

Réflexions sur la représentation des connaissances

Louis-Claude Paquin

Le présent texte reflète l'état préliminaire d'une réflexion de nature fondamentale sur une pratique de plus de cinq années dans la mise au point de systèmes experts. Il ne faut donc pas attendre un discours aux assises solides, mais plutôt le témoignage d'un cheminement en train de se faire.

On a beaucoup parlé des systèmes experts (SE) : d'abord dans le cadre des recherches en intelligence artificielle puis, par la suite, en tant que technologie informatique autonome.

Le concept de SE origine des recherches en intelligence artificielle dont le but était, rappelons-le, la simulation de l'intelligence humaine. Plus particulièrement, les SE avaient pour but de simuler le comportement expert des humains lorsqu'ils résolvent des problèmes, d'où leur appellation. Ce comportement expert était alors assimilé à un raisonnement.

En quête de modèle pour implanter un processus de raisonnement dans un ordinateur, les chercheurs se sont tournés vers la démonstration de théorème en tout premier lieu. Démontrer un théorème consiste à découvrir une suite de transformations légales étant donné un ensemble de règles, les axiomes de la géométrie par exemple, pour passer des termes d'un problème à sa solution. La stratégie déployée consiste considérer une à une les solutions possibles et de tenter de prouver qu'il s'agit de la bonne solution en lui faisant subir la suite des transformations à rebours. C'est ce qui explique que les premiers moteurs d'inférences effectuaient un «chaînage arrière». Cette stratégie est aussi à la base du langage *Prolog*.

Par ailleurs, depuis la Renaissance le raisonnement était de plus en plus conçu comme un calcul sur des symboles¹. Par calcul, il faut entendre ici une manipulation réglée de symboles. Le système de règles qui s'applique aux symboles est celui de la logique. La logique permet, entre autres choses, d'associer entre eux des symboles tout en maintenant leur valeur de vérité (le «modus ponens»). C'est ainsi que l'on peut formuler de façon autonome des règles et confier l'enchaînement des symboles à un mécanisme appliquant les principes de la logique. Ainsi, la validation d'une règle mettant en relation un symbole A avec un symbole B entraînera par la suite la validation d'une autre règle mettant en relation cette fois le symbole B avec un symbole C et ainsi de suite. Dans le cadre des SE, par analogie avec le modèle du raisonnement humain, l'association entre des symboles fut appelée «inférence», les symboles attestés sont appelés «faits», les règles sont appelées «règles d'inférences»; le mécanisme est quant à lui appelé «moteur d'inférences» et, enfin, un ensemble des règles destinées à accomplir un raisonnement donnée est appelé «base de connaissances».

¹ Pour une présentation détaillée voir le chapitre premier de J. Haugeland, *Artificial Intelligence The Very Idea*, 1985.

La technologie des systèmes experts a connu une grande popularité et ce en grande partie parce qu'elle permettait l'informatisation de domaines ou champs qui ne se prêtaient pas ou mal au développement de programmes conventionnels. Parmi les avantages souvent mentionnés, il y a la modularité du développement et des traitements qui permet un prototypage rapide et l'implantation d'algorithmes imparfaits.

Au fur et à mesure, plusieurs améliorations ont été apportées à la technologie des SE : le perfectionnement et l'optimisation du moteur d'inférences, la mise au point d'un filtrage approximatif, notamment au moyen du cumul d'indices de confiance lors de l'association des symboles. Malgré tout, certains grands projets de développement ont connu un succès mitigé et plusieurs firmes qui commercialisaient des générateurs de systèmes experts ont connu l'échec. La raison se trouve, à notre avis, du côté de la représentation des connaissances.

Il a été question plus haut du raisonnement comme manipulation de symboles à partir des lois de la logique. Un symbole pourrait être grossièrement défini comme une entité de relais, «quelque chose qui est pour quelque chose d'autre» que nous appellerons référent. Le recours aux symboles permet d'effectuer sur leurs référents des manipulations qui sont impossibles directement. Les symboles se distinguent des signes en ce que le rapport avec le référent est motivé dans le cas des premiers alors qu'il est totalement arbitraire dans le second cas. Cette motivation peut prendre différentes formes : l'expérience empirique, une déduction, un a-priori, etc. Toutefois dans le cadre des travaux en logique, les référents des symboles manipulés sont rarement pertinents, c'est pourquoi on se contente d'utiliser pour symbole des lettres de l'alphabet. Par contre, dans le cas des SE, les référents des symboles sont de toute première importance car il s'agit soit des faits de départ, les données du problème soumis ou encore la solution à ce dernier. C'est ainsi que l'on dira que ces symboles sont interprétés, non pas par l'ordinateur qui n'est capable que de manipulations syntaxiques selon un «programme» prévu à l'avance, mais par l'humain, l'utilisateur de l'ordinateur.

