

L'INTELLIGENCE

Une machine peut-elle être intelligente ? Sans attendre que les philosophes répondent à cette question métaphysique, les savants, plus terre à terre, tentent de faire remplir aux ordinateurs des tâches réputées « intelligentes » : jouer aux échecs, démontrer des théorèmes de mathématiques ou même tenir une conversation « sensée ». Si ce n'est pas encore de l'« intelligence », cela commence à y ressembler.

● Depuis des siècles, le mythe de la machine intelligente a nourri toute une littérature, de qualité variable, et l'essor de la science-fiction moderne lui a redonné vie. L'apparition des ordinateurs, vers 1950, a d'ailleurs montré que bien des gens sont prêts à y croire, pour s'en réjouir ou s'en effrayer : en 1952, sur la foi d'une dépêche d'agence mal vérifiée, le grand magazine américain « Life » voulut sérieusement monter un match d'Échecs entre le comique Jerry Lewis et une machine appelée CRC 102, au grand embarras des constructeurs de cette dernière, qui invoquèrent des « secrets militaires » pour échapper à la honte. Peu de savants, à l'époque, avaient en effet la moindre idée sur la manière de seulement concevoir un programme joueur d'Échecs !

Quinze ans plus tard, en 1968, le célèbre film de Stanley Kubrick et Arthur Clarke « 2001, a space odyssey », mettait en scène un ordinateur redoutablement intelligent, baptisé « HAL 9000 »⁽¹⁾ ; HAL parlait, voyait, lisait sur les lèvres, jouait aux Échecs, et même était atteint d'une névrose qui obligeait un astronaute à le déconnecter. La « mort » de la machine était une des scènes les plus poignantes du film. Mais déjà, les ordinateurs s'étaient répandus, dans les

banques, les administrations, les grandes entreprises et le grand public n'y vit que du « cinéma ». Quand on reçoit ses factures d'électricité ou son relevé de compte bancaire imprimés par ordinateur, la machine apparaît comme un simple outil de gestion, qui n'a pas plus de personnalité qu'une photocopieuse, et certainement beaucoup moins qu'une automobile !

Il faut dire aussi qu'après avoir fait naître des espoirs vite déçus, les programmes « intelligents » n'avaient plus guère de crédit, il y a dix ans : programmes joueurs d'Échecs, traducteurs automatiques, robots industriels étaient de piètre niveau. L'informatique « ordinaire » entrainait dans les mœurs, non sans susciter des remous sociaux, mais c'est le propre de toute révolution industrielle.

Voici qu'aujourd'hui, la scène change : lentement, mais sûrement, un programme d'Échecs gagne un tournoi américain (championnat open du Minnesota), des théorèmes de mathématiques sont démontrés par ordinateur, des médecins étudient la paranoïa d'un ordinateur, des machines « voient » comment résoudre des problèmes de construction, des robots transportent des objets, montent en série des automobiles et vont recharger tout seuls leurs batteries quand ils ont « faim ».

L'« intelligence artificielle » est de nouveau à l'ordre du jour. Mais comment une machine peut-elle être intelligente ? Et même est-ce possible ?

Il n'y a pas de bonne définition de l'Intelli-

(1) Des petits malins remarquèrent vite que « HAL » décalé d'une lettre dans l'ordre alphabétique s'écrit « IBM » ! A. Clarke le scénariste principal s'est toujours défendu d'avoir eu une quelconque intention de mettre en cause la célèbre firme d'ordinateurs.

ARTIFICIELLE

gence Artificielle. Marvin Minsky, l'un de ses grands spécialistes, a dit que c'était « la science de faire faire à des machines des choses qui, faites par des hommes, demandent de l'intelligence ». Ce qui supposerait qu'on s'accorde sur ce qu'est l'intelligence humaine... Ainsi, le calcul d'une facture d'électricité, par un homme, suppose déjà une certaine intelligence. Accompli par une machine, personne ne le classe dans le grand catalogue des techniques de l'intelligence artificielle. Sans doute parce qu'on ressent confusément qu'il suffit d'« expliquer » à la machine la méthode, toute mécanique et universelle, justement, appliquée par les services d'EDF.

Par contre, jouer aux Echecs, aux Dames, au Go, ou à tout autre jeu humain de longue tradition, est considéré comme une preuve sérieuse d'intelligence. Demander à un ordinateur de démontrer que les angles à la base d'un triangle isocèle sont égaux, et obtenir de lui qu'il le fasse est déjà une façon d'admettre qu'il s'agit bien là d'une activité intelligente.

Comme la démonstration de théorèmes, le jeu d'Echecs entre dans une vaste catégorie de l'Intelligence Artificielle que l'on appelle la « résolution de problèmes ». Ce qui les différencie du calcul du montant d'une facture, c'est que, comme chacun sait, il n'y a pas de moyen mécanique (les spécialistes parlent d'« algorithme ») permettant simplement, sans réfléchir, d'aboutir au résultat cherché. En effet, la première idée qui vient à l'esprit, c'est d'utiliser la « force brute » de l'ordinateur : une machine qui effectue 10 millions d'opérations, même élémentaires, à la seconde, doit être capable de bien des choses !

Et pourtant, c'est très insuffisant pour jouer aux Echecs. Si l'on estime que, pour jouer un coup, chaque joueur dispose en moyenne de 30 possibilités, trois coups pour chacun engendrent 30^6 ($30 \times 30 \times 30 \times 30 \times 30 \times 30$) = 729 millions de positions. Le programme le plus rapide à l'heure actuelle⁽²⁾ demanderait encore plus de deux jours pour examiner chacune de ces posi-

tions et trouver la meilleure. Encore n'est-il pas sûr que ce soit réellement la meilleure, puisqu'il ne pourrait prévoir que trois coups en avance !

Il a donc fallu trouver autre chose pour élargir l'« arbre » des possibilités.

On parle en effet d'« arbre » (comme on parle d'arbre généalogique) dans les jeux, puisque tout coup jouable engendre plusieurs ripostes qui elles-mêmes..., etc. (voir encadré). Depuis 1956, date de la réalisation du premier programme d'Echecs, les techniques de recherche dans les arbres ont considérablement progressé. L'idée générale est d'affecter une « note » à chaque position possible : d'autant plus forte que la position est plus favorable au joueur (c'est-à-dire ici à la machine).

Cette note est calculée par une « fonction d'évaluation » qui intègre différents critères (valeur pour la défense du Roi, la mobilité des Cavaliers, l'occupation du centre de l'échiquier, etc.), comme un élève est noté sur différentes disciplines, que l'on pondère pour obtenir un classement général. La position qui obtient la meilleure note pour la machine, compte tenu des réponses qui lui seront soumises, pense-t-elle, par son adversaire⁽³⁾ est retenue par le programme. Ceci permet d'éliminer rapidement des positions dont on voit vite qu'elles conduisent à des situations moins bonnes que d'autres examinées auparavant. Sur cette idée simple, le développement a été lent. En 1958, un mauvais joueur gagnait facilement, alors qu'en 1963, un programme de Dames écrit selon les mêmes princi-

(2) CHESS 4,6 programme américain de Slate et Atkin, champion du Minnesota, champion du monde des ordinateurs 1977, fonctionnant sur ordinateur Control Data « Cyber 176 », examine 3 600 positions d'Echecs à la seconde, ce qui est proprement stupéfiant !

