilhooly (Eds.), Human and Machine Problem Solving (pp. 161-191). New York, London : Plenum Press.

Reiser, B. J. (1986). Knowledge-directed retrieval of autobiographical memories. In J. L. Kolodner & C.K. Riesbeck, Experience, Memory and Reasonning. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum, chap. 5, 75-93.

Reuchlin, M. (1977). Psychologie. Paris : P.U.F.

Richard, J.F. (1990a). Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions. Paris : A. Colin, Col. U "Psychologie" (pp. 137-157).

Richard, J. F. (1990b). La notion de représentation et les formes de représentations. In J. F. Richard, C. Bonnet, & R. Ghiglione (Eds.), Traité de Psychologie : le traitement de l'information symbolique (pp. 35-41). Paris: Dunod.

Ripoll, T. (1993). Différentes approches de la phase d'évocation : l'importance de l'aspect "représentation". In E. Cauzinille-Marmèche & J. Mathieu (Ed.), "Raisonnement par analogie et acquisition de connaissances". Actes des journées d'études (pp. 163-171). Université de Paris V, 25-27 Novembre 1993.

Rosch, E. (1976). Classifications d'objets du monde réel : origines et représentations dans la cognition. Bulletin de Psychologie, La mémoire sémantique , 242-250.

Rumelhart, E., Lindsay, P. H., & Norman, D. A. (1972). Model for long-term memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), Organization of memory (pp. 197-246). New York, London : Academic Press.

Sandberg, J. & Wielinga, B. (1991). How situated is cognition ? IJCAI 91, Proceedings of The Twelfth International Conference on Artificial Intelligence, Sydney, Australia, 24-30 August 1991, Vol. 2, 341-346.

Schank, R. C. (1976). Existe-t-il une mémoire sémantique ? Bulletin de Psychologie, N° Spécial "La mémoire sémantique", 26-33.

Slade, S. (1991). Case-based reasoning : a research paradigm. A.I. Magazine, Spring, 42-55.

Thagard, P. (1988). Dimensions of analogy. In D. H. Helman (Ed.), Analogical Reasoning: Perspectives of Artificial Intelligence, Cognitive Science, and Philosophy. Dordrecht, Boston, London : Kluwer academic publishers, vol. 197, 105-124.

Tiberghien, G., Mendelsohn, P., Ans, B., & George, C. (1991). Contraintes structurales et fonctionnelles des systèmes de traitement. In J. F. Richard, C. Bonnet, & R. Ghiglione (Eds.), Traité de Psychologie Cognitive : Le traitement de l'information symbolique. Paris : Dunod, Tome 2, (pp. 4-34).

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), Organization of memory (pp. 382-402). New York, London : Academic Press.

Tulving, E. (1976). Rôle de la mémoire sémantique dans le stockage et la récupération de l'information épisodique. Bulletin de Psychologie, N° Spécial "La mémoire sémantique", 19-25.

Tulving, E. (1983). Elements of episodic memory. New York, Oxford : University Press.

Visser, W. (1987a). Abandon d'un plan hiérarchique dans une activité de conception. In CESTA (Ed.), Cognitiva 87, MARI,1 (pp. 366-371). La Villette, Paris, 19-22 Mai 1987.

Visser, W. (1987b). Strategies in programming programmable controllers : a field study on a professional programmer. In G. Olson, S. Sheppard & E. Soloway (Eds.), Empirical studies of programmers : second workshop. Norwood. N.J. : Ablex.

Visser, W. (1991). Designer's activities examined at three levels : organization, strategies and problem-solving processes. Artificial Intelligence in Design 91 . Edinburgh.

Visser, W. (1992a). Design organization : there is more to expert knowledge than is dreamed of in the planner's philosophy (Rapport de recherche No. 1765). INRIA.

Visser, W. (1992b). Raisonnement analogique et conception créative : Etudes empiriques de trois projets de conception. Communication présentée à 01 DESIGN, Deuxième table ronde sur la prise en compte des processus créatifs dans des systèmes informatiques, Marrakech, 25-27 Janvier 1992.

Visser, W. (1993). Raisonnement basé sur des cas : une thématique transversale. Texte d'accompagnement de la Communication affichée au Colloque de Prospective "Recherche pour l'Ergonomie". Toulouse, 18-19 Novembre 1993.