Dans le cas des SE, les référents des symboles sont d'un type très particulier : plutôt que de référer à des objets concrets, observables du monde, ils réfèrent à des connaissances utilisées dans le cours du raisonnement. Ces connaissances sont censées être les mêmes que celles qui sont mises en oeuvre par les experts pour résoudre des problèmes. Mais qu'est-ce donc que la connaissance ? Pourquoi est-ce si difficile à mettre en forme ou plutôt en symboles, alors qu'on y arrive à peu près bien pour l'information ?

La connaissance est relativement inconnue, les définitions que l'on retrouve dans les dictionnaires généraux, encyclopédiques ou consacrés à la philosophie² s'avèrent relativement insatisfaisantes en regard de la problématique de leur représentation pour une exploitation de type SE. En effet, ces définitions sont basées sur la relation qu'un sujet entretient avec un objet, alors que dans le cas qui nous occupe, il est présumé que la connaissance existe en dehors des sujets humains. Par ailleurs, les définitions

² S. Auroux, éd., *Les Notions philosophiques : dictionnaire*, 1990, pp. 419-423.

extensionnelles de la connaissance ne nous sont guère utiles : les connaissances soient de «sens commun» ou scientifique, nous n'en savons guère plus sur la nature de la connaissance en elle-même.

Ayant les SE en tête, nous proposons de la connaissance une définition structurelle : la connaissance est composée de concepts interreliés et de stratégies pour leur utilisation dans un contexte de tâche donné. Dans une telle perspective, les concepts sont les unités de base de la connaissance, arbitrairement délimitées en fonction du point de vue qui est porté sur l'objet ou la situation. Il faut cependant se garder de considérer les concepts comme des formes solides ayant des limites tangibles et concrètes. Les concepts sont plutôt à assimiler à des fluides car, pour un peu que les points de vue sont pluriels, les concepts débordent les uns sur les autres, s'amalgament, se modifient, etc.

Le passage des concepts en symboles s'effectue par un processus de représentation. Avant d'explorer la représentation des concepts en tant que tels, il nous apparaît opportun de décomposer le processus de représentation appliqué aux objets du monde que nous pouvons qualifier de concrets et, à ce titre, observables.

La représentation peut être entendue à la fois comme un processus et le résultat de ce processus; c'est du processus dont il sera ici question. D'une façon très générale mais suffisante pour notre propos, la représentation peut être définie comme une mise en correspondance entre des objets du monde avec un système de symboles. Ce processus est non seulement inscrit dans l'espace et le temps mais toujours accompli par un individu ou un groupe d'individus donnés en fonction d'objectifs déterminés qui leurs sont propres. La représentation implique donc une traversée des diverses strates de la subjectivité humaine. Voici, sans entrer dans le détail de leur influence sur la représentation, une liste partielle de strates de la subjectivité : l'intentionnalité, les croyances, l'inconscient, l'expérience, l'imaginaire, la culture, etc. En conséquence, plusieurs représentations peuvent être produites d'un même objet et l'évaluation de leur adéquation ne peut être effectuée sans prendre en compte les agents et les circonstances de leur production. De même, une représentation n'est jamais définitive. À des fins d'analyse, nous décomposons ce processus en deux opérations successives : l'abstraction et la transposition dans un formalisme.