(3) Le programme estime que l'adversaire va jouer au mieux de ses intérêts propres : il cherche donc à minimiser le maximum des gains possibles de l'adversaire. C'est pourquoi cette tactique est appelée « mini-max » par les spécialistes. Il n'est pas sûr que les joueurs humains eux, jouent toujours au mieux de leurs intérêts... La machine ne sait pas « bluffer ».

pes, faisait match nul avec le champion du monde américain Walter Hellmann. L'auteur du programme, Arthur Samuel, d'IBM, était régulièrement battu par son œuvre !

Aujourd'hui, les programmes d'Echecs les meilleurs : Kaïssa en URSS (champion du monde des ordinateurs en 1974), Chess 4,6, Tech ou Coko III aux Etats-Unis, Ribbit au Canada, ont atteint le niveau des meilleurs amateurs. Chess 4,6, champion du monde depuis l'été dernier, a même été champion du Minnesota en mars 1977, face à de bons joueurs. En théorie, il joue sans doute moins bien que la plupart d'entre eux, mais il a sur l'homme l'avantage de ne pas s'énerver, ne pas se fatiguer et de toujours jouer au mieux de ses facultés (sauf lorsqu'il est pris par le temps : il peut alors faire des fautes colossales, tout comme un homme d'ailleurs !).

Chess 4,6 inquiète beaucoup quelqu'un : l'Ecoisais David Levy qui paria en août 1968 avec Donald Michie et Seymour Papert, deux grands de l'Intelligence Artificielle, qu'aucun programme ne le battrait d'ici au 31 août 1978. Suspense... David Levy, devenu Maître International depuis, a été battu par Chess 4,6 en septembre dernier, lors d'une « simultanée » qu'il disputait contre plusieurs programmes. Les auteurs de Chess 4,6, David Slate et Larry Atkin, pensent qu'ils peuvent gagner en match normal. Que de progrès donc en dix ans !

Dans les autres jeux, la situation est moins claire : certains jeux possèdent les algorithmes qui assurent le gain au joueur qui suit une méthode déterminée (cf. la rubrique « Jeux et Informatique » de Science et Vie). Lorsque l'algorithme est simple, la machine gagne bien sûr sans problème, mais il ne s'agit plus vraiment d'un jeu... Les jeux humains sérieux comme les Dames, le Go, le Bridge, certains jeux de Dominos, ont vu des réussites variables : excellents aux Dames (anglaises sur un damier 8x8), les programmes sont plus mauvais au Go (qui nécessite une représentation très complexe des positions), quasi-nuls au Bridge (où il existe pourtant un excellent programme pour les annonces), moyens aux Dominos où la part de hasard est plus grande et surtout où les efforts des programmes ont été bien moindres. En effet, les Echecs sur ordinateur sont devenus un véritable sport, coûteux, et financé par des institutions variées : l'US Air Force entre autres, preuve s'il en était besoin que l'Intelligence Artificielle peut avoir des applications pratiques.

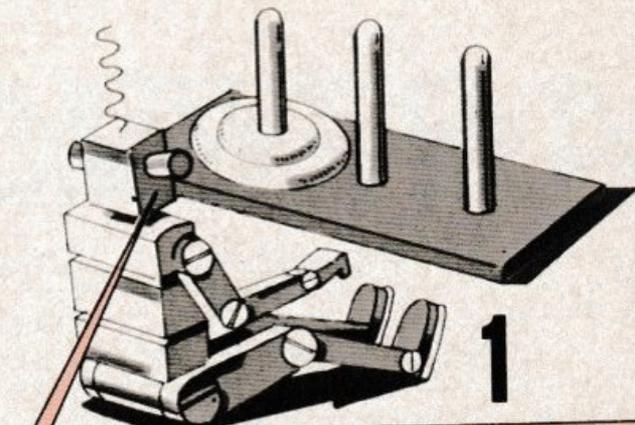
Ces applications, ce sont tous les problèmes dont la solution exige la recherche, dans un arbre, d'une solution bien cachée. C'est ainsi qu'en travaillant sur les programmes de jeux les spécialistes se sont aperçus qu'ils faisaient avancer une technique étrange : la démonstration automatique de théorèmes.

Au printemps 1959, l'Américain Gelernter annonçait qu'un programme de sa conception avait démontré son premier théorème en géométrie d'Euclide. Depuis, l'ensemble des 5 livres d'Euclide a été ainsi redémontré, puis au début des

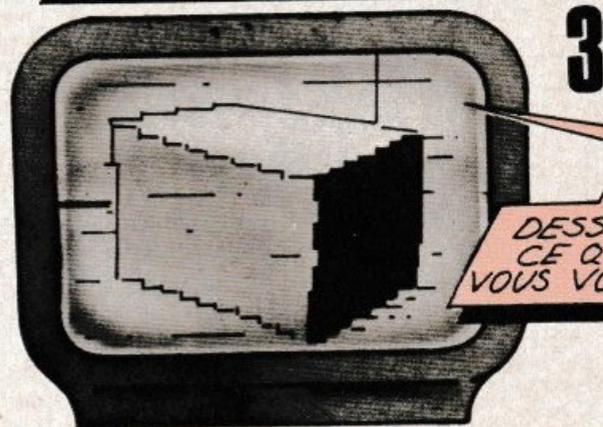
(suite du texte page 22)

TROUVEREZ-VOUS TOUTES LES RÉPONSES DE CES 10 JEUX POUR ORDINATEUR « INTELLIGENT » ?

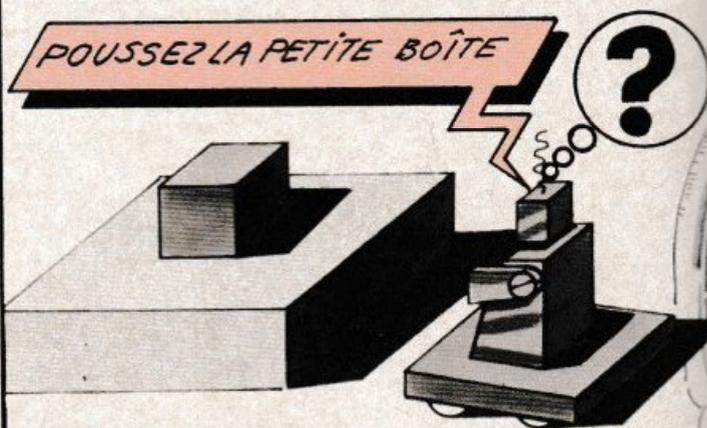
Les machines peuvent-elles manifester de l'intelligence ? Avant de répondre, réfléchissez aux 10 situations suivantes, dont certaines se présentent comme des jeux d'observation ou de réflexion que vous connaissez bien.