Visser, W., & Falzon, P. (1992). Catégorisation et types d'expertise. Une étude empirique dans le domaine de la conception industrielle. Intellectica, n°15 (3), 27-55.

Walker, W. H. & Kintsch W. (1985). Automatic and strategic aspects of knowledge retrieval. Cognitive Science, 9, 261-283.

Williams, M. D. & Hollan J. D. (1981). The process of retrieval from very long term memory. Cognitive Science, 5, 87-119.

Woods, D. D., & Roth, E. M. (1988). Cognitive systems engineering. In M. Helander (Eds.), Handbook of human computer interaction (pp. 3-43). North Holland : Elsevier Science.

Table des matières

1 Introduction **7**

2 L'analogie **8**
2.1. L'approche syntaxique 10
2.2. L'approche pragmatique 12
2.3. La résolution de problèmes, le raisonnement par analogie 13
2.3.1. Raisonnement analogique et approche syntaxique 13
2.3.2. Raisonnement analogique et approche pragmatique 14
2.4. Analogie et similarité 15
2.4.1. La similarité dans l'approche syntaxique 15
2.4.1.1. La distinction entre attributs et relations 16
2.4.1.2. La dépendance entre traits 16
2.4.2. La similarité dans l'approche pragmatique 18
2.5. Ce qui est utile pour se rappeler et raisonner 19
2.5.1. Se rappeler, raisonner dans l'approche syntaxique 20
2.5.2. Se rappeler, raisonner dans l'approche pragmatique 21
2.6. Analogie et catégorisation 23
2.6.1. Les principes régissant la catégorisation 23
2.6.2. Tâche et catégorisation 24
2.6.3. Analogie, catégorisation : les processus 25
2.7. Conclusion 26

3 La récupération en mémoire **28**
3.1. La mémoire : unité(s) de stockage ou processus 28
3.2. La mémoire sémantique versus la mémoire épisodique 29
3.2.1. La mémoire sémantique 30
3.2.2. La mémoire épisodique 30
3.3. La récupération des connaissances 31
3.3.1. Les indices de récupération 31
3.3.2. Les modèles de récupération 32
3.3.2.1. Le modèle d'exploration sérielle exhaustive 32
3.3.2.2. Les modèles basés sur l'étiquetage 32
3.3.2.3. La théorie de l'ecphorie synergique 33
3.3.2.4. La récupération à partir d'une description 34
3.3.2.5. La récupération du noyau 35
3.3.2.6. Un modèle pour la mémoire autobiographique 36
3.4. Le rôle des connaissances épisodiques 36
3.5. Conclusion 39

4 La réutilisation de connaissances : concept ou réalité dans les activités de travail **41**
4.1. Les activités de conception 42
4.2. Les activités de supervision 44
4.2.1. Le diagnostic 44
4.2.2. La supervision 46
4.2.2.1. Analyse cognitive de la tâche 47
4.2.2.2. Vers une modélisation de l'Opérateur 48
4.2.3. Réutilisation et supervision 49
4.2.4. Conclusion 50

5 Le "raisonnement à partir de cas" en intelligence artificielle 50
5.1. Vers une théorie de la cognition humaine... 51
5.2. Une application de l'approche par "raisonnement à partir de cas" pour la supervision de réseaux téléphoniques 54
5.3. Conclusion 58

6 Conclusion 60

7 Bibliographie 62

Unité de recherche INRIA Rocquencourt
Domaine de Voluceau - Rocquencourt - B.P. 105 - 78153 Le Chesnay Cedex (France)

Unité de recherche INRIA Lorraine - Technopôle de Nancy-Brabois - Campus scientifique
615, rue du Jardin Botanique - B.P. 101 - 54602 Villers les Nancy Cedex (France)
Unité de recherche INRIA Rennes - IRISA, Campus universitaire de Beaulieu 35042 Rennes Cedex (France)
Unité de recherche INRIA Rhône-Alpes 46, avenue Félix Viallet - 38031 Grenoble Cedex 1 (France)
Unité de recherche INRIA Sophia Antipolis - 2004, route des Lucioles - B.P. 93 - 06902 Sophia Antipolis Cedex (France)

Éditeur
INRIA - Domaine de Voluceau - Rocquencourt - B.P. 105 - 78153 Le Chesnay Cedex (France)

ISSN 0249 - 6399

RR_2415