Le monde dans sa globalité est inaccessible et échappe à toute appréhension rationnelle; une focalisation est nécessaire. Ainsi, on aborde le monde sous tel ou tel angle; à l'aide de telle ou telle discipline c'est-à-dire en découpant et en segmentant la globalité pour privilégier certains éléments. Abstraire c'est précisément isoler un élément (ou certains éléments) du monde pour le considérer à part alors qu'il n'est pas donné séparément dans la réalité. De plus, et toujours en fonction du projet individuel qui préside à la sélection de certains objets et du rejet de certains autres, seuls certains aspects des éléments sont considérés; ces aspects sont le fait de caractéristiques reçues ou découvertes. Ces caractéristiques permettent de regrouper certains objets et de distinguer ceux-ci des autres objets. L'abstraction procure une certaine généralité dans la mesure où les aspects dégagés sont commun à tous les objets en lesquels ils se réalisent, indépendamment des différences qui peuvent exister entre eux. Le degré d'abstraction est la mesure de cette généralité. Cependant, plus la généralité est grande moins l'abstraction est tangible

La deuxième opération de la représentation est la transposition du résultat de l'abstraction dans un système de symboles donné. Dans tous les cas, cette transposition implique l'introduction de contraintes et d'artifices propres au système de symboles retenu. Les systèmes de symboles sont multiples et très variés. Ceux qui nous intéressent sont les langages de représentation des connaissances, où les symboles sont structurés en arbres ou en réseaux, c'est-à-dire en graphes orientés et sont assujettis à la logique des propositions qui assure des raisonnements valides en préservant tout au long la vérité des énoncés de départ. Parmi les autres systèmes de symboles, il y a les mythes, les contes et les légendes; il y a aussi les arts plastiques, la littérature, etc.

Dans tous les cas représenter un objet consiste à schématiser les propriétés saillantes de cet objet extrait de son contexte à l'aide d'une notation. Voilà pour la représentation des objets concrets du monde. Maintenant voyons les deux grandes difficultés qu'engendre la représentation de connaissances, plus précisément de concepts : le double statut des concepts et leur accès indirect par le discours.

La première difficulté réside dans le double statut des concepts. D'une part, les concepts agissent comme filtres lors de l'appréhension du monde par le sujet. C'est en vertu de ses concepts que le sujet formule des attentes, qu'il découpe le monde. D'autre part, les concepts sont sans cesse construits et modifiés par les contextes des appréhensions successives du monde qu'ils permettent. Ces deux aspects des concepts assurent le développement intellectuel du sujet ainsi que son adaptation aux situations nouvelles.

La seconde difficulté concerne l'accès aux concepts qui n'est jamais direct, il implique toujours la médiation d'un discours, qu'il s'agisse de conversations ou de documents. Donc pour avoir accès aux concepts, il faut pratiquer l'interprétation, c'est-à-dire opérer la traversée des structures discursives : entre autres les structures linguistiques (morphologie, syntaxe), lexicale (le sens des mots), thématique (où l'on sépare ce de quoi l'on parle de ce qui en est dit), etc. Cette traversée nécessite la résolution de multiples ambiguïtés et surtout implique une bonne part de subjectivité (cf. supra). La pratique de l'interprétation met à jour les termes qui sont des instances particulières des concepts intégrées dans des énoncés. Pour arriver aux concepts, il faut amasser dans un corpus d'envergure suffisamment d'occurrences de termes, puis procéder à leur décontextualisation en ne concernant que les déterminations qui tiendront lieu de caractéristiques. Le résultat de cette opération est une liste de termes où chacun est accompagné des différentes déterminations. L'étape suivante consiste à regrouper et à classer les déterminations de façon à obtenir pour chacun des termes un ensemble de caractéristiques.

Par ailleurs, comme le propose Michel Foucault, le discours est non seulement le lieu de transmission des connaissances, il est aussi le lieu de leur élaboration. Ce dernier définit le savoir comme un "ensemble d'éléments, formés de manière régulière par une pratique discursive"³. Cette définition contient deux idées cardinales : celle de régularité et celle de pratique discursive. Les éléments d'un savoir sont différents et variés, mais dotés d'une

³ M. Foucault, *L'Archéologie du savoir*, Éditions Gallimard, 1969, p. 238.

stabilité qui rend possible la tenue d'activités symboliques, tels le raisonnement (par l'humain ou le système expert), l'argumentation, la démonstration, etc. Cette stabilité n'est pas le fait des concepts qui ne sont que des constructions, mais de la pratique discursive "où entre les objets, les types d'énonciation, les concepts, les choix thématiques on pourrait définir une régularité (un ordre, des corrélations, des positions et des fonctionnements, des transformations)"⁴.

L'expressivité des langages de représentation des connaissances qui dictent la forme ou plutôt la morphologie des symboles et dans lesquels l'abstraction des concepts sera transposée est généralement pauvre quand on la compare à l'expressivité de ce qu'il est convenu d'appeler la langue naturelle. En effet, si ces langages sont performants lorsqu'il s'agit d'exprimer la structure des concepts, c'est-à-dire l'ensemble de ses caractéristiques jugées pertinentes - et encore faut-il que les caractéristiques appartiennent toutes à la même dimension -, il n'en va pas de même pour exprimer ni la temporalité, ni les modalités de ces concepts. Cette pauvreté de l'expressivité constitue toutefois le prix à payer pour que les symboles soient inscrites dans chaînes inférentielles régies par la logique des propositions.

Plusieurs palliatifs à la pauvreté d'expression des langages de représentation de la connaissance ont été proposés. Cependant, plutôt que de chercher à améliorer la construction des concepts à partir du discours, on a cherché à améliorer la logique, c'est ainsi qu'on a eu recours à différents types de logiques, temporelle, modales, déontiques, etc. La principale caractéristique de ces logiques «améliorées» est que certains opérateurs se voient sémantisés. En exprimant la nécessité, l'obligation, etc., les logiques dont le rôle consiste à régir l'assemblage des symboles, peuvent introduire des interférences ou des contresens dans l'expression. Quant à nous, nous préconisons la modélisation comme phase intermédiaire entre l'abstraction et la formalisation.

C'est ainsi que nous avons utilisé un langage de représentation des connaissances que l'on pourrait qualifier de «simple» : une structuration régulière des symboles en «objets valués» et la logique des propositions pour leur enchaînement en un raisonnement. Les symboles sont désignés par un descripteur auquel sont rattachées des caractéristiques ou traits. Pour chacune des caractéristiques un domaine de valeur est déterminé, soit une liste fermée d'identificateurs ou une contrainte du type nombre entier appartenant à un intervalle quelconque, une date, etc. Il est à noter que dans le langage retenu les valeurs ne sont pas déterminées par des procédures et que les objets ne sont pas liés entre eux autrement que par les règles de production de façon à permettre une transmission de type «héritage» entre les différents objets.

L'étape de modélisation a pour but de résoudre les problèmes de segmentation des concepts et le problème de leur granulométrie indépendamment (le plus possible) des contraintes imposées par le langage de représentation des connaissances. Ainsi, la même modélisation d'un domaine pourrait être convertie en prédicats à l'intérieur d'une logique du second ordre, en réseaux sémantiques ou en objets valués. Par contre, la modélisation peut et doit varier

⁴ M. Foucault, *op. cit.*, p. 53.

selon les objectifs et la subjectivité (cf. supra) des agents. Opérer directement une formalisation dans les termes des langages de représentation des connaissances amène à considérer le raisonnement comme des agrégats de concepts entretenant des relations selon une structure conditionnelle finie alors que le raisonnement doit plutôt être conçu comme un processus impliquant l'interdépendance de concepts et de personnes dans des conjonctures données.

On ne doit pas chercher de représentations universelles. Les prétentions à l'universalisme dans les représentations sont toujours des tentatives de coups de force de la part de groupes d'intérêts ou encore le fruit d'abstractions d'un ordre tellement haut que l'on ne peut plus rien dire d'un individu, objet ou concept donné. La modélisation est donc conçue ici comme un processus interactionnel qui vise à dépasser la subjectivité des individus humains. C'est pourquoi nous préconisons une modélisation par équipe mixte qui comporte plus des «ingénieurs de la connaissance» et des «experts de domaine» qui sont garants de l'adéquation du modèle produit avec le domaine de réalité que l'on cherche à représenter.

Nous déplorons en terminant l'absence de formalisme adapté au contexte de la représentation des connaissances qui permettrait d'exprimer et de communiquer les modélisations. Bien que le modèle «entité-relation» ait été déclaré trop pauvre⁵, les propositions de remplacement sont peu nombreuses, mais nécessaires.

⁵ *Actes du colloque Représentation du réel et informatisation*; 26 et 27 mai 1988 tenu à Saint Etienne (France).