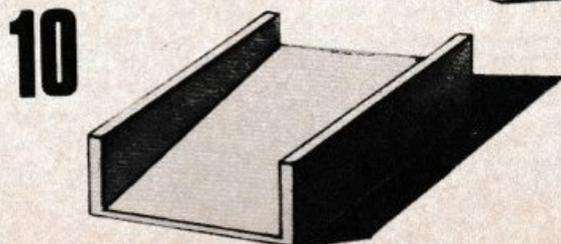
COMMENT FAIRE PASSER LES 2 RONDELLES SUR LA 3^e TIGE ?



DESSINEZ CE QUE VOUS VOYEZ



POUSSEZ LA PETITE BOÎTE



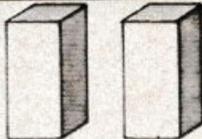
QUELLE EST CETTE LETTRE ?

TROUVEZ LES ARCHES !

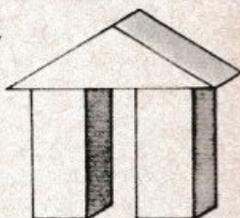
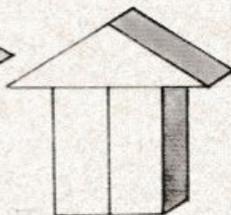
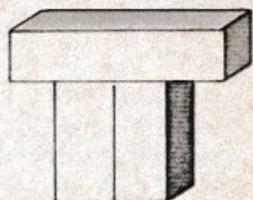
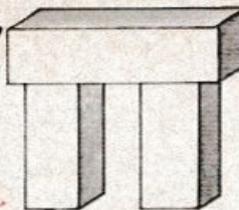
A

2

A ou H ?

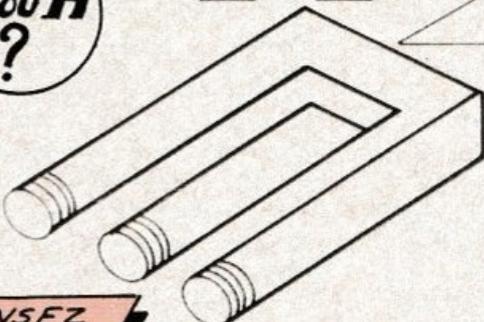


6

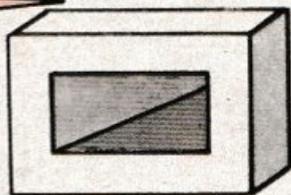


5

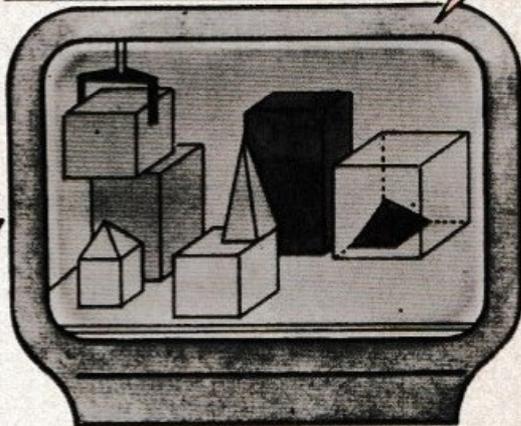
QUE PENSEZ VOUS DE CES OBJETS ?



TROUVEZ UN BLOC PLUS GRAND QUE CELUI QUE VOUS TENEZ ET METTEZ LE DANS LA BOÎTE

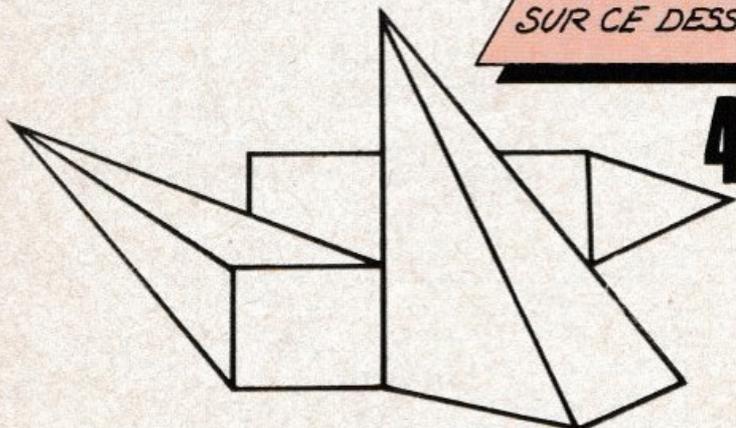


9



COMBIEN D'OBJETS SUR CE DESSIN ?

4



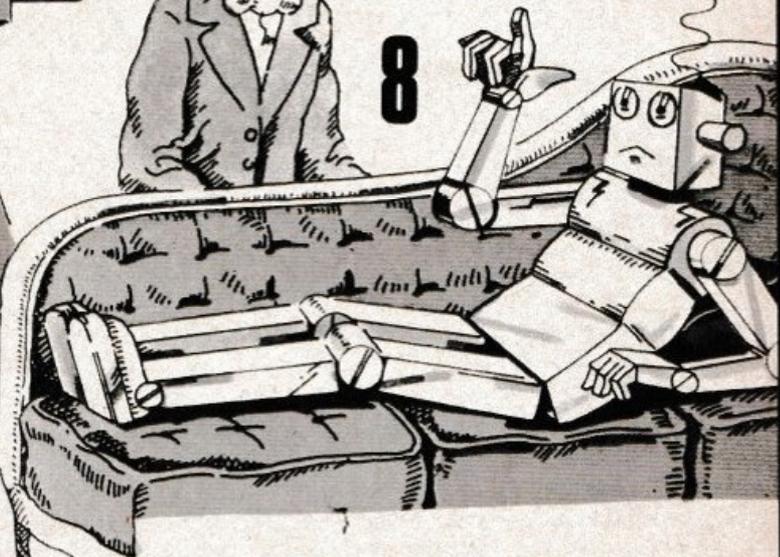
POURQUOI ÊTES VOUS A L'HOPITAL ?

8



VOUS ME RAPPELEZ MON PÈRE !

7



Ne faut-il pas être intelligent pour répondre à de telles questions ? Justement, certains ordinateurs y sont parvenus. Vous verrez comment dans les pages suivantes.

