

L'intelligence artificielle

Dans l'article qui suit, B. Meltzer, qui a travaillé sur un projet d'intelligence artificielle, présente quelques réflexions sur la similitude qu'on peut observer entre les processus cognitifs caractéristiques de l'esprit humain et les possibilités de l'ordinateur. Tout programme est en effet caractérisé par un certain degré de « savoir », dans la mesure où il rassemble une plus ou moins grande quantité de « cognitions » (connaissances) articulées, en fonction de la complexité des opérations qu'il doit exécuter.

L'énorme puissance de calcul de la dernière génération d'ordinateurs a permis de mettre au point des programmes extrêmement complexes et de plus en plus « cognitifs ».

On parle même d'**intelligence artificielle** pour les plus performants.

En intégrant son savoir dans ses programmes (rappelons que le savoir n'est pas seulement la possession de connaissances mais aussi la maîtrise du raisonnement), le programmeur y transfère, sous une représentation symbolique, une part de plus en plus importante de sa pensée.

En d'autres termes, on retrouve, dans les programmes, le matériel de la **psychologie cognitive**, sous une forme plus ou moins explicite.

Nombreux sont les psychologues, philosophes et autres chercheurs qui soutiennent aujourd'hui que, pour toute une série de raisons, il est impossible que des programmes informatiques représentent des structures mentales comparables à celles de l'esprit humain.

Je voudrais contredire ici quelques-unes de leurs objections.

Celle que l'on entend le plus fréquemment est que le fonctionnement du cerveau humain repose sur un support biologique de neurones qui n'ont rien à voir avec les transistors, les microcircuits, les films magnétiques ou autres éléments de l'ordinateur, et que, de ce fait, ses processus cognitifs ne peuvent qu'être totalement différents de ceux des ordinateurs.

Or, il me semble que bien peu d'informaticiens sont sensibles à cet argument dans la mesure où il est évident qu'un même pro-

gramme tournant sur deux machines de structure différente effectue pourtant la même tâche de façon comparable.

On se heurte souvent à une autre objection concernant les logiciels proprement dits. Elle se fonde sur l'idée que les programmes cognitifs utilisent la vitesse de calcul de l'ordinateur et non l'intuition, l'imagination et l'inspiration qui sont celles du cerveau humain. Or, les exemples qui suivent sont la preuve éclatante que cette opinion est très éloignée de la réalité.

Il existe une profusion de programmes de jeux qui permettent aux hommes de se mesurer, avec plus ou moins de succès, à l'ordinateur. C'est ainsi qu'aux Etats-Unis, le tournoi d'échecs open du Minnesota a été remporté par le programme 4.5 mis au point par Slate et Atkin. Les programmes de jeu d'échecs les plus performants ne pratiquent pas l'analyse systématique de toutes les combinaisons possibles. Ils étudient, au contraire, certains enchaînements de coups, exactement comme le feraient des joueurs, chevronnés ou non.

Toutefois, l'exemple du backgammon (ou jacquet) est peut-être plus intéressant. En juillet 1979, à Montecarlo, l'italien Luigi Villa, champion du monde de backgammon, fut battu 7 contre 1 par le programme d'Hans Berliner, BKG 9.8 (Backgammon 9.8). Chercheur en intelligence artificielle à la Carnegie-Mellon University de Pittsburg, Berliner avait rédigé ce programme en développant ingénieusement le principe de l'un des premiers jeux informatisés, le jeu d'échecs de Samuel : les coups sont décidés au terme d'une analyse globale de la situation, à partir d'un nombre restreint d'éléments caractéristiques du jeu. Berliner a étudié le déroulement de son programme avec Villa et en a tiré les conclusions suivantes : « BKG 9.8 a incontestablement bien joué. La technique de Villa a été irréprochable pendant presque toute la partie alors que 8 fois sur 73, le programme n'a pas trouvé la meilleure réplique. BKG 9.8 n'a d'ailleurs été mis en difficulté que par l'une de ces erreurs, et, surtout, il s'est montré particulièrement brillant quand il s'est agi de faire preuve d'imagination. Et pourtant, sans même savoir ce que sont pions blancs et pions noirs, on aurait sans doute attribué à l'homme le jeu le plus sophistiqué par rapport à la machine ».

