

**Jean-Guy MEUNIER**

## **Le problème de la catégorisation dans la représentation des connaissances**

### ***1. La représentation des connaissances et son expression***

L'une des contributions philosophiques importantes de l'intelligence artificielle (ci-après IA) fut certainement de redonner vie à une vieille thèse épistémologique : *toute connaissance de la «réalité» repose sur des structures cognitives préalables*. De la théorie de la participation platonicienne, à la lumière divine thomiste, en passant par les structures *a priori* du savoir de Kant jusqu'à l'*epochè* husserlienne, l'analyse philosophique pour expliquer la complexité de la connaissance devait postuler une quelconque forme cognitive préalable pour rendre compte : a) de l'intégration des données de la perception en des idées ou des concepts ; b) du processus de raisonnement qui relie ces idées et concepts entre eux.

L'IA se distingua précisément des autres modèles plus empiristes du traitement de l'information — par exemple la reconnaissance des formes (*pattern recognition*) ou l'associationnisme statistique — en réaffirmant cette thèse. Elle montra de manière tant opérationnelle que théorique qu'une machine ne peut traiter de l'information de manière intelligente que si : (a) elle possède une structure d'intégration des multiples intrants qui lui sont présentés et (b) elle peut relier ces informations par des processus de raisonnement contrôlés. Cela signifie que les systèmes

informatiques dits intelligents possèdent entre autres une base de connaissances à laquelle ils se réfèrent pour intégrer les intrants nouveaux, prendre des décisions et enfin effectuer des raisonnements, etc. Telle est l'essence de la thèse cognitive computationnelle<sup>1</sup> :

*Any mechanically embodied intelligent process will be comprised of structural ingredients that a) we, as external observers, naturally take to represent a propositional account of the knowledge that the overall process exhibits, and b) independently of such external semantical attributions, play a formal but causal and essential role in engineering the behaviour that manifests that knowledge. (Smith, 1982, p. 2.)*

En IA, cette thèse est en jeu dans ce qu'il est convenu d'appeler la question de la *représentation des connaissances*, laquelle s'est opérationnalisée en systèmes dits à *base de connaissances (Knowledge based AI -systems)* ou encore systèmes experts.

Malgré son importance, la thèse cognitive computationnelle continue de faire l'objet de grandes discussions. Car tout comme la thèse philosophique qu'elle reprend, elle repose souvent sur des socles de nature métaphysique tels les vieilles questions du rationalisme et de l'empirisme, du réalisme et du nominalisme, de l'herméneutique et du positivisme. De ce fait, elle rencontre à son tour les mêmes problèmes. Il n'est donc pas surprenant que même sur ce territoire technologique et empirique, on ne se prononce pas clairement sur la véritable fonction d'une représentation des connaissances :

*[...] it is difficult to pinpoint exactly what knowledge representation is, does or promises to do. (Mylopoulos et Delgrande, 1986, p. 2.)*

---

<sup>1</sup> Il faut voir que cette thèse est aussi le lieu de sa différence avec les positions connexionnistes contemporaines. L'IA rencontre aujourd'hui le débat classique de l'opposition empirisme-rationalisme, innéisme-apprentissage.

Face à la complexité de ces questions, et pour éviter de les débattre sur un plan purement théorique, la recherche, depuis quelques années, s'est orientée surtout vers la question de la formulation et de la notation de la représentation des connaissances.

*Naively and circularly, knowledge representation is concerned with the development of suitable notations for representing knowledge. (Mylopoulos et Delgrande, 1986, p. 3.)*

Pour plusieurs théoriciens de l'IA, une représentation des connaissances doit avant tout être vue comme un langage dans lequel s'exprime une théorie au sens mathématique du terme. Par exemple, pour Mylopoulos et Delagrande (1986), une représentation sera constituée d'une collection d'énoncés  $KB_O$  (*knowledge base statements*) auquel on associe une relation de dérivabilité  $\wedge L_a$ . Une telle définition conçoit effectivement une représentation comme un langage régi par une grammaire. Ce que l'on pourrait noter par le doublet suivant :

$\langle KB_O, \wedge L_a \rangle$

Dans cette perspective, une représentation des connaissances ne peut être considérée comme un agrégat d'informations disparates mais comme un langage structuré. En ce sens, elle constituera, comme le veulent Newell and Simon (1976), Pylyshyn (1986) Fodor (1976), Johnson-Laird (1988), Haugeland (1986) et presque toute la tradition classique de l'IA, un système logico-symbolique.:

*What do we mean by "description"? We do not mean to suggest that our descriptions must be made of strings of ordinary language words (although they might be). The simplest kind of description is a structure in which some features of a situation are represented by single (primitive) symbols and relations between those features are represented by other symbols — or by*

*others features of the ways the description is put together.* (Minsky et Papert, 1973, p. 11.)

Il faut rappeler ici que cette thèse de la représentation des connaissances rejoint évidemment celle encore plus générale sur la forme symbolique des machines intelligentes. Cette thèse constitue l'hypothèse centrale de l'intelligence artificielle classique, hypothèse dite *du système de symboles physiques* de Newell et Simon :

*The Physical Symbol System Hypothesis: A physical symbol system has the necessary and sufficient means for general intelligent action.* (Newell et Simon, 1976, p. 116.)

Ainsi la thèse de la représentation des connaissances se traduit-elle finalement par une recherche sur la nature symbolique d'une représentation ou, en termes plus classiques, sur sa nature langagière.

*It is not at all clear now what frames are, or were intended to be.* (Hayes, 1980, p. 46.)

Ultérieurement, cette forme de langage s'organisa en réseaux associatifs de divers types tels les *templates* (Wilks) et règles de production (Anderson, 1976 ; Newell, 1976) ou réseaux sémantiques ou graphes conceptuels (Sowa, 1984).

*Broadly speaking, any representation with interlinking nodes and arcs could be called a semantic network.* (Hendrix, 1977, p. 54.)

Bien que variés dans leur forme et leur notation, tous ces symbolismes visent certes à représenter des connaissances sur un certain domaine, mais leur véritable fonction est de pouvoir avant tout être traités (*processed*) de la manière la plus systématique possible. La justification d'une formalisation symbolique de la représentation repose en effet sur la nécessité de caractériser rigoureusement le processus de raisonnement.

En effet, «raisonner», «être intelligent», «être rationnel» dans ce contexte de l'IA, c'est agir selon une *ratio*, c'est-à-dire, au sens original latin du terme, selon une norme. Ce qui dans ce contexte devient synonyme d'opérations symboliques réglées ou systématiques. Et c'est en raison de cette exigence que les modèles symboliques de l'IA sont appelés *rule-governed processes*, c'est-à-dire qu'ils sont des processus contrôlés par des règles.

Il n'est donc pas surprenant de voir associées *représentation des connaissances* et *représentation logico-symbolique*. Mais tous ne s'entendent pas sur la nature de la formalisation. Et il existe un débat féroce entre les tenants d'une formalisation plus ou moins rigide (topologique) et les tenants d'une formalisation logique stricte (algébrique). S'opposent ici des critères sémantiques et des critères pragmatiques.

Le formalisme que choisira finalement l'IA classique sera souvent celui d'une langue hybride (*pidgin propositional language*) où l'on retrouvera des réseaux topologiques de concepts et de prédicats soumis à des règles d'inspiration logique et algébrique. En effet, ces réseaux ne seront pas toujours des plus stricts et ne suivront pas toujours la définition formelle des systèmes logiques classiques. Ainsi, ladite représentation des connaissances se traduira dans les divers systèmes experts à travers soit une sorte de structure de graphes (réseaux sémantiques), soit une liste arborescente (*frames*) ou même des énoncés logiques (règles de production) qui, dans leur forme informatique, matricielle ou autre, constituent souvent des bases de données relationnelles.

Cependant, malgré leurs différences, ces formalismes retiendront de nombreuses propriétés caractéristiques des langages formels de type logico-propositionnel. Certains, cependant, seront plus procéduraux,

d'autres plus déclaratifs<sup>2</sup>, d'autres, enfin, insisteront sur l'aspect catégoriel productif et surtout inférentiel. Quelle que soit la notation choisie, la représentation consistera toujours en une structure symbolique soumise à des règles et une grammaire que l'on voudra le plus proche possibles de celles que l'on rencontre dans les langages artificiels de type logique.

Même si ces langages hybrides prétendent à la rigueur, un grand nombre de critiques (McDermott, 1987 ; Wood, 1986, 1991 ; Brachman, 1980, 1991 ; Schubert, 1975 ; Desclés, 1987 ; Rastier, 1987) ont tour à tour souligné les nombreuses difficultés tant syntaxiques que sémantiques qu'ils soulèvent. Et l'une des remarques qui revient le plus souvent concerne le mélange hétéroclite des constituants : on y mêle toutes sortes d'ingrédients :

*One set of difficulties has arisen because most network notations freely intermix primitives of different levels. (Brachman, 1979, p. 294.)*

Nous ne reprendrons pas ici ces remarques, qui ont mis en évidence la grande variété des primitifs et des relateurs dans ce langage de représentation des connaissances. Toutes ces critiques se sont révélées souvent des plus pertinentes et ont imposé des modifications importantes à ces langages de représentation. Notre analyse voudrait approfondir ici une question qui est demeurée relativement peu traitée : la nature de la catégorisation et des langages qui sont à l'oeuvre dans ce mode sémiotique de représentation des connaissances. Pour ce faire, nous analyserons certains aspects de la syntaxe et surtout l'interprétation sémantique de ces langages de représentation.