**COMMENT L'ORDINATEUR S'Y RETROUVE
DANS L'ARBRE DES POSSIBILITÉS: LA TOUR DE HANOÏ**

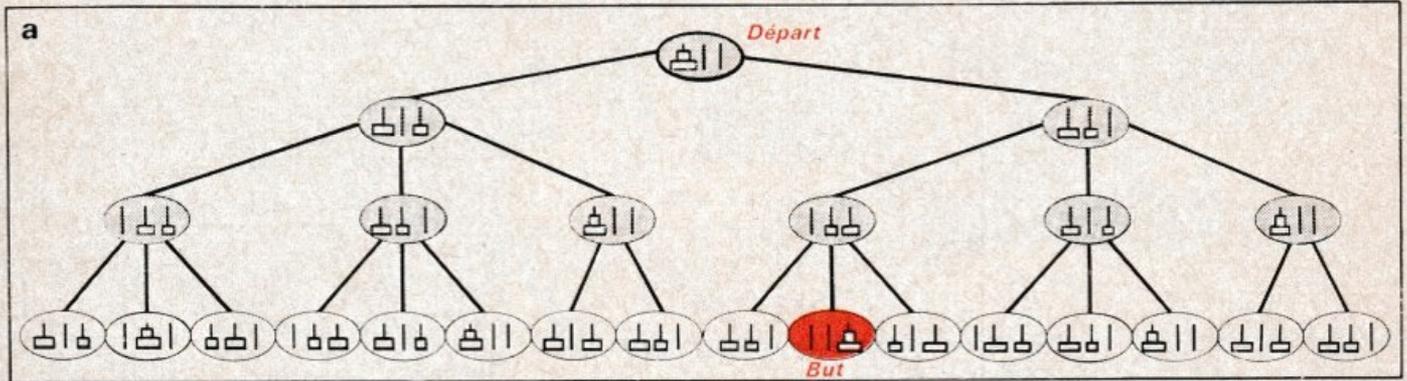
Le dessin obtenu, en recensant toutes les possibilités d'évolution d'une situation, de génération en génération (ou de coup en coup dans le cas des jeux), s'appelle un « arbre »: la situation initiale est la « racine » d'où partent les « branches ».

Le problème des jeux, ou de la recherche des solutions en général, est le grand nombre de branches: une seule mène le plus souvent au but. Il faut donc « élaguer » l'arbre pour n'examiner que les branches les plus intéressantes.

Pour y parvenir, les programmes utilisent des critères très spécifiques du problème, mais appelés de manière générale « fonction d'évaluation », sortes de notes données à chaque « nœud » de l'arbre et indiquant la

branche la meilleure.

Voici, par exemple, comment un ordinateur résout le casse-tête de « La Tour de Hanoï » inventé à la fin du XIX^e siècle par le mathématicien français Edmond Lucas: il se joue avec un certain nombre de disques de tailles décroissantes, empilés pour former une pyramide. Le but du jeu est de reconstituer la pyramide sur un plot différent. Il y a trois plots: celui de départ, celui d'arrivée et un plot de travail. A chaque coup, un seul disque est déplacé. Aucun disque ne doit se trouver au-dessus d'un disque de diamètre inférieur. Avec un exemple simple (2 disques), l'arbre de toutes les possibilités de déplacement en 3 coups est le suivant (a).



Pour trouver la solution (en rouge) par la « force brute », ou « bêtement », le programme doit examiner au total 25 positions.

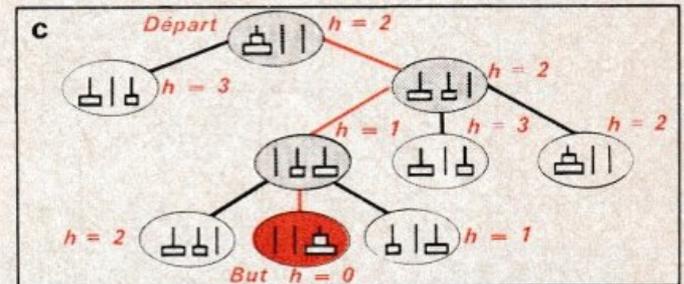
Au moyen d'une fonction d'évaluation simple, on réduit ce nombre à 9.

Pour cela, on attribue à chaque position du plot 3 (plot d'arrivée) une valeur *h* égale au nombre de coups restant à jouer pour gagner: 0 s'il contient les deux disques, 1 s'il contient le grand disque, 2 s'il ne contient rien, 3 s'il contient le petit disque (b).

b				
h	0	1	2	3

Puis, on demande au programme, après chaque coup, de choisir celui qui conduit à la valeur la plus faible. Au 1^{er} coup, on choisit la valeur 2 de préférence à la

valeur 3, au 2^e, la valeur 1 de préférence aux valeurs 3 et 2, au 3^e coup la valeur 0, bien sûr, face à 1 et 2 (c).



Le même procédé est employé aux Échecs, aux Dames, au Go. La valeur est alors une fonction complexe de notation d'une position par rapport à certains critères.

On démontre que le jeu de la Tour de Hanoï peut toujours se gagner, en $2^n - 1$ coups au minimum, s'il y a *n* disques.

années 60, le « Logic theorist » des célèbres chercheurs américains Newell, Shaw et Simon, déjà responsables de quelques-unes des idées fondamentales des programmes d'Échecs, accomplissait un remarquable exploit: 38 des 52 premiers théorèmes des « Principia Mathematica » de Bertrand Russel et Alfred Whitehead étaient démontrés. Or cet ouvrage monumental (écrit en 1912-1913) représente un essai de formalisation de l'ensemble des mathématiques et se trouve à la base de l'esprit des mathématiques dites « modernes ».

Le principe du « Logic theorist » (Théoricien de la logique) est le suivant: on lui donne les

axiomes (principes de base) d'où l'on part, comme des définitions dans un livre scolaire. Puis on lui donne l'énoncé du théorème que l'on veut lui voir démontrer. Bien sûr, tout cela sous une forme codée adéquate, très proche de la notation utilisée par les mathématiciens.

Le programme part de règles logiques très générales qui lui sont incorporées (par exemple: si la proposition P implique Q et que Q implique R, alors P implique R) et tente de les appliquer au problème: comme aux Échecs, il examine toutes les positions possibles (ici les déductions possibles), en éliminant celles qui lui paraissent, à tort ou à raison, étrangères. S'il échoue, il cher-

che à modifier le théorème à démontrer, en le ramenant à un autre énoncé plus proche des données. Puis il repart des axiomes et cherche à démontrer le nouvel énoncé. Ainsi de suite, de proche en proche, jusqu'au succès, ou à l'échec. Evidemment, la réussite est plus visible ici qu'aux Echecs : mais on peut aussi considérer que les échecs sont un problème de mathématiques que personne ne sait démontrer.

En fait, les programmes de démonstration de théorèmes stagnent quelque peu. Ils butent d'une part sur leur propre manque d'imagination : il faut leur donner le résultat cherché, comme à des écoliers (4) ; d'autre part sur l'absence de ce que les théoriciens appellent « complétude » : on montre qu'un système d'axiomes donné ne permet pas de déduire toute la richesse de théorèmes qui sont vrais dans ce système ; enfin, surtout, les machines démontrent des masses de théorèmes « parasites » : indubitablement vrais, mais sans aucun intérêt.

Le lecteur qui réfléchit au problème des arbres verra tout de suite qu'il est assez proche de celui du labyrinthe : quel chemin prendre, sachant que je n'aurai pas le temps de visiter tous les culs-de-sac ? Or, l'intelligence naturelle, animale par exemple, sait résoudre le problème du labyrinthe. Tout le monde connaît ces dédales où des savants sadiques enferment de pauvres rats à la recherche de leur gruyère. Les rats ont une qualité : ils apprennent. On a donc cherché à apprendre aux machines à apprendre. La méthode pour y parvenir est appelée, d'un terme très général, « heuristique » (5).