S'il est vrai que le langage est la « fenêtre de

l'esprit », de nombreux chercheurs ont tenté de mettre au point des programmes pour essayer de faire comprendre, traduire et résumer des textes en langage naturel par l'ordinateur. Voici un exemple qui permet d'apprécier les résultats obtenus jusqu'ici. Il s'agit d'un programme qui déchiffre les articles d'un journal, retient ce qui l'intéresse et rédige un bref résumé des faits dans la langue désirée (anglais, russe ou espagnol, par exemple). Baptisé FRUMP (Fast Reading and Understanding Memory Program), ce programme a été conçu par l'unité de recherche sur la compréhension du langage naturel dirigée par Roger Schank à la Yale University.

L'article suivant, extrait d'un quotidien américain, a été communiqué à FRUMP : « Un violent tremblement de terre a secoué hier soir l'Italie septentrionale, détruisant des quartiers entiers de villes situées au nord-est de Venise, non loin de la frontière yougoslave ; d'après un communiqué du ministère de l'Intérieur italien, on compte au moins 95 morts et 1 000 blessés. Selon un porte-parole du gouvernement, on craint qu'il n'y ait au moins 200 morts enterrés sous les décombres, dans la seule ville d'Udine. Située sur le trajet de la principale liaison ferroviaire Rome-Vienne, la population de cette ville est de 90 000 habitants environ. Selon les gendarmes italiens, de graves dégâts se seraient produits dans une demi-douzaine de villes situées au pied des Alpes et des familles entières seraient ensevelies sous leurs maisons écroulées.

Dans de nombreuses localités, les communications n'ont pas encore pu être rétablies. L'intensité du séisme était de 6,3 sur l'échelle de Richter. Dans les régions habitées, une secousse de force 4 provoque généralement des dégâts modérés. La force 6 correspond à un grave séisme et 7 à une véritable catastrophe naturelle ».

Voici le résumé que FRUMP a été capable de rédiger : « 95 personnes tuées et 1 000 blessées dans un tremblement de terre qui a frappé l'Italie. La secousse enregistrée est de force 6.3 sur l'échelle de Richter ».

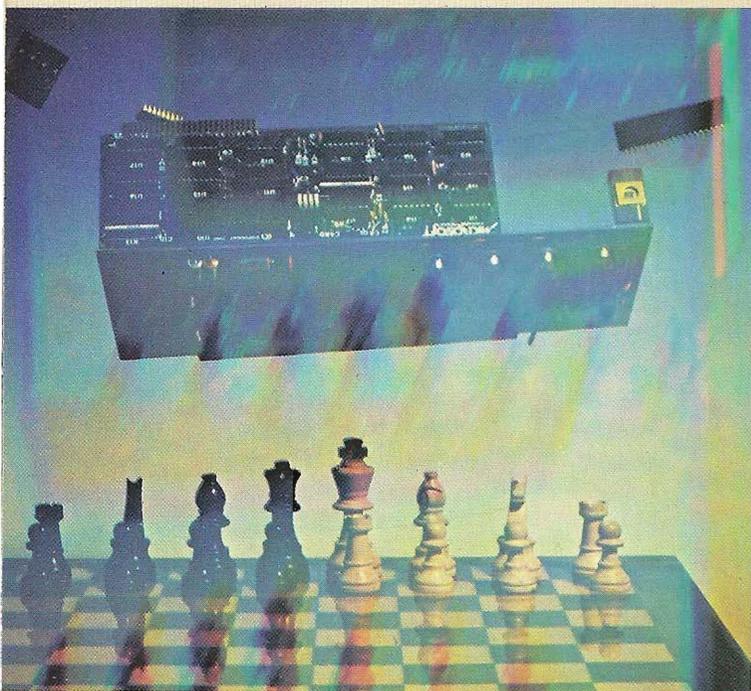
L'équipe de Schank construit ses programmes autour de notions de la vie quotidienne. Nous allons maintenant parler d'un programme qui, au contraire, met en œuvre des concepts mathématiques et en découvre de nouveaux, sur lesquels il construit des « rai-

sonnements » plus ou moins pertinents. Ce programme, appelé AM, a été écrit par un jeune américain, Douglas Lenat, qui l'a présenté lors de sa thèse soutenue en 1976 à l'Université de Stanford. Lenat s'est surtout attaché à rechercher des concepts et des modèles mathématiques dignes d'intérêt. En effet, AM n'est pas conçu pour démontrer des théorèmes, mais pour exécuter une série de tâches par ordre d'intérêt, en les abandonnant dès que la puissance de calcul requise se révèle insuffisante.

AM ne « connaissait » pas les notions de base sur les entiers naturels ; il a pourtant redécouvert tout seul de nombreux concepts, même si les notions de fractions et de nombres réels lui ont échappé.