---

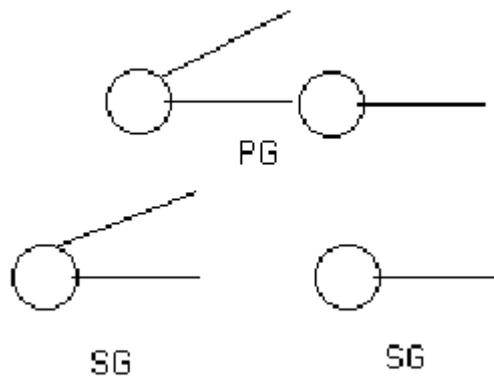
<sup>2</sup> Un débat classique sur cette dimension distinguait représentation procédurale et représentation déclarative. Ce débat, aujourd'hui éteint, a finalement démontré leur complémentarité. Leur opposition relevait de distinctions à faire à d'autres niveaux. Cf. Woods (1986) sur cette question. Pylyshyn et Fodor (1988) formulent différemment ces propriétés.

## 2. La syntaxe des réseaux conceptuels

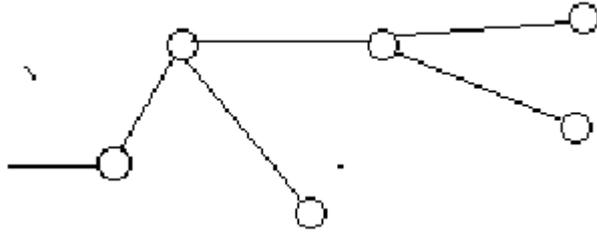
Comme on le sait, la structure syntaxique du langage des représentations, dès ses origines, a pris la forme d'un réseau qui associe par des relations — appelés *arcs* ou *liens* — des primitifs sémiotiques — appelés à leur tour *noeuds* ou *concepts*. Sur le plan de la notation, ces réseaux prennent la forme de graphes, d'arbres, de matrices, de treillis, de faisceaux et même d'énoncés symboliques prenant la forme de règles dites de production. Selon Israel (1983), ces variantes ne modifient que très peu la syntaxe de base qui les sous-tend. Dans cette perspective, un énoncé dans ces langages graphiques de représentation est le résultat d'opérations (noté \*) de concaténation de sous-graphes (SG) et où chaque sous-graphe est lui-même le résultat d'une opération d'attachement (*gluing*) de noeuds avec un ou plusieurs arcs. On pourrait formaliser cette grammaire de la manière suivante :

- 1  $PG \rightarrow SG * SG$
- 2  $SG \rightarrow \text{Noeud source} * \text{Arc}$

Cette grammaire des plus simples permet de construire des graphes comme les suivants :



Ce qui permet de générer des structures plus longues comme celle-ci :



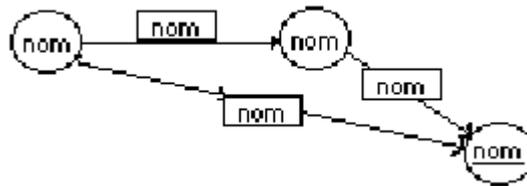
Il faut bien voir que sur le plan formel, un fragment de réseau est généré par une syntaxe relativement élémentaire. Chaque «phrase» de ce langage est le produit d'un automate ou d'une grammaire à états finis relativement simple. On peut l'analyser selon certains (Hyvonen, 1983) comme étant générée par une grammaire constructive de type concaténationnelle et multidimensionnelle. Sur ce *plan syntaxique*, ce langage est presque identique au langage des prédicats, dans lequel il est d'ailleurs souvent traduit.

Mais la richesse de sa productivité formelle et la générativité forte de ce type de grammaire font souvent oublier la simplicité catégorielle qui l'accompagne. En effet, le vocabulaire de ce type de langage de représentation ne contient souvent que peu de catégories, par exemple les prédicats et les constantes, et, dans le cas des langages de représentation, des noeuds et des arcs (relations) identifiés par des expressions nominales et verbales issus des langages naturels. Quelquefois, on ajoute des variables qui sont marquées par des indices iconiques (un carré dans le noeud, etc.). En raison de cette limite, la structure catégorielle de ces langages de représentation est des plus lacunaires et elle n'est pas sans influencer sur l'interprétation sémantique et logique qui lui est associée.

Qu'on imagine la faiblesse d'une théorie linguistique cherchant à décrire un fait linguistique complexe (emboîtement, modalisateurs, quantificateurs, etc.) qui n'aurait à sa disposition dans son vocabulaire que deux ou trois catégories de base du genre *constantes*, *prédicats* et *opérateurs* de concaténation. Pour pallier cette simplicité, il faudrait insérer les sous-catégories de chacun de ces primitifs, par exemple le

type de la catégorie, son statut argumental fonctionnel, etc. Ceci a été effectivement proposé en linguistique sous la forme d'une sous-catégorisation du lexique ou de règles de projection (Gazdar et Pullum 1985).

Cette lacune catégorielle fut vite rencontrée dans les divers langages de représentation, et il a fallu souvent en complexifier la structure par l'ajout d'informations telles la *direction* des arcs et l'ajout d'*étiquettes* apposées tantôt aux arcs, tantôt aux noeuds. On obtenait ainsi des graphes dirigés et étiquetés (*labelled directed graphs*) du genre suivant :



Dans certains modèles encore plus complexes, des emboîtements ont été ajoutés, ce qui permettait des transitions vers d'autres sous-réseaux. Ce type de réseau relationnel et en faisceau atteint dans ce cas fort probablement la structure d'une grammaire augmentée en transition (*augmented transition network*) à la Wood.

C'est à la nature de cette information supplémentaire, ou étiquetage des noeuds et des arcs, que nous allons nous arrêter pour en comprendre la nature et la portée.

### ***3. La différenciation catégorielle des noeuds et des arcs***

Le choix d'un langage pour représenter les connaissances est souvent soumis à des contraintes pragmatiques de divers types. C'est ainsi que, dans un premier temps, le choix des divers modèles proposés peut être dicté par les contraintes de sa traduction informatique, de l'organisation de la mémoire de l'ordinateur, etc. Souvent, pour répondre à ce type de contraintes, les noeuds et les arcs prendront une forme simplifiée, «prototypique», comme dans les «paquets» mémoriels (MOPS) de

Schank. Le fonctionnement de la mémoire n'exigeant pas que toutes les informations soient présentes, on admettra même quelquefois des absences et des manques. Selon certaines théories, on pourrait ainsi fonctionner avec de l'information hybride et incomplète et pallier ces manques par l'ampleur des associations et des contextes. Vu le flou inhérent à toute connaissance, il serait alors acceptable pragmatiquement d'être un peu «débrillé» dans la description. Aussi dira-t-on qu'il n'est toujours pas nécessaire de catégoriser rigoureusement tout ce qui entre dans une représentation. On espère alors que des heuristiques combleront les lacunes ! Une telle position est parfaitement acceptable au plan d'une théorie psychologique et fort probablement informatique. Mais il faut voir qu'elle ne l'est nullement d'un point de vue logique ou sémantique. L'adéquation psychologique n'est point l'adéquation logique.

En effet, un langage de description ne doit pas uniquement répondre à des contraintes de ce type : il doit aussi répondre à l'objectif pour lequel il a été créé, à savoir contenir l'information ou les connaissances, c'est-à-dire être une véritable représentation de son domaine de référence<sup>3</sup>. Cependant, une représentation adéquate doit non seulement offrir un ensemble de concepts et de relations entre ces concepts, elle doit aussi offrir des informations sur le rôle et le fonctionnement de ces multiples constituants et énoncés<sup>4</sup>. C'est la raison pour laquelle les divers modèles de représentation des connaissances, surtout ceux de réseaux

---

<sup>3</sup> Par exemple, pour décrire à un usager la route entre deux stations de métro, il existe plusieurs notations possibles. Certaines sont plus faciles à «visualiser» ou à retenir que d'autres (cf. Vignaux 1990). Dans le wagon, un plan qui relie en ligne droite les stations est plus facile à lire qu'une liste de propositions qui décrit le parcours. L'important cependant est que l'un et l'autre donnent directement ou indirectement toute l'information pertinente et ceci relativement à l'action à entreprendre. C'est-à-dire que le mode sémiotique d'expression réalise correctement sa fonction descriptive, peu importe sous quel mode.