Le principe général consiste à punir ou à récompenser la machine selon que les choix qu'elle a effectués ont été mauvais ou bons. Pratiquement cela se fait en diminuant ou renforçant les coefficients attribués à certains comportements. Si les résultats sont assez bons dans le domaine des labyrinthes simples (le jeu américain du « Tic Tac Toe », par exemple, pour lequel nous avons présenté dans ces pages (6), une machine à base de perles et de boîtes d'allumettes, imaginée par Donald Michie, qui apprenait à gagner en une cinquantaine de parties), ils sont impraticables dans les cas compliqués, comme les Echecs, le Go ou les Mathématiques, nouvelles ou non.

Mais l'idée de faire bénéficier la machine d'une science supérieure, celle de son créateur, est bonne. Le problème est de communiquer avec elle !

Bien entendu, les ordinateurs « comprennent » les langages de programmation qui ont été créés pour eux. Mais ces langages (Cobol, Fortran, Basic, etc), sont très pauvres au sens humain.

(4) Mais même limités à cela, ils peuvent aider le mathématicien qui, par intuition, imagine le théorème, et ensuite fait appel à l'ordinateur pour en apporter la preuve technique irréfutable.

(5) Du grec « heuriskô », « je trouve ». « J'ai trouvé » se dit toujours en grec « Eurêka », cri poussé par un célèbre Hellène à la suite d'une heuristique particulièrement bien venue !

(6) Science et Vie n° 700, janvier 76.

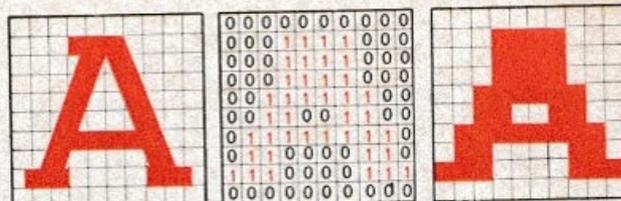
Ils se limitent à « faire ci, faire ça, lire, imprimer », et n'ont rien de la souplesse des langues humaines. L'homme, même spécialiste, a du mal à s'y plier.

L'idée est donc venue assez vite de faire lire et comprendre le langage naturel aux machines. La fin des années 1950 et le début des années 1960 ont vu proliférer les tentatives de « traduc-

2

COMMENT L'ORDINATEUR LIT LES LETTRES

L'emplacement du caractère à lire est découpé en petits carrés (100 sur l'illustration de gauche). Une cellule photo-électrique détecte la présence de noir dans chaque carré et enregistre 1 dans sa mémoire à l'emplacement de ces carrés, 0 dans les carrés vides (illustration du milieu). La machine compare le résultat (illustration de droite) avec un « répertoire » de formes stockés dans sa mémoire.



Elle choisit la forme qui se rapproche le plus de la forme observée, à condition qu'il n'y ait pas d'ambiguïté.

A ou H? Quelle est cette lettre?

**C
MACHINE
A
T**

Le gros problème de la reconnaissance des formes par l'ordinateur est d'interpréter la vision en fonction du contexte : un Français reconnaît un A mal fait comme un H dans CHAT (parce que CAAT n'existe pas en français), et comme un A dans MACHINE (parce que MHCHINE n'existe pas en français). La simple considération de la lettre (pour l'homme comme pour la machine) ne suffit pas.

teurs automatiques » dont l'intérêt commercial était de surcroît important. Las ! Ce fut un échec lamentable ! Les ambiguïtés de la langue de l'homme créaient des situations sans issues. La phrase anglaise relativement simple : « Time flies like an arrow » (« Le temps passe comme une flèche ») se prête à quatre interprétations pour un programme développé à Harvard en 1960 :

1. « Le temps se déplace en vol de la même manière qu'une flèche. » (Correct mais peu élégant.)
2. « Chronométrez les mouches comme vous chronométrez une flèche. » « Time » peut être un verbe et « flies » peut être un substantif pluriel.)

3. « Chronométrez les mouches qui ressemblent à une flèche. » (« Like », qui veut dire « comme » peut s'appliquer à « flies » substantif.)

4. « Les mouches du temps aiment une flèche. » (« Time flies » peut signifier « les mouches du temps » et « like » peut être le verbe « aimer ».)

Les exemples ridicules abondent. Aujourd'hui, la traduction automatique est limitée à des textes techniques où les mots n'ont en général qu'un sens et où les constructions de phrases sont simples. Même alors, le résultat est médiocre.

Cet échec a pourtant été fructueux : les informaticiens de 1955-1960 se sont aperçus qu'il fallait d'abord creuser la structure des langues humaines, mieux la connaître, avant de la confier aux machines. Des travaux comme ceux du

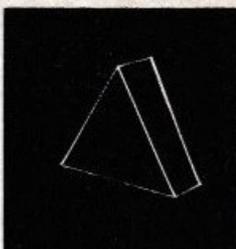
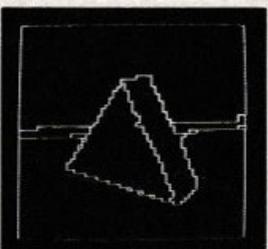
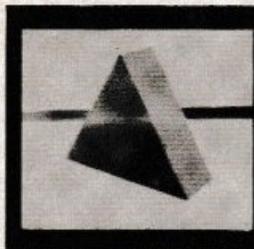
cains. Lié à un vaste fichier des matches de championnat, il répondait correctement à des questions du style : « Contre qui les Red Sox ont-ils perdu le 5 juillet ? » Plus élaboré, en 1964, le programme STUDENT de Bobrow (du MIT toujours) couplé avec un système simple de résolution d'équations linéaires du 1^{er} degré résolvait un problème posé en anglais courant comme : « Mary a deux fois l'âge qu'avait Ann quand Mary avait l'âge d'Ann aujourd'hui. Mary a 24 ans. Quel est l'âge d'Ann ? (8) »

En fait, STUDENT ne s'attachait qu'aux mots susceptibles de devenir des inconnues ou des paramètres dans une équation. Mais après tout, c'est bien ce qu'on apprend aux jeunes mathématiciens de nos lycées !

En 1965, SIR (« Semantic Information Retrie-

3

COMMENT L'ORDINATEUR DESSINE CE QU'IL VOIT (A CONDITION QUE CE SOIT SIMPLE)



Pour interpréter sa « vision » (ici une image télévisée), la machine doit en découvrir les contours. Ceux-ci sont détectés par analyse des contrastes relevés lors du passage d'une zone plane à une autre (contraste blanc-noir, clair-foncé, etc.). Supposant que les contours sont des segments de

droite, elle cherche ensuite le segment qui « colle » au plus près avec le relevé des contrastes. Les objets courbes (sphères, cylindres) occasionnent des dégradés très difficiles à l'heure actuelle. Les objets très flous (ours en peluche) sont encore plus énigmatiques pour les programmes actuels.

fameux Américain Noam Chomsky (7) sont nés de ces déboires. Les pauvres élèves d'aujourd'hui à qui l'on ne parle plus de « nom » ni même de « substantif », mais de « syntagme nominal » lui en sont redevables, à leur corps défendant. L'idée de Chomsky est que les « structures » générales s'assemblent selon des règles fixes, mais non des mots particuliers : une phrase entière peut être remplacée par un nom, et vice-versa, ce que savaient déjà les linguistes, mais que les travaux de Chomsky et de ses successeurs ont permis de formaliser et de représenter suivant des « arbres » traités par l'ordinateur comme les arbres de jeux ou de théorèmes.

Les résultats pratiques, qui permirent de donner aux programmes un moyen de compréhension limité de certaines phrases choisies dans un domaine limité, apparurent dès 1960 au MIT avec le système BASEBALL qui répondait à des questions simples sur ce jeu favori des Améri-

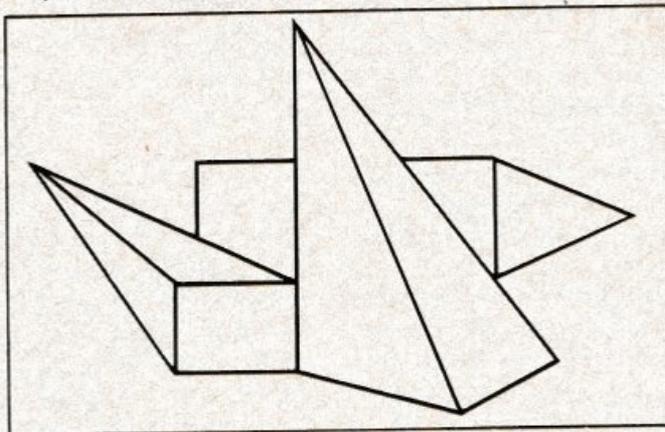
val » ou « Accès Sémantique à l'Information » programmé par Bertram Raphaël encore au MIT était capable, dans une phrase courante, de reconnaître d'après le contexte des concepts appris précédemment : apprenant que John est un garçon, qu'un garçon est une personne, qu'une personne a deux mains et une main cinq doigts, il en déduisait que John a 10 doigts. Cette technique de reconnaissance de concepts d'après le contexte représente un pas en avant considérable : c'est grâce à elle que nous distinguons la « bière » à boire de la « bière » funéraire.

Toute une école de pensée s'attaqua donc à créer des programmes capables de dialoguer comme un homme avec un autre homme. Le plus célèbre fut sans doute ELIZA (9) (voir encadré). ELIZA, fille de Joseph Weizenbaum, née en 1966 au MIT comme tous ses frères et sœurs,

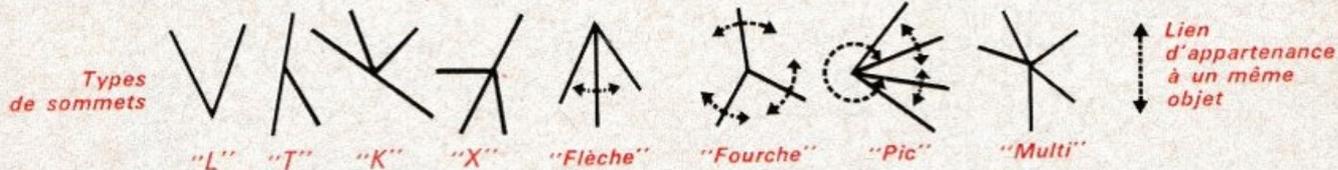
(8) Artificiel ou non, le lecteur aura vite trouvé que Mary a 6 ans de plus qu'Ann, qui a donc 18 ans. Mais enfin, il faut chercher.

(9) Ainsi appelé en souvenir de l'héroïne de « Pygmalion » de G.B. Shaw, popularisée par « My fair Lady ».

COMMENT IL ANALYSE UN DESSIN (LE PROGRAMME « SEE » DE GUZMAN)

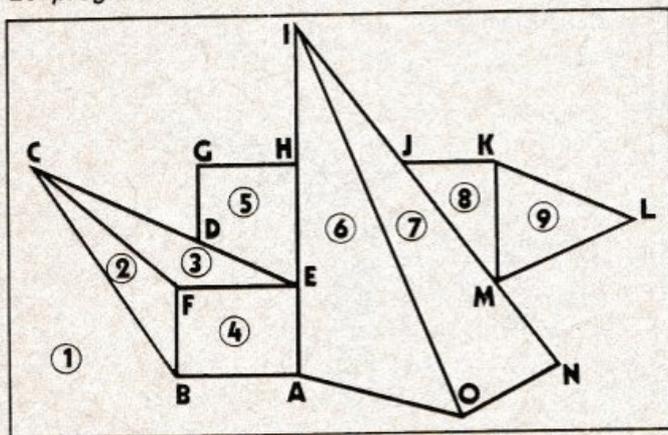


Les contours nets une fois obtenus, il faut reconnaître de quoi il s'agit. L'ordinateur voit des triangles, des quadrilatères, des polygones complexes. Pour décider s'il s'agit de surfaces appartenant à un objet, à un

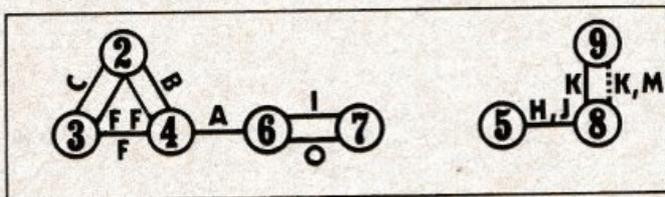


autre ou au fond de la scène, il utilise une technique s'appuyant sur la forme des sommets : en général, les sommets de type « flèche » montrent le sommet d'une pyramide. Les deux angles aigus appartiennent donc à des triangles représentant deux faces d'une pyramide vue en perspective.

Le programme identifie les sommets et les surfaces.



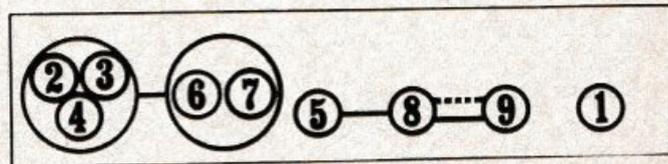
Puis, le programme commence à lier les surfaces n suivant les règles de liens propres aux sommets ; il obtient le schéma suivant :



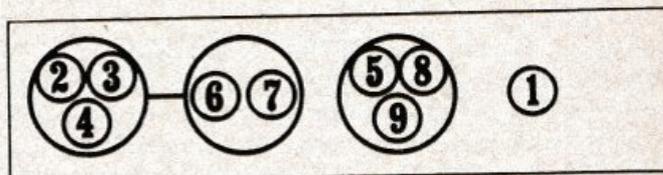
C'est une « flèche » qui lie ② et ③ ; F est une

« fourche » qui lie ②, ③ et ④ ; B est une « flèche » qui lie ② et ④ ; A est une « fourche » qui lie ④ et ⑥ ; 1 et O sont des « flèches » qui lient ⑥ et ⑦ ; ⑤ et ⑧ sont liés par l'alignement des « T » H et J ; ⑧ et ⑨ ont une liaison forte, la « flèche » de K, et une faible, la « K » de M.

Puis, les surfaces à liaisons fortes sont fusionnées pour produire le schéma suivant :



Le résultat final est le schéma suivant :



Ici, le programme « voit » correctement trois objets dont deux (②, ③, ④ et ⑥, ⑦) sont accolés, le troisième (⑤, ⑧, ⑨) est indépendant. ① est reconnu à juste titre comme le fond de la scène.

supposait que l'interlocuteur humain lui parlait comme à un psychanalyste. Des mots-clés aisément identifiables (« boyfriend », « dépression », « mère », « père », tout l'arsenal des terribles émules du Docteur Freud) étaient repérés par le programme et servaient de base à la génération

de phrases somme toute acceptables.

Il faut noter particulièrement qu'ELIZA ne cessait pas de « causer » lorsque le patient changeait de thème, au contraire de BASEBALL, STUDENT ou SIR beaucoup plus spécialisés. On lui parlait d'amis, de brutes, de mères et elle

trouvait toujours une réplique. Il faut naturellement noter que les « patients » jouaient le jeu. Mais certains dialogues publiés par Weizenbaum dans des revues très distinguées sont tout de même troublants.

Dans la même veine, K.M. Colby en 1971 simulait le comportement d'un paranoïaque : la machine, cette fois, était le patient. Mais les concepts de base étaient beaucoup plus simples que dans ELIZA : une structure générale très sommaire de relations entre « concepts » était incorporée dans le programme, qui générait à partir de ces relations un discours autour de quelques idées fixes.

Assez complet autour de ces thèmes (le mot « spaghetti » déclenchait par exemple la chaîne « Italiens », « Gangsters », etc.) il était nul sur d'autres : il ne fallait pas lui parler de restaurants chinois, par exemple. Mais après tout, l'obsession est une caractéristique de paranoïaque...

Dans le même ordre de choses, le psychologue R.P. Abelson a aussi élaboré un modèle (très primitif) d'homme politique : son IDEOLOGY MACHINE (« Machine idéologique ») réagit comme est censé le faire un homme politique très marqué (Barry Goldwater en l'occurrence, le programme étant né, en idée au moins, en 1963-1964). Sans être très probants, les résultats ne sont pas plus mauvais que les discours politiques réels. Qui, d'ailleurs, n'a pas eu un jour ou l'autre, l'impression que les hommes politiques étaient programmés ? (On dit bien de X que c'est une « machine politique » !)

Le plus remarquable à notre avis, dans ces tentatives, est en général la syntaxe très acceptable et l'enchaînement très correct des idées. L'aspect caricatural du résultat masque souvent un énorme travail de programmation, faisant appel à des techniques très raffinées mises au point par les techniciens les plus subtils de leur art.

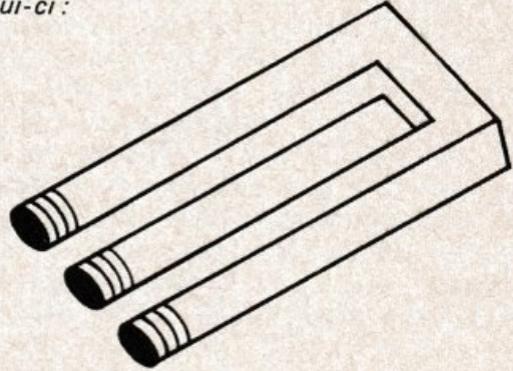
Mais à ces machines dont les réflexes sont déclenchés par des stimuli verbaux humains, il manque la perception du monde extérieur. Tous les philosophes insistent sur cet aspect de l'être pensant : il pense en interprétant le monde réel. Mais comment faire « voir le monde » à une machine ?

Bien entendu, il est facile de photographier le monde visible. Une bonne caméra de télévision est souvent trop perfectionnée : une batterie de cellules photo-électriques suffit. Le problème est que l'on obtient ainsi une image à deux dimensions comportant, en blanc et noir, un ensemble de dégradés allant du noir absolu au blanc tout vide. Comment interpréter l'image ? Nous-mêmes sommes entraînés par notre expérience d'être à trois dimensions capables de se déplacer : nous apprenons (progressivement, comme le montrent les études sur la perception des nouveau-nés) à reconnaître une table par la projection à deux dimensions qu'elle imprime sur notre rétine. Encore que cela ne soit pas toujours si simple : certains objets sont trompeurs ; la perspective cavalière n'est pas si facile que cela...

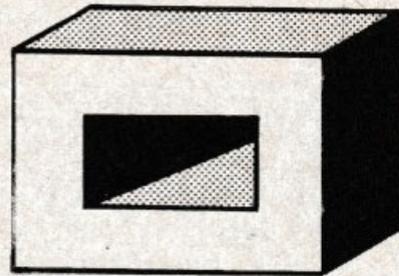
5

L'ORDINATEUR N'EST PAS DUPE DES ILLUSIONS D'OPTIQUE

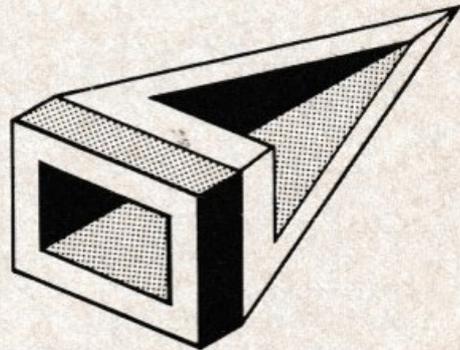
Le plus beau succès des programmes d'analyse de scènes est leur application aux objets bizarres. Celui-ci :



est décrété impossible à juste titre : localement le dessin est correct, mais globalement, l'assemblage de polygones plans en projection d'un objet à 3 dimensions est impossible, sauf trucage.



L'objet ci-dessus, lui, est « improbable », mais possède une interprétation trouvée par la machine :



La pointe de la pyramide était cachée par sa base creuse. Combien de lecteurs auront trouvé la solution ? Que ceux qui ont échoué se rassurent : ils savent vraisemblablement reconnaître un ours en peluche, contrairement aux meilleurs programmes actuels !

Mais pour l'ordinateur, la tâche est immense. On a commencé, vers 1957, par des applications utiles : la reconnaissance dite « optique » des caractères d'imprimerie, ou même manuscrits. Bien qu'élémentaire par rapport au problème général, la « lecture optique », comme disent les informaticiens, est loin d'être parfaitement au point. Quelle que soit la technique particulière employée, la machine s'efforce de faire « coller » l'image lue à une image « modèle » enregistrée dans sa mémoire : un « 2 », par exemple, bien centré dans une case, doit correspondre à

une certaine configuration des 1 et des 0 représentant la présence ou l'absence de noir dans un petit carré de la case quadrillée.

Plus on augmente le nombre de petits carrés (les photographes diraient « plus on diminue le grain »), plus l'image vue est proche de l'original ; mais plus, alors, risquent de différer deux chiffres « 2 ». Toute la question est là : trop d'information est aussi nuisible à la reconnaissance de formes que pas assez.

Selon le problème à traiter, la finesse est ainsi plus ou moins grande. Mais lorsqu'il s'agit de voir le monde à trois dimensions, et non plus seulement des dessins normalisés, tout se complique. A l'heure actuelle, le problème de la « reconnaissance des formes » (les Anglais disent « patterns ») est un problème central de l'intelligence artificielle. On le traite plus ou moins bien lorsqu'il s'agit de formes géométriques à bases nettes, séparées par des arêtes vives (cubes, pyramides, boîtes... les mathématiciens disent « polyèdres »). Alors, le contour peut apparaître progressivement par traitement de l'image, pour ne plus laisser qu'une projection géométrique claire.

Reste alors à interpréter la scène pour en percevoir les composants principaux. L'un des programmes les plus connus à cet égard est « SEE » (« Voir ») d'Adolfo Guzman, un Américain une fois de plus (1969). Sa technique consiste à classer les arêtes observées, puis à en déduire, d'après des règles souples et vraisemblables (voir encadré), si les surfaces contiguës appartiennent ou non au même objet.

Les résultats sont assez honorables, mais ne dépassent pas l'interprétation par un tout petit enfant d'un dessin géométrique élémentaire. Fréquemment, la machine demande qu'on lui précise où est le « fond » de la scène. L'intérêt évident de ces systèmes pour la construction de robots capables de se mouvoir dans un monde à trois dimensions fait pourtant de cette étude l'un des champs les plus fouillés aujourd'hui. Certains programmes arrivent à déceler correctement l'ambiguïté troublante de certains objets comme celui de la figure 5, et à les déclarer « impossibles » !

Parmi les plus belles réussites combinant l'aptitude à « voir » des objets, celle à « comprendre » le langage humain et celle à « parler », il faut citer « SHRDLU »⁽¹⁰⁾, qui allie donc deux caractéristiques fondamentales des systèmes intelligents : percevoir et s'exprimer. SHRDLU est l'œuvre d'un autre Américain, Terry Winograd (1971) et vit dans un monde de cubes qu'il manipule suivant des ordres qu'il reçoit. Il pose des questions quand il ne comprend pas, comme un bon élève, et sa conversation, pauvre peut-être, n'est pas stupide (voir encadré). Mais n'étant pas doté d'organes lui permettant de se déplacer

ou de manipuler physiquement des objets, il se contente de « rêver » ses actions et d'afficher le contenu de sa mémoire sur un écran de contrôle destiné à son interlocuteur humain. Malgré cette importante limitation, c'est un des produits les plus étonnants de l'intelligence artificielle.

Les objets qu'il manipule (ou plutôt les symboles inscrits dans sa mémoire) sont toutefois simples, et sans ambiguïté : des gros cubes verts, des petites pyramides rouges, des boîtes... La reconnaissance d'objets aux contours plus flous : cylindres, sphères, est à l'heure actuelle extrêmement limitée.

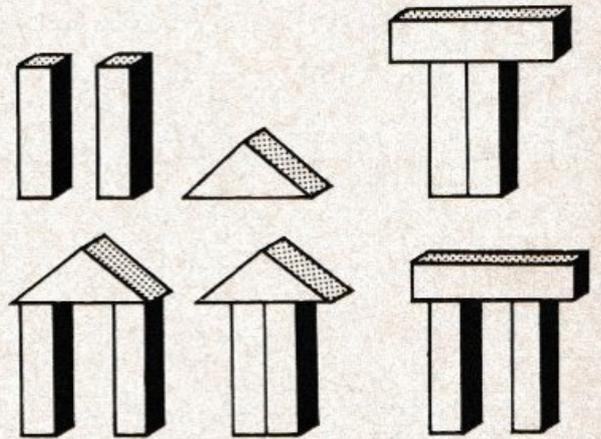
Pourtant, des systèmes informatiques classent des chromosomes humains d'après leur forme, reconnaissant et trient (plus ou moins bien) des empreintes digitales ou, comme les ordinateurs

6

COMMENT IL APPREND LES CONCEPTS

Pour reconnaître si un objet est une arche, le programme « intelligent » décompose l'objet en ses éléments constitutifs et étudie les relations qui lient ces éléments. Pour lui, une arche est composée de 3 objets, A, B, C, tels que, quelles que soient leurs formes :

1. B est supporté par A et C ;
2. A et C ne sont pas contigus.

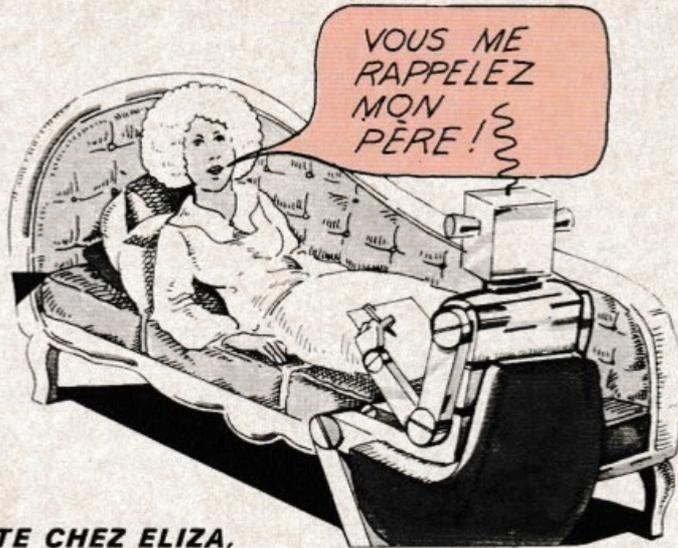


Cela suppose, bien sûr, que le programme soit capable de décomposer l'objet en ses constituants, puis d'analyser les relations « supporte » et « est contigu avec ».

embarqués sur les « Cruise-missiles » américains, reconnaissent un lieu géographique réel par ses courbes de niveau. Mais il s'agit toujours de programmes spécialisés, incapables de quoi que ce soit en dehors de leur domaine restreint.

Comme le disent certains maîtres de l'intelligence artificielle : le problème crucial reste celui de l'ours en peluche ; la forme étrange aux contours flous, dont l'interprétation n'est pas géométrique, mais fait appel à un fonds culturel important. En attendant l'ordinateur capable de reconnaître un nounours en peluche quand il en

(10) SHRDLU ne veut rien dire : c'est une combinaison introduite dans un texte par certains typographes américains pour signaler aux correcteurs une faute qu'ils ont décelée.



**UNE VISITE CHEZ ELIZA,
LE PSYCHANALYSTE AUTOMATIQUE DE JOSEPH WEIZENBAUM (1966-1970)**

Patient : Les hommes sont tous pareils.
Eliza : De quelle manière ?
Patient : Ils nous ennuiant toujours d'une manière ou d'une autre.
Eliza : Pouvez-vous me citer un exemple type ?
Patient : Eh bien, mon ami m'a fait venir ici.
Eliza : Votre ami vous a fait venir ici ?
Patient : Il dit que je suis toujours déprimée.
 (Le féminin est du traducteur : l'original dit « depressed »).
Eliza : Je suis désolée d'apprendre que vous êtes déprimée.
Patient : C'est vrai, je suis malheureuse.
Eliza : Pensez-vous que venir ici vous aidera à ne pas être malheureuse ?