Au départ, la base des connaissances d'AM se composait environ de 100 concepts et de 250 règles heuristiques qui lui permettaient de déterminer la démarche à entreprendre, en fonction du contexte. Elle incluait notamment les notions d'ensemble, de liste (AM est rédigé dans le langage LISP, particulièrement adapté au traitement des listes), de table de vérité, de relations d'appartenance et d'égalité, d'intersection, d'inversion et de composition. Lenat s'appuyait sur les travaux de psychologie infantile de Piaget et de Copeland pour affirmer que ce « savoir » de base correspondait aux connaissances d'un enfant de quatre ans. On peut discuter cette idée ; toujours est-il que le programme trouva rapidement, de façon empirique, qu'il n'existe pas de nombre sans diviseur et qu'un seul n'en possède qu'un. Il découvrit également que certains nombres n'admettent que deux diviseurs, eux-mêmes et l'unité. Il ajouta ainsi à sa base de départ un nouveau concept, celui de nombre premier.

Il faut également signaler que les recherches d'AM aboutirent à la découverte d'un nouveau concept dans la théorie des nombres, inconnu de Lenat lui-même mais qu'un jeune Indien de génie nommé Ramajuan avait étudié au début du siècle. AM découvrit les « nombres les plus composés », qui sont en quelque sorte le contraire des nombres premiers, puisqu'ils admettent plus de diviseurs que les nombres qui leur sont inférieurs. Les premiers nombres de ce type sont 1 qui a un diviseur, 2 qui en a deux, 4 et 6 qui sont respectivement les plus petits nombres à avoir



Maffio Falcioni

Les programmes de jeux d'échecs sont parmi les applications les plus révélatrices de l'intelligence de l'ordinateur.

trois et quatre diviseurs, et ainsi de suite. En outre, AM parvint à redémontrer le théorème de la décomposition unique selon lequel tout entier naturel non premier se décompose de façon unique en un produit de facteurs premiers. Enfin, il découvrit l'énoncé de Goldbach qui dit que tout nombre pair est la somme de deux nombres premiers, et que l'on n'a pas encore pu démontrer.

A côté de ces succès remarquables, AM a essuyé des échecs qui sont tout aussi intéressants. J'ai déjà mentionné le fait qu'il fut incapable de découvrir les fractions. Il ne fit pas non plus de grands progrès dans la théorie des ensembles, excepté la découverte des relations les plus simples comme les lois de De Morgan. Il suivit souvent de mauvaises pistes en s'attardant, par exemple, sur l'idée de nombres décomposables de façon unique en une somme de deux nombres premiers. Lenat estimait dans sa thèse que 25 des concepts découverts par AM étaient justes («bons»), 100 acceptables et les 60 autres erronés («mauvais»).

Ces trois programmes (jeu de backgammon, compréhension du langage naturel et décou-

verte de propriétés mathématiques) ne sont que trois exemples assez récents de ce qu'on peut faire avec un ordinateur. Je les ai présentés pour étayer mon affirmation selon laquelle les procédures mises en œuvre dans les programmes les plus évolués ne sont pas purement «mécaniques», au mauvais sens du terme, mais reproduisent, dans une certaine mesure, les qualités de créativité, d'intuition et d'intelligence caractéristiques de l'esprit humain. On trouverait sans peine d'autres exemples tout aussi convaincants dans les domaines du diagnostic médical, de la perception visuelle, des tests de QI, etc.

L'informatique nous a habitués à utiliser des langages dont le but n'est pas de communiquer des informations mais de les représenter et de les traiter. C'est le cas des langages d'assemblage et des langages machine. D'après une analyse audacieuse proposée il y a peu de temps par le philosophe Aaron Sloman, ce serait même là la fonction première du langage, la fonction de communication n'étant qu'un « sous-produit ». Cela revient à dire que les premiers hommes auraient déjà possédé des langages « intérieurs » de communication et de représentation, qui auraient évolué en signes vocaux et imagés.

Pourquoi alors – si l'on admet l'existence de langages intérieurs se réduisant à une activité neuronique – ne pas établir une nette distinction entre ces langages intérieurs et les langages que nous parlons, comme le français ou l'anglais, et que j'appellerai, pour l'instant, les langages « extérieurs » ? Je crois cependant que le problème gagne en clarté à être abordé comme un seul phénomène.