<sup>4</sup> En philosophie du langage, la théorie des actes de langage a toujours soutenu qu'un énoncé dans un langage ne comportait pas uniquement un contenu propositionnel mais aussi une force illocutoire (Searle, 1970 ; Vanderveken, 1990). Celle-ci dépend de l'usage que l'on veut faire de la proposition: affirmer, promettre, etc.

sémantiques ou de graphes conceptuels, ont effectivement ajouté une multitude d'étiquettes pour bien préciser ces fonctions et rôles.

Cependant, comme la littérature critique l'a souligné à plusieurs reprises, les étiquettes ont proliféré et il ne semble pas qu'elles soient toujours régies par des critères des plus clairs. La liste et surtout les types d'étiquettes varient énormément selon les modèles. De plus, il n'est pas facile de les identifier et de proposer une classification uniforme pour tous les modèles. Pour voir un peu plus clair dans cette multitude d'étiquettes, nous avons tenté de les regrouper dans cinq grandes classes en regard de quelques fonctions sémantiques et pragmatiques. C'est ainsi que nous avons distingué une classe d'étiquettes dont la fonction est d'ordre *descriptif*, une autre d'ordre *sémique*, une autre d'ordre *fonctionnel* et une autre d'ordre *épistémique*, enfin, une dernière est d'ordre *procédural*. Chacune de ces classes présentera un certain nombre de caractéristiques propres qui les distingueront les unes des autres.

Ces classes sont assurément discutables et on pourrait en produire de plus fines et fort probablement de plus exactes. Notre objectif cependant n'est pas de fournir une liste définitive de types d'étiquettes mais de cerner le principe selon lequel les multiples modèles de représentation des connaissances les ont construites. Ceci nous révélera des dimensions intéressantes sur le problème de la classification et de la catégorisation dans les modèles de représentation des connaissances.

#### ***4. Les étiquettes d'ordre descriptif***

Lorsqu'on analyse un graphe conceptuel, la première chose que l'on découvre est un ensemble de noeuds reliés par des arcs. Ces noeuds sont traditionnellement interprétés comme étant des "concepts".

*Nodes in the net represent concepts of entities, attributes, events and states [Sowa 1991: 1].*

Et certains ont pour fonction principale de nommer un objet, une personne ou de décrire une propriété quelconque. Ces noeuds sont reliés par des liens appelés *arcs* et forment des énoncés qui attribuent l'une ou l'autre propriété relative à un objet, une personne ou un événement. ou qui les situent dans le temps , l'espace , la situation etc.

*Arcs in the net, usually represent linguistic cases such as agent, patient recipient or instrument. Others represent spatial temporal causal and logical connectives. Still others specify the role that one entity play with respect to another such as mother owner, or residence, but the representation of roles as realities or concepts is one area of divergence between different systems [Sowa 1991: 1].*

De fait l'opérationnalisation du concept se réalise par la présentation d'une structure de données. Prenons à titre d'exemple la description que Carbonnel et Collins (1974) ont originellement utilisée pour représenter des propriétés de l'Argentine. Cette description avait la forme suivante :

## - ARGENTINA.

- (Area : approx. : 1 200 000 sm)
- (location : South America (IG 1. 2 Long 57. 71))
- (Capital : Buenos Aires)
- (Principal cities :....)
- (Topography :
  - (mountains :...)
  - (sierras :.....)
  - (plains....)

Dans cette liste, les expressions constituent les concepts de la description et ils servent essentiellement à identifier des entités ou des attributs, propriétés, qualités, traits, aspects, rôles de ces mêmes entités. Par ailleurs les *arcs* sont implicites dans la notation. C'est le mode d'écriture qui, par sa disposition physique, marque l'appartenance des propriétés au concept dominant *Argentine*. Bien que simple, ce type de notation reprend l'essentiel de toutes les autres formes de description attributive que l'on rencontrera ultérieurement. Et l'on pourrait très bien reformuler le tout dans un langage prédicatif classique. Comme le dit Cercone, ce type de réseau livre de l'information sur ce que l'on peut savoir de quelque chose.

*A conceptual entity is anything about which information can be given that is anything about which one can know. (Schubert et al., 1979, p. 122.)*

Dans le même esprit, les représentations incluront souvent d'autres types d'information tels le temps, le lieu, le rôle, le contexte, etc. À chaque fois, on semble prédiquer quelque chose d'une entité dans l'univers de référence, on en spécifie une propriété. Même les points de vue seront considérés comme décrivant des dimensions de l'objet ou de l'événement. Par exemple, une même personne X3345 peut être décrite selon des caractéristiques nominales (son nom, son âge, etc.), son crédit (numéro de carte, type de carte, etc.).

Dans KRL (Winograd et Bobrow, 1977), un *frame* inclura un choix de traits parmi une liste de douze. Par exemple, pour décrire un client potentiel d'une ligne aérienne, on pourra le définir par la liste des attributs suivants.

*la perspective*

(destination = Boston)

*la spécification*

(précise le point de vue sous lequel l'objet est vu)

*la prédication*

(sert à spécifier certaines relations de participation de l'objet)

*la contingence*

(spécifie des dimensions de temps et de lieu)

*etc.*

Il faut bien voir cependant à quelle thèse sémantico-philosophique correspond ce type de description. Parce que dans ce langage de représentation tous les noeuds sont des expressions atomiques équivalentes à des prédicats, on interprète ces multiples traits, attributs, concepts comme s'ils référaient à des propriétés d'objets, de personnes ou d'événements dans un univers de référence ou domaine d'expertise. Plusieurs espèrent même que par une sémantique stricte à la Tarski, on puisse donner les conditions de vérité des énoncés présents dans ces représentations et ainsi contrôler le plus fermement possible les inférences (Israel, 1983).

Pour ce faire, cependant, il faut prendre conscience de la complexité de la tâche. De nombreux problèmes sémantiques se cachent dans cette représentation aux allures d'une liste de traits descriptifs portant sur différents aspects des objets, personnes, événements d'un univers apparemment simple et concret. Car, quoique ces traits puissent s'exprimer dans la représentation sous la forme de noms propres, de noms communs, de verbes, d'adjectifs, de modalisateurs, etc., leur statut référentiel n'implique pas toujours une interprétation simple en termes de

référence directe à l'univers de référence unique. Ce n'est souvent qu'en apparence que des «noeuds» conceptuels apparaissent comme des traits simples référant directement à un univers actuel immédiatement accessible.

Souvent ces attributs cachent des problèmes sémantiques immenses. Des prédicats et des noms aux allures extensionnelles apparemment simples se révèlent très souvent dans leur forme logique des foncteurs sémantiques et logiques des plus complexes. Par exemple, des prédicats aussi simples qu'*ancien*, *petit* et *courageux* pour qualifier un *soldat*, implique plus que le monde actuel<sup>5</sup>. Ce sont de fait des prédicats aux formes intensionnelles des plus complexes. Même des expressions nominales de lieu, de temps ne peuvent être interprétées comme des prédicats attributifs classiques. Il faut souvent faire appel à une logique du temps et du lieu pour bien les interpréter. Mais ces types de prédicats ne sont pas les seuls à cacher leur complexité logique et sémantique. Prenons par exemple les termes naturels (*natural kinds*), dont on sait depuis Wittgenstein (Putnam, 1975) qu'ils sont fort difficiles à décrire en termes de traits distinctifs. Prenons encore les expressions de masse (*mass terms*), qui ne peuvent être interprétées dans le cadre d'une ontologie d'éléments discontinus (Quine, 1960), ou encore aux expressions de qualités dites secondes (du type *qualia*), qui impliquent un rapport à la subjectivité, aux termes de décompte (*count terms*), etc. Autrement dit, tous les noeuds et relations qui forment une représentation des connaissances, malgré leur identification nominale, adjectivale et verbale et leur sémantique apparemment transparente, présentent une forme logique sous-jacente des plus complexes que la recherche technique n'a pas encore réussi, à de rares exceptions près, à expliciter clairement.

---

<sup>5</sup> Sur le plan d'une interprétation ensembliste, un *ancien* soldat n'appartient pas à un sous-ensemble des soldats, comme c'est le cas d'un *petit* soldat. *Courageux* met en jeu un prédicat relationnel à un état de croyances de la part de l'énonciateur.

Il n'est donc pas surprenant de rencontrer des critiques qui mettent en doute la possibilité d'une sémantique stricte de type tarskienne :

*The presumption that the formal foundation is primarily truth-theoretic is probably grossly myopic. I think that the foundation one really needs is something more like a theory of rational actions, a theory that involves state change, models of beliefs, models of intention and so forth, a theory in which a truth clearly plays an important part, but only a part. A Tarskian model theory doesn't have all the attributes needed to fill out the rest of the paradigm.*  
[Woods 1991: 91].

Malgré toutes ces difficultés qui touchent l'origine des concepts nodaux, de la multiplicité des perspectives qui les régissent et surtout de leur type sémantique, il n'en demeure pas moins que ces informations présentent des caractéristiques communes et en ce sens appartiennent à une classe spécifique de constituants sémiotiques. Elles relèvent toutes d'un langage qui décrit sous différentes formes des entités dans un univers de référence, et ceci même si on montrait qu'il en existe de divers types interprétables à partir de règles sémantiques relativement différentes.

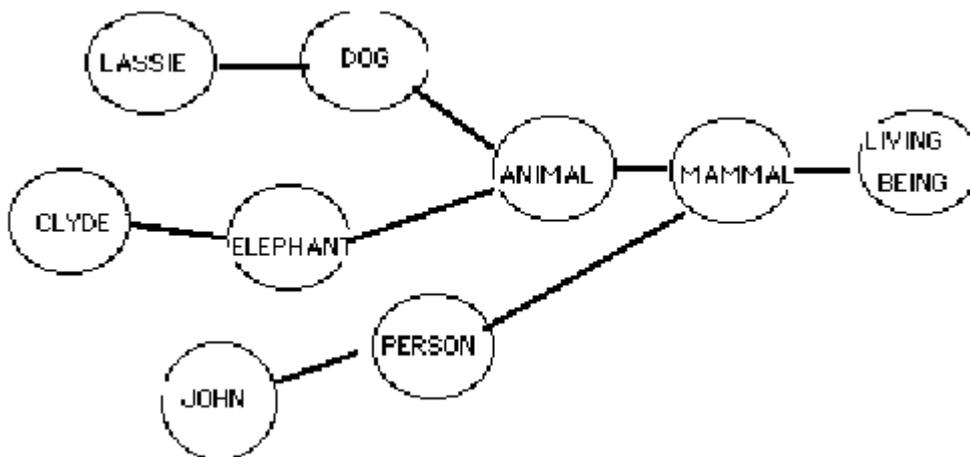
Sur le plan syntaxique, certains de ces noeuds et arcs sont équivalents à des phrases atomiques ou à des formules logiques tantôt élémentaires, tantôt complexes. Une liste de données descriptives n'est de fait rien d'autre qu'une conjonction de formules prédicatives. Sur le plan sémantique, elles portent toutes plus ou moins sur des entités d'un univers de référence possible. En termes catégoriels, nous dirons que cette classe d'expressions forme une sorte de langage que nous représenterons comme un doublet :  $\langle A_n, O_c \rangle$ , où  $A_n$  est un ensemble de noeuds conceptuels soumis à des opérations de liaison  $O_c$  et dont l'interprétation est faite en termes de référence à un quelconque monde actuel ou possible. En termes plus simples, ce sont des descripteurs de divers types reliés à un domaine quelconque.

### 5. La catégorisation sémique

Malgré une apparence de réalisme, tous les noeuds et liens des représentations ne renvoient pas à un univers concret ou au domaine visé par ces représentations. En effet, il existe effectivement un deuxième sous-groupe de noeuds et d'arcs qui ne pourrait pas passer un test de référentialité sur des mondes concrets. Car ce dont parlent ces constituants, ce n'est pas d'un monde actuel ou concret mais du langage lui-même. Ils sont aussi descriptifs, mais cette description porte sur la structure sémantique et encore plus spécifiquement sur ce que l'on pourrait appeler, selon la grande tradition sémantique européenne, la structure sémique ou conceptuelle d'une langue naturelle. C'est dire qu'ils portent sur des relations internes à la conceptualité de la langue. En effet, de nombreux noeuds conceptuels de représentation ne sont que des explicitations lexico-sémantiques d'autres expressions du même réseau ou d'expressions de la langue naturelle dans laquelle le système intervient.

Or cette dimension sémique et conceptuelle n'est pas toujours facile à identifier.

Voici un exemple classique de réseau qui livre des informations sur LASSIE, CLYDE et JOHN :



Dans ce réseau on rencontre des énoncés comme : *Lassie est un chien*. Mais on trouve aussi : *Un chien est un animal*.

Certes, on a souligné à plusieurs reprises l'ambiguïté de cette relation ISA qui lie les noeuds : elle est tantôt une relation d'inclusion, tantôt une relation d'appartenance. Mais on ne voit pas toujours la différence catégorielle en jeu, non pas entre les liens, mais entre les énoncés formés de ces liens. Or, le premier énoncé décrit quelque chose à propos d'un animal dans un univers concret, alors que le second décrit une relation conceptuelle interne à une langue — à savoir la relation conceptuelle entre chien et animal — et en l'occurrence une langue occidentale, par exemple l'anglais. Dans un cas, on parle de relations sémantico-sémiques où on pourrait, selon les théories, distinguer des relations de type synonymique, hyperonymique, hyponymique etc. Dans l'autre cas, on parle de relations que l'on pourrait dire existentielles et ontologiques.

Il y a, en effet, une différence importante entre dire quelque chose d'un objet dans l'univers et dire quelque chose à propos du langage qui parle de cet univers. Il y a, par exemple, une grande différence entre dire que *Lassie est une chienne* ou encore qu'*elle est bien élevée* et qu'*elle a un maître* et dire qu'*une chienne est un animal*, ou encore *une femelle*. La première formule appartient à l'ordre des faits et pour le connaître, il faut un savoir empiriquement fondé, alors que la seconde explicite des caractéristiques propres à la sémantique de la langue. Quelqu'un qui sait le français et qui énonce que *Lassie est une chienne* sait de ce fait qu'il s'agit d'un *animal femelle* mais il ne peut savoir s'il est *bien élevé* et *qui est son propriétaire*. Même si une représentation peut exprimer ces énoncés dans une formulation relativement uniforme, il faut voir qu'il s'agit d'énoncés radicalement différents. Ce sont des informations qui ne concernent pas à proprement parler les faits d'un monde mais la structure de la signification du langage. Elles n'appartiennent pas de fait au même langage.

Presque tous les modèles de représentation offrent ainsi une sorte de classification sémantico-sémique ou une autre. Glissées discrètement à travers tous les autres noeuds se trouvent inscrites des informations sur des dimensions strictement sémantiques. Par exemple, on trouvera des traits qui appartiennent à une forme ou une autre de la décomposition sémantique du type soit sémique — par exemple *féminin-masculin*, etc. — soit classificatoire archisémiologique — par exemple : *mammifère : objets physiques, événements*, etc. Certains modèles les expliciteront de manière distincte. Par exemple, Schubert et Cercone (1979) ont construit un modèle qui met en évidence de manière autonome la hiérarchisation conceptuelle des traits. Voici celle qui porte sur des traits physiques :

*Qualité physique :*

- grandeur
  - qualité externe
    - apparence
      - forme
      - couleur
      - translucidité
      - texture
    - odeur
    - tactilité
  - masse

D'autres modèles visent plutôt une compositionnalité récursive dans leur représentation. Par exemple, le système KL-ONE construira au moyen d'opérateurs des concepts complexes à partir de deux concepts «primitifs». Le modèle est ici quasi combinatoire. Ainsi, à partir des concepts de POINT, LIGNE, SEGMENT, etc., on construit ceux de POLYGONE, de UN, DEUX, TROIS, CÔTÉ, etc., on génère celui de TRIANGLE, qui est alors synonyme de POLYGONE-À-TROIS -CÔTÉS.

Ainsi, tout comme dans les fonctions descriptives précédentes, on trouve des traits de divers types qui concourent tous à décrire l'une ou l'autre dimension de la structure sémantique de la représentation elle-même. C'est d'ailleurs souvent à ce type de traits que les réseaux sémantiques doivent leur nom. Pour plusieurs théoriciens, les réseaux sémantiques sont précisément sémantiques parce que leur fonction est de décrire le *meaning* conceptuel des expressions du langage naturel :

*Semantic networks are representations of the intensions of natural language designators.* (Brachman , 1977, p. 139.)

À l'instar de Rastier (1987), nous croyons aussi que bien que les créateurs de ces réseaux prétendent offrir une description sémantique qui ressemblerait à une analyse soit de type componentiel, soit de type

différentiel à la Pottier, ou référentiel à la Katz, ils ne réussissent à le faire que de façon relativement simplifiée et souvent incomplète. Lorsqu'on analyse plus en détail ces décompositions, il est par exemple très difficile de savoir si les traits mis en évidence appartiennent effectivement à la langue ou s'ils sont des conditions nécessaires à l'identification du référent. On trouve souvent de tout dans cette classification. La procédure est souvent plus intuitive que systématique. Mais elle ne réussit pas à mettre vraiment en évidence le type de compositionnalité qui régit non pas la sémantique d'une phrase (relations syntagmatiques), mais la compositionnalité de l'ensemble du lexique d'une langue (relations paradigmatisques). Cette dernière compositionnalité n'est pas pensable uniquement en termes de listes ou de conjonctions de traits.

Les multiples travaux de la sémantique surtout européenne de Pottier, Coseriu, Lyons, Bierwisch, Greimas, Desclés, Rastier, Stockinger, etc., ont montré sous différents modèles la particularité des relations qui structurent ces traits. Certaines structures conceptuelles seraient même très combinatoires et obéiraient à des règles récursives assez fortes. Pensons ici aux analyses sémantico-structurales de Pottier ou à la description combinatoire des termes de parenté de Lambek (1986). Certes, tous les traits d'une langue ne sont pas régis par cette belle récursivité, mais manifestement il existe pour certains un type de compositionnalité qui permet de construire des sous-réseaux autrement que par l'adjonction aléatoire de traits descriptifs.

Ainsi, comment les traits descriptifs des traits sémiques forment-ils un sous-réseau spécifique ? Ils constituent des énoncés formés par une syntaxe propre quoique similaire à la précédente et que nous formulerons ainsi :  $\langle A_C, O_k \rangle$ , où  $A_C$  représente les traits conceptuels qui sont le domaine des opérations de combinaisons structurales  $O_k$ .

Mais c'est sur le plan sémantique que cette structure se distingue nettement de la précédente. En effet, l'univers de référence de cette structure n'est plus les objets ou les événements dans le monde dont

parle une représentation mais bien les concepts en tant que concepts. Cette structure décrit des relations entre concepts et non pas entre les objets auxquels renvoient ces concepts. Elle appartient en ce sens au métalangage à propos du langage même de la représentation.

### ***6. La catégorisation fonctionnelle***

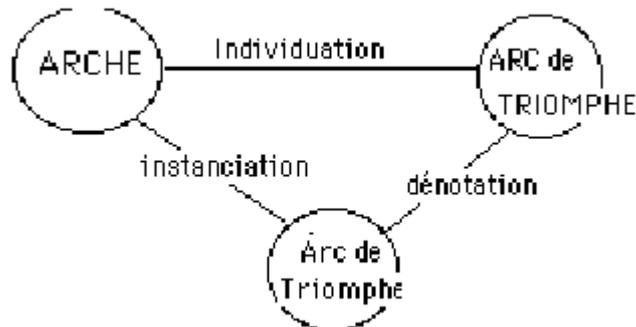
La complexification des réseaux sémantiques a donné lieu à une autre classe d'étiquettes que nous qualifierons ici de *fonctionnelles*. *Fonctionnelles* dans la mesure où plusieurs théories linguistiques distinguent les unités fonctionnelles des unités syntagmatiques. Pensons ici à Tesnière (1969), Shaumyan (1987), Bresnan (1982), Gasdar et Pullum (1985) et même Jackendoff (1983) et Levesque (1984). On dira ainsi, par exemple, que les concepts de *prédicat*, de *sujet* et d'*objet* sont des concepts fonctionnels alors qu'*accord* et *gouvernement* sont des concepts syntagmatiques.

Ces étiquettes sont caractérisées par le fait qu'elles spécifient le rôle que joue un concept ou noeud dans le réseau sémiotique de la représentation. Le nombre et la variété de ces étiquettes dépendent évidemment des théories tant logiques, sémantiques que computationnelles qui sous-tendent la construction de ce type de sous-réseau. Malheureusement, leur critère d'identité n'est pas des plus faciles à cerner. Il est difficile d'en proposer une classification ferme et rigide. Nous croyons cependant qu'il est possible de les réunir dans une même classe au moyen d'une liste qui mette en évidence certains points communs. Nous en distinguerons au moins deux sous-classes principales, à savoir un groupe d'étiquettes relatives à des fonctions référentielles et un autre groupe relatif à des fonctions argumentales et casuelles.

#### *a) L'instanciation, l'individuation et la nominalisation*

Notre première sous-classe inclut des étiquettes dont la fonction est de présenter les relations qui peuvent exister entre les noeuds, leur nom dans la langue et leur applicabilité dans un univers de référence.

Brachman donne un bel exemple d'un autre type de cette différenciation fonctionnelle lorsqu'il distingue autour du noeud ARCHE les relations d'*individuation*, d'*instanciation* et de *dénotation*.



(Brachman, 1979, p. 209.)

Dans ce réseau, l'étiquette INDIVIDUATION nomme effectivement une relation, mais elle lie non pas des entités dans l'univers de référence mais le concept générique d'ARCHE et le concept individuel d'ARC DE TRIOMPHE, lequel entretient une relation de DÉNOTATION avec une entité concrète dans l'univers de référence à savoir : l'Arc de triomphe.

Certains modèles introduisent aussi des étiquettes pour marquer divers autres types de relations opérant à ce niveau des variables. Hendrix (1975), par exemple, pour représenter :

*Every dog has a dogcatchers who has been bitten by every dog in town*

introduit des quantificateurs en créant une *partition* dans son univers de référence. Il introduit dans la notation des marqueurs qui délimitent la portée de la quantification. Ce langage inclut donc des variables et définit graphiquement la portée des quantificateurs.

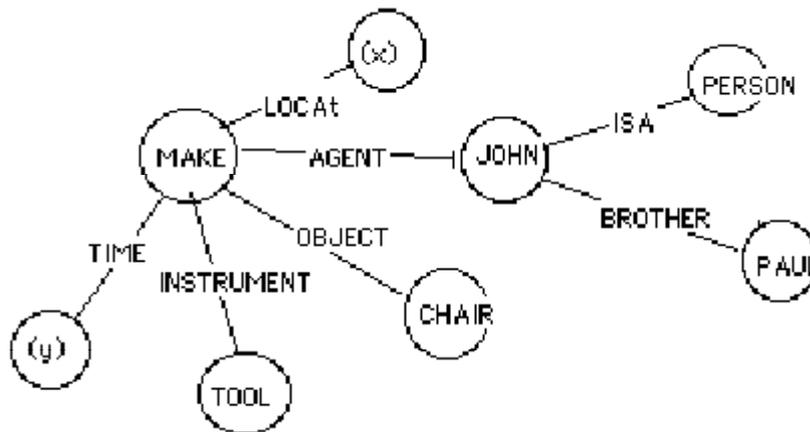
Ces exemples illustrent la classe que nous tentons de cerner. Elles décrivent des relations qui existent non pas entre les entités de l'univers

comme telles, mais entre les noeuds de la représentation et certains aspects de leur interprétation associés à un rôle de variable ou de constante dans cette représentation. Une étiquette comme DÉNOTATION équivaut presque à une fonction d'interprétation appliquée à une constante. Elle établit une relation entre un nom ou un concept et un individu dans l'univers de référence.

*b) La structure de cas.*

Notre deuxième sous-classe porte sur un type d'étiquettes qui portent sur la structure de cas ou rôles dits casuels (Fillmore (1968). On la retrouve dans presque tous les modèles de représentation (Simmons, 1973 ; Rumelhart, 1975 ; Schank, 1973 ; Wilks, 1975 ; Anderson et Bower, 1973, etc.).

Par exemple pour décrire le verbe MAKE, un *frame* ajoutera l'ensemble des étiquettes relatives aux fonctions casuelles suivantes :



Brachman (1979, 1985) complexifiera même cette structure de cas pour des noms comme MESSAGE en celle de *rôle* et de *facettes*.

Ainsi un RÔLE définira une modalité du concepts et sera représenté graphiquement par un losange encerclé. Par exemple, un concept MESSAGE aura deux rôles :

— un rôle SENDER dont la valeur (*filler*) sera d'être restreinte à une ou plusieurs PERSONNES ;

— un rôle RECIPIENT dont la valeur (*filler*) sera restreinte aussi à une ou plusieurs PERSONNES.

Du point de vue de notre analyse, ces étiquettes n'appartiennent pas à des opérateurs du même ordre que les sous-réseaux que nous avons identifiés plus haut. Ils marquent d'autres dimensions de l'interprétation des noeuds dans ces réseaux, à savoir : les fonctions des noeuds conceptuels dans le régime sémiotique où ils apparaissent, par exemple leur rôle, leur cas, leur position argumentale. Mais lorsqu'on pousse un peu l'analyse, il est difficile de préciser avec finesse ce que signifient des étiquettes comme AGENT, OBJET, ARGUMENT, ou encore LEXICALISATION, INSTANCIATION, PORTÉE, etc., dans ces modèles. Les théories linguistiques ne s'entendent pas non plus très spontanément sur ces questions. Mais pour nous il est clair que ces étiquettes ne sont pas du même type que les étiquettes ISA, POSSESS, IS PART OF. Ces étiquettes nomment des relations entre des concepts, et non les fonctions de ces concepts dans la représentation. Ce n'est donc pas la même chose de dire que LASSIE a la propriété de MORDRE et dire que LASSIE est l'AGENT dans l'action de MORDRE.

Sur le plan du langage de la représentation, nous pensons que ces étiquettes appartiennent à leur tour à un sous-réseau qui est constitué d'énoncés prédicatifs, c'est-à-dire du genre *x est un AGENT*, *x est le PREMIER ARGUMENT*, etc., et dont la forme syntaxique est similaire à celle que nous avons déjà reconnue plus haut pour les autres :  $\langle A_c, O_f \rangle$ , où  $A_c$  désigne des expressions prédicatives soumises à des opérations  $O_f$  permettant de former des énoncés complets. Sur le plan sémantique, ces énoncés sont interprétables en regard des diverses fonctions que ces noeuds occupent non pas dans l'univers de référence dont parle l'ensemble du réseau, non plus que dans la structure conceptuelle elle-même, mais selon les rôles fonctionnels que des constituants du réseau

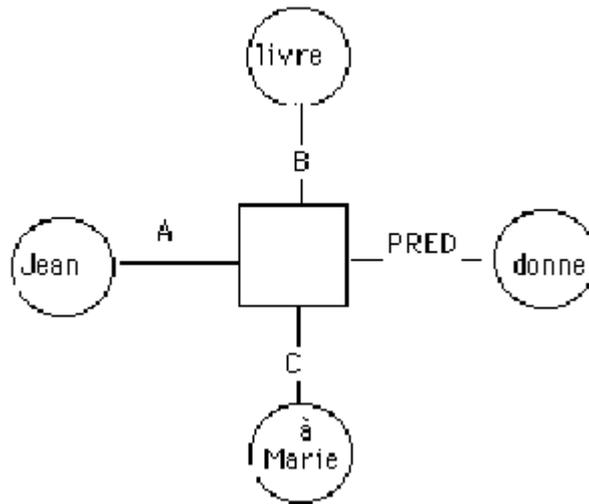
peuvent occuper. Comme dans le cas des descripteurs sémiques, ce sont des énoncés sur la structure du réseau lui-même. En ce sens, ils ne sont pas des énoncés du langage-objet mais des énoncés sur des aspects grammaticaux du langage de la représentation.

### ***7. La catégorisation épistémique***

Nous allons maintenant analyser une autre classe d'étiquettes qui cette fois touchent des dimensions plus englobantes de la structure de représentation, à savoir des segments ou des groupes de concepts dont la fonction est d'exprimer soit des propositions, soit des relations entre propositions.

Plusieurs systèmes ont en effet introduit directement dans leur représentation des noeuds propositionnels. Un bon système de représentation doit, comme le dit Schubert, posséder «l'aptitude de représenter toute proposition qu'un humain est en mesure de comprendre» (*the ability to represent any proposition that a human is capable of understanding* ; Schubert *et al.*, 1979, p. 125).

Ces noeuds transforment ainsi les réseaux conceptuels en réseaux propositionnels. En voici un exemple simple à la Schubert-Cercone (1975) :



On voit bien ici la différence entre les noeuds. Le carré marque une proposition alors que les cercles nomment les concepts.

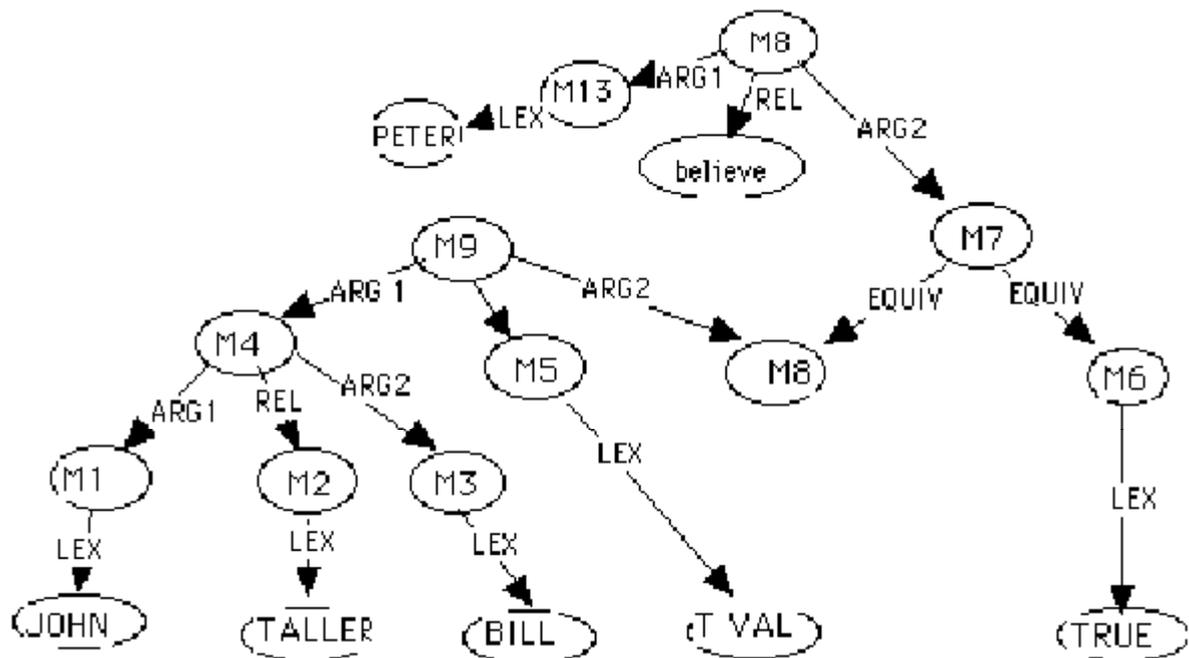
Pour plusieurs, cette notation n'est qu'une variante de la notation logique prédicative classique (Reiter et Circuolo, 1980), ce que certains autres, par ailleurs, contestent. Mais l'effet le plus immédiat de cette transformation des réseaux sémantiques en réseaux propositionnels est que les réseaux représentent autre chose que les concepts, soit les assertions de manière officielle et transparente, ce que ne réalisaient les réseaux classiques qu'en confondant la description sémantico-conceptuelle avec les assertions.

Par ailleurs, plusieurs chercheurs (Shapiro 1975 ; Shapiro et Maida, 1987 ; Hayes, 1979 ; Wood, 1986 ; Brachman, 1979, 1985 ; Sowa, 1984) ont soutenu en effet que les réseaux sémantiques doivent traiter non seulement des concepts ou des propositions pris individuellement mais aussi des relations entre propositions. Un réseau sémantique est plus qu'un dépôt d'idées, de concepts ou de propositions, il est aussi un dépôt de «croyances», d'«assertions», d'«hypothèses» et même de «doutes». En conséquence, le système doit pouvoir traiter les énoncés en tant qu'ils sont reliés les uns aux autres par diverses modalités.

[...] *the possibility of organizations of conceptual knowledge into units more structured than simple nodes and links or predicates and propositions, and the possibility of processing over larger units than single network links.* (Brachman, 1979, p. 205.)

Par exemple, le modèle de Maida et Shapiro (1982) permet de traiter des cas comme le suivant *Peter believes that John is taller than Bill.*

Par la relation EQUIV de M7, on indique que l'intention du contenu de la croyance est référentiellement équivalente au fait M8 est maintenant asserté.



Ce niveau de représentation relève d'un autre niveau de description que celui qui est l'objet principal des réseaux conceptuels ou sémantiques ordinaires. Il est d'ailleurs appelé par Brachman *niveau épistémologique*.

*The epistemological level of semantic network permits the formal definition of knowledge-structuring primitives, rather than particular knowledge primitives (as in the Schank networks).* (Brachman, 1979, p. 205.)

Pour notre part, nous préférons parler d'un niveau épistémique en ce qu'il touche non pas la validité scientifique mais le statut gnoséologique — c'est-à-dire épistémique — d'une représentation des connaissances. Selon plusieurs auteurs, ce n'est qu'avec l'introduction de ce type d'étiquettes que les réseaux sémantiques sont en mesure de traiter les problèmes sémantiques propres au niveau propositionnel tels ceux de l'intensionnalité, des attitudes propositionnelles et même de certaines forces illocutoires :

*[...] a semantic network models the belief structure of a thinking, reasoning, language-using being (e. g. human). In this case, nodes represent the concepts and beliefs such a being would have. The point is that these concepts are intensions rather than extensions. (Brachman, 1985 , p. 298.)*

Ainsi, le but de ces étiquettes est effectivement de représenter divers types d'informations relatives tant à la structure propositionnelle et son statut de vérité, c'est-à-dire l'attitude épistémique à leur égard, qu'aux multiples relations intensionnelles que des propositions peuvent entretenir entre elles, par exemple les relations d'équivalence ou de non-équivalence entre propositions. On est alors au coeur même des difficiles questions de la logique intensionnelle.

Dans ce contexte, on pourra aussi introduire divers axiomes et postulats régissant les logiques épistémiques, etc. L'introduction de ces foncteurs épistémiques, on s'en doute, complexifie grandement la nature des réseaux. Ils n'apparaissent plus alors comme de simples réseaux de concepts mais, pourrions-nous dire, comme des collections d'énoncés formant une mini-théorie des attitudes du système vis-à-vis des propositions qu'il entretient. On oscille ainsi de plus en plus vers une théorie du discours.

Compte tenu du caractère spécifique de ces informations, nous dirons qu'elles forment un niveau de description différent de celui qui touche le monde objectif, la structure sémique ou les rôles fonctionnels. Nous les

considérerons comme formant un sous-réseau particulier. Leur syntaxe correspondrait à ce que Levesque présentait en termes de collection d'énoncés reliés par un opérateur de dérivabilité :  $\langle KB_0, \wedge L_a \rangle$ .

Sur le plan sémantique, leur référence implique des univers complexes de croyances et d'attitudes. Ils forment donc à leur tour un langage propre et, au dire de certains, un discours ou une théorie.

### *8. Des étiquettes de type procédural*

On trouve dans plusieurs graphes conceptuels un dernier groupe d'informations dont la fonction est, pourrions-nous dire, externe à la structure sémiotique de la représentation. Ces informations en effet servent avant tout à la traduction informatique d'une représentation. Elles appartiennent à ce que nous appellerons la classe des étiquettes procédurales, c'est-à-dire qu'elles sont des pointeurs pour des procédures d'interprétation soit pour la compilation, soit pour la computation proprement dite. Nous ne nous attarderons point sur ces étiquettes, non parce qu'elles ne sont pas importantes mais parce que leur statut procédural est relativement transparent et qu'elles ne contribuent pas formellement à validité de la représentation mais à son efficacité dans un système informatique spécifique.

Il faut cependant bien les identifier et considérer qu'ils constituent à leur tour une catégorie spécifique d'informations possédant, comme les autres, une syntaxe  $\langle A_n O_p \rangle$  avec son vocabulaire  $A_n$  et ses opérateurs propres  $O_p$ .

La sémantique de ce langage spécifique renvoie non pas au monde visé par la représentation, mais aux procédures qui sont associées à sa réalisation informatique.

Résumons-nous brièvement ici. Comme nous l'avons souligné plus haut, l'analyse critique des modèles de représentation des connaissances, plus particulièrement ceux des réseaux sémantiques et des graphes

conceptuels, a régulièrement insisté sur la grande variation des *types* de noeuds et de liens que l'on y trouvait. Pour notre part, nous avons tenté de montrer que non seulement les modèles fourmillaient de types différents mais aussi que ces types appartiennent à une multiplicité de sous-réseaux ou de langages qui s'entrecroisent sous le couvert d'une même notation.

En effet, la forme syntaxique linéaire de ces réseaux, leur mode notationnel de présentation, bien qu'ils marquent un grand nombre de fonctions différentes, créent l'illusion que les étiquettes des noeuds et des liens de ces réseaux appartiennent tous à un même langage de description. Or, malgré leur présentation graphique unidimensionnelle, nous soutenons que ces modèles de représentation sont souvent constitués de plusieurs sous-réseaux qui se distinguent tant par leur syntaxe que par leur sémantique. Pour les besoins de notre analyse, nous avons identifié cinq grandes catégories de sous-réseaux, à savoir des réseaux d'ordre *descriptif*, *sémique*, *fonctionnel*, *épistémique* et *procédural*.

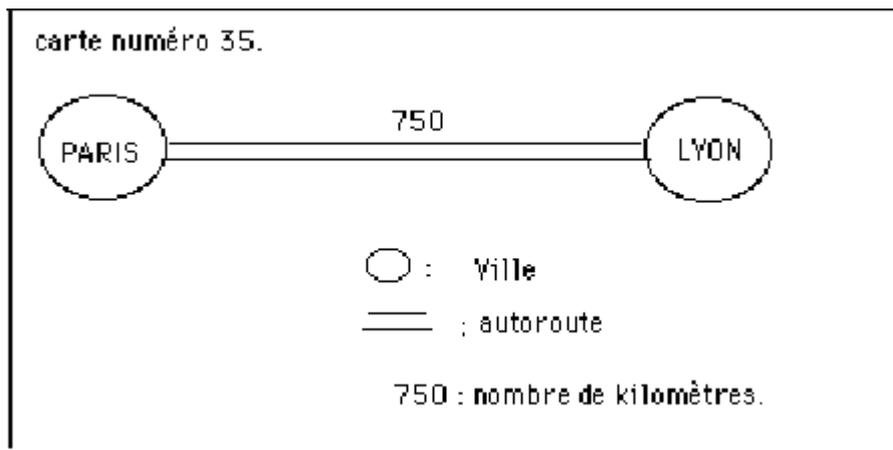
Nous avons représenté chacun de ces sous-réseaux par le vocabulaire et les opérateurs qui les marquaient, à savoir sous la forme d'un doublet  $\langle A_i, O_i \rangle$ , et nous avons proposé pour chacun une sémantique spécifique. Ceci nous donne alors la possibilité de les penser comme des langages ou des structures catégorielles ou même algébriques (Montague, 1972) ou relationnelles (Wille, 1982 ; Marty, 1990).

### 9. Un réseau de langages.

Si notre analyse est juste, on ne peut plus considérer que le réseau représentationnel forme une structure homogène qui unit des noeuds ou des concepts appartenant à un même niveau de description. Ce n'est que la forme de la notation qui lui donne un effet d'unidimensionnalité.

C'est là, nous semble-t-il, l'ambiguïté majeure des modèles de représentation des connaissances et des réseaux sémantiques. Ils donnent souvent l'illusion que tous les primitifs et relations qui les structurent constituent un même langage alors qu'ils sont un conglomerat de langages différents.

Une analogie avec d'autres cas de langages représentatifs peut ici devenir éclairante. Prenons le cas des cartes routières. Celles-ci présentent habituellement sur un même plan des symboles qui décrivent des relations routières entre des villes. On trouve dans ces plans des étiquettes qui nomment des symboles et des légendes, d'autres qui explicitent symboles iconiques, d'autres encore qui indexent le carte elle-même. Or, bien que tous les énoncés que l'on trouve dans ces cartes se retrouvent sur le même porteur physique et utilisent certains symboles communs, ils n'appartiennent pas au même langage. Prenons, par exemple, la carte simplifiée suivante :



Sur cette carte, le numéro 35 qui indexe la carte n'appartient aucunement au même langage qui décrit le kilométrage entre Paris et Lyon, lequel langage est différent de celui qui régit la légende en bas de la carte.

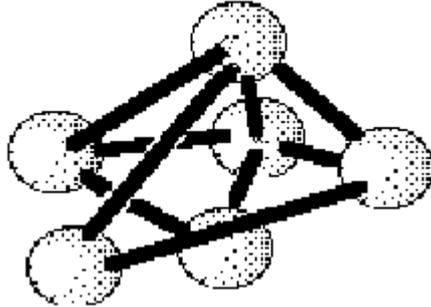
Voici un autre exemple, peut-être un peu plus subtil que le premier. Considérons les cinq énoncés logico-symboliques suivants :

- a)*  $P a \ \& \ Q \ b$
- b)*  $\exists x (P x \rightarrow R x)$
- c)*  $F_i(a) : \text{Jean}$
- d)*  $F_i P(a) = \text{vrai}$
- e)* Let  $a = \text{Jean}$

Presque tous ces énoncés utilisent des symboles logiques classiques. Et il est possible de les retravailler de manière à les rendre encore plus uniformes. Cela cependant ne changera rien au fait qu'ils ont des statuts différents et appartiennent à des langages différents. C'est ainsi que l'énoncé *a* appartient au langage-objet qui décrit quelque chose, l'énoncé *b* définit un postulat de signification dans ce langage et, à ce titre, appartient au métalangage. Les énoncés *c* et *d*, pour leur part, appartiennent au langage de l'interprétation sémantique. Ces énoncés portent sur l'application d'une fonction d'interprétation  $F_i$  à des arguments de deux types, variables et propositions. Enfin la dernière appartiendrait à un langage comme Fortran et définirait la valeur de la constante *a* dans le réseau de mémoire informatique. Ce n'est qu'en apparence que ces énoncés forment un langage unidimensionnel.

Il en va souvent de même dans de multiples modèles de représentation des connaissances. Ceux-ci ne sont pas, en dépit des apparences, des langages unidimensionnels de noeuds et de liens unidimensionnels mais une structure d'interrelations entre des langages ou des algèbres différents.

Nous pourrions représenter graphiquement cette intuition de la manière suivante :



C'est-à-dire que plus souvent qu'autrement, les langages de la représentation ne doivent pas être compris comme une collection de noeuds mais comme une structure de langages spécifiques qui entretiennent entre eux des relations particulières. L'hypothèse formelle que nous avancerions est qu'une véritable représentation des connaissances n'est pas une structure combinatoire de noeuds mais une structure combinatoire d'algèbres et de langages ou de catégories au sens de Lambek (1958). Dans cette perspective, la question de savoir si la représentation doit prendre une forme logique plutôt qu'un autre ne nous semble plus adéquate. Car il s'agit plus de déterminer la supériorité d'un langage sur un autre mais de se pencher sur l'interaction de plusieurs langages. Une représentation des connaissances nous apparaît beaucoup plus comme un hyper-réseau, ou une structure catégorielle, que comme un faisceau unidimensionnel de noeuds.

Plus profondément encore, une telle hypothèse implique que nous concevions la représentation des connaissances dans une perspective plus dynamique et que nous cessions de la voir comme un simple dépôt *statique* de formes logiques d'articulation sémantique et même d'assertions. Une description dans ce cadre ne peut être considérée que comme un état stable mais modifiable parmi plusieurs autres états de

représentation possibles. Si le connexionnisme peut être de quelque valeur dans ce domaine, c'est en ce qu'il rappelle qu'une représentation adéquate de la connaissance doit être vue comme un système dynamique (Smolensky, 1988).

Plus profondément encore, une représentation comme espace catégoriel devient ainsi la trace de la dynamique de ce que certains ont appelé une grammaire cognitive. Dans cette perspective, comme l'a souligné à plusieurs reprises Vignaux (1990), une représentation ne porte pas avant tout sur des objets, des personnes ou des événements. Les représentations ne sont pas des photographies d'un monde en soi. Elles sont plutôt les traces de l'activité d'un agent cognitif qui structure sa relation au monde. Plus spécifiquement encore, pour Vignaux, elles sont les marques d'au moins trois grandes types d'opérations qu'un agent cognitif effectue, à savoir : a) une opération d'identification et de différenciation ; b) une opération de stabilisation/déstabilisation et une opération d'appropriation. Ce sont ces opérations qui dans l'acte cognitif laissent leurs traces dans cet espace catégoriel et qu'une représentation doit exprimer.

Jean-Guy MEUNIER  
Université du Québec à Montréal

### *Bibliographie*

- Anderson, J. R. (1976), *Language, Memory and Thought*, New York, John Wiley & Sons.
- Anderson, J. R., Bower, G. H. (19XX), *Human Associative Memory*, Washington, Winstons & Sons.
- Bobrow, D., Winograd, T. (1977), «An Overview of KRL», *Cognitive Science*, vol. 3, n° 1, p. 3-45.
- Brachman, R. (1979), *On the Epistemological Status of Semantic Networks*, New York, Academic Press.
- Brachman, R. J., Schmolze, J. (1980), «An Overview of the KL one Knowledge representations system», *Cogni Science*, vol. 9, pp. 171-216,

- Brachman, R., Fikes, R., Levesque, H. (1985), «KRYPTON: A Functional Approach to Knowledge Representation», *IEEE Computation*, 1983, vol. 16, n° 10, pp. 67-73. Paru à nouveau dans Brachman R., Levesque, H. (dir.) (1985), *Readings in Knowledge Representations*, Los Altos, Morgan Kaufman.
- Brachman, R. J. (1977), «What's in a Concept: Structural Foundation for Semantic Networks», *International Journal of Man Machine Studies*, vol. 9, n° 2, mars, pp. 127-152.
- Bresnan, J. (1982), *The Mental Representation of Grammatical Relations*, Cambridge, MIT Press.
- Carbonnel, J. R., Collins, A. M. (1974), «Natural Semantics in Artificial Intelligence», *American Computational Linguistics*, vol. 3, n° 1.
- Desclés, J.-P. (1987), «Réseaux sémantiques : la nature logique et linguistique des relateurs», *Langages*, vol. 87.
- Fodor, J. A. (1976), *The Language of Thought*, New York, Crowell.
- Fodor, J. A. (1987), *Psychosemantics*, Cambridge, MIT Press.
- Gazdar, G., Klein, E., Pullum, G., Sag, I. (1985), *Generalized Phrase Structure Grammar*, Cambridge, Harvard University Press.
- Haugeland, J. (1986), *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge, Mass., Bradford Books, MIT Press.
- Hayes, P. J. (1980). «The Logic of Frames», in D. Metzger (dir.), *Frame Conceptions and Text Understanding*, Berlin, New York, Walter de Gruyter.
- Hendrix, G. (1977), «Human Engineering for Applied Natural Language Processing», *IJCAI*, vol. 5.
- Hynoven, A. (1986), «Applying a Logical Interpretation of Semantic Nets and Graph to Natural Language Parsing and Understanding», *Synthese*, vol. 66, janvier, pp. 177-190.
- Israel, D. J. (1983), «Interpreting Network Formalism», *Computer Mathematical Application*, vol. 9, n° 1, pp. 1-13.
- Jackendoff, R. (1983), *Semantics and Cognition*. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1988), *The Computer and the Mind*, Cambridge, Harvard University Press.
- Lambek, J. (1958), «The Mathematics of Sentence Structure», *American Mathematical Monthly*, vol. 65, pp. 154-165.
- Lambek, J. (1989), «Grammar as Mathematics», *Canadian Mathematical Bulletin*, vol. 32, n° 3, pp. 257-273.
- Levesque, H. J. (1984), «Foundations of a Functional Approach to Knowledge Representation», *Artificial Intelligence*, vol. 23, pp. 155-212.
- Maida, A. S., Shapiro, S. C. (1982), «Intensional Concepts in Propositional Semantic Networks», *Cognitive Science*, vol. 6, pp. 291-330.
- Marty, R. (1990), *L'Algèbre des signes*, Amsterdam, Benjamins, B. V.

- McDermott, D. (1987), «A Critique of Pure Reason», *Computational Intelligence*, vol. 3.
- Minsky, Marvin, Papert, Seymour (1973), *Artificial Intelligence. Condon Lectures*, Oregon State System of Higher Education, Eugene Oregon.
- Montague, R. (1972), *Formal Philosophy. Selected Papers of Richard Montague*, New Haven, Yale University Press.
- Mylopoulos, J., Delgrande, J. P. (1986), «Knowledge Representation Features of Knowledge», in W. Bibel et P. Jorrand (dir.), *Fundamentals of Artificial Intelligence*, Berlin, New York, Springer Verlag.
- Newell, A., Simon, H. (1976), «Symbol Manipulation», in *Encyclopedia of Computer Science*, New York, Petrocelli/Charter.
- Newell, Allen (1973), *Production Systems: Models of Control Structures*, in W. G. Chase (dir.) *Visual Information Processing*, New York, Academic Press, pp. 463-526
- Pollock, J. L. (1989), «Philosophy and Artificial Intelligence», *Philosophical Perspectives*, vol. 4.
- Putnam, H. (1975), *Mind, Language and Reality - Philosophical Papers*, Cambridge : Cambridge University Press.
- Pylyshyn, Z. W. (1986), *Computation and Cognition. Towards a Foundation for Cognitive Science*, Cambridge, MIT Press.
- Quine, W. O. (1960), *Word and Object*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Rastier, F. (1987), «Représentation du contenu lexical et formalisme de l'intelligence artificielle», *Langages*, vol. 87.
- Rumelhart, D. E. (1975) «Notes on a Schema for Stories», in D. G. Bobrow et A Collins (dir.), *Representation and Understanding*, New York, Academic Press, pp. 211-236.
- Schank, R. C. (1972), «Conceptual Dependency: A Theory of Natural Language Understanding», *Cognitive Psychology*, vol. 3, pp. 552-631.
- Schubert, L. K. (1975), «Extending the Expressive Power of Semantic Networks», *Advanced Papers of the 4th International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Schubert, L. K., Goebels, R. G., Cercone, N. J. (1979), «The Structure and Organization of a Semantic Net for Comprehension and Inference», *Representation and Use of Knowledge by Computers*, L. K. Schubert et N. Cercone (dir.), New York, Academic Press, p. 121-175.
- Searle, J., Vanderveken, D. (1985), *Foundations of Illocutionary Logic*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Shapiro, S. C. (1979). «The Snep Semantic Network Processing System» in N. Findler (dir.), *Associative Networks: Representation and Use of Knowledge by Computers*, New York, Academic Press.

- Shaumyan, S. (1987), *A Semiotic Theory of Language*, Bloomington, Indianapolis, Indiana University Press.
- Simmons, R. F. (1973), «Semantic Networks: Their Computation and Use for Understanding English Sentences», in R. S. Colby (dir.), *Computers Models of Thought and Language*, San Francisco, Freeman.
- Smith, P. (1982), *The Philosophy of Mind*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Smolenky, P. (1988), «On the Proper Treatment of Connectionism», *The Behavioural and Brain Sciences*, vol. II, pp. 1-74.
- Sowa, J. W. (1984), *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*, Reading, Addison Wesley.
- Tesnière, L. (1969), *Éléments de syntaxe structurale*, Paris, Klincksieck.
- Vignaux, G. (1991), A Cognitive Model of Argumentation. *Proceedings of the Second International Conference on Argumentation*, SICSAT, Amsterdam, pp. 303-310.
- Wilks, Y. (1975), *Primitives and Words. Advanced papers of Theoretical Issues in Natural Language Processing Workshop*, pp. 34-37.
- Wille, R. (1982), «Restructuring Lattice Theory: An Approach Based on Hierarchies of Concepts», in E. Rival (dir.), *Ordered Sets*, Dordrecht, Reidel.
- Winograd, T., Bobrow, D. (1977), «KRL — An Overview of a Knowledge Representation Language», *Cognitive Science*, vol. 1, n° 1, pp. 3-46.
- Woods, W. A. (1986), «Important Issues in Knowledge Representation», *Proceedings of the IEEE*, vol. 74, n° 10, octobre.