Le processus de l'apprentissage humain – notamment lorsqu'il implique le maniement de symboles assez formels – constitue un solide argument en faveur d'une étroite continuité entre les deux types de langage. Prenons l'exemple des changements qui interviennent chez les enfants quand ils commencent à apprendre l'arithmétique. Lorsque leur maître leur explique l'addition pour la première fois, ils l'exécutent en suivant ses indications et en utilisant consciemment des mots et des phrases du langage naturel comme « je retiens » ou « 3 plus 3 égal 6 ». Mais quand ils savent faire les additions, ils les effectuent automatiquement, sans réfléchir, et il ne subsiste pratiquement plus rien dans

leur conscience. Pourtant, même au stade inconscient, il est évident que cette activité implique toujours une élaboration symbolique : simplement celle-ci passe désormais par le langage intérieur.

Il faut souligner combien la transition entre les deux langages se fait aisément et « naturellement ». Ainsi, face à une addition particulièrement longue et difficile, il nous arrive, alors même que nous avons bien intégré les mécanismes de calcul, d'effectuer la transition inverse et de revenir au langage extérieur en nous disant clairement : « il ne faut pas que j'oublie d'ajouter la retenue au total de cette colonne ».

Cela m'amène à formuler l'hypothèse suivante : « les processus mentaux de tout système biologique ne sont que des transformations qui s'opèrent au sein du langage propre à ce système, langage qui peut être sollicité à n'importe quel niveau ».

Cette notion de niveau nous est familière pour ce qui est des systèmes de traitement de l'information. Un programme source écrit dans un langage évolué ne peut être exécuté qu'après avoir été traduit d'abord en langage d'assemblage, puis en langage machine. Cette structure hiérarchisée constitue le schéma normal d'exécution des programmes. Toutefois, des variations peuvent modifier ce schéma.

Ainsi, sur certains systèmes, on a la possibilité d'insérer des passages en langage machine dans un programme écrit en langage évolué, afin de le rendre plus performant. A partir du moment où l'on fait ce genre de choses, la notion des différents niveaux de langage de la machine commence à s'estomper et il vaut mieux alors considérer que le programme est écrit dans un unique langage, constitué du langage source, de l'assembleur, du code machine ainsi que de toutes leurs variantes. On peut faire un rapprochement entre ce langage et le langage unique que j'ai imaginé pour les êtres vivants.

J'ai évoqué les différents « niveaux » de mise en œuvre de ce système linguistique complexe : il faut bien trouver une explication au fait que nous puissions imaginer des objets sans les voir, rien qu'en les entendant nommer. Cela devient possible si l'on admet que le fonctionnement de nos différentes facultés cognitives repose sur un langage commun et

qu'on peut donc accéder aux mêmes représentations en empruntant différents parcours linguistiques.

La poésie constitue un cas particulièrement intéressant car, tout en utilisant exclusivement le langage naturel, elle semble chercher à atteindre des couches plus profondes de la partie intérieure du langage. Elle éveille des résonances que l'usage « normal » du langage ne semble pas en mesure de susciter. Selon moi, la poésie s'emploie à recréer, à refléter et à représenter, par le langage naturel, des aspects extrêmement signifiants de notre langage intérieur.

La musique n'utilise pas non plus le discours habituel. Elle n'agit pas par son canal mais s'adresse plus directement à notre langage intérieur, ce qui lui confère une puissance d'évocation plus forte.

Si l'on considère les arts figuratifs, mon hypothèse semble impliquer que nos ancêtres reproduisirent sur les parois de leurs cavernes certains éléments de leur représentation intérieure de l'univers. Peut-être est-ce là ce qu'ont fait, après eux, tous les artistes ? A cet égard, il est révélateur que, dans ses travaux sur les modèles mathématiques de la perception visuelle des objets, Davis Marr ait défini, parmi les différents stades d'élaboration, celui des « stick figures », dont il désigne le graphisme caractéristique de l'une des périodes de Picasso.

Si, comme nous l'avons vu, les méthodes employées en intelligence artificielle sont bien adaptées à la représentation d'objectifs, de suppositions et d'interprétations, il ne devrait pas être très difficile de reconstituer des modèles satisfaisants pour les émotions. Le travail de pionnier entrepris par Freud sur les processus inconscients qui interviennent dans les rêves, les mots d'esprit et les lapsus ne semble pas avoir eu les répercussions scientifiques qu'on aurait pu attendre.

Les transformations qui interviennent dans les rêves ou dans les jeux de mots pourraient trouver une place, sous une formulation tout à fait rigoureuse, au sein des transformations informatiques déjà connues telles que l'interprétation ou la compilation. On devrait alors pouvoir écrire sans trop de peine un programme qui, à partir d'une certaine somme de connaissances, saurait nous raconter des histoires drôles avec beaucoup d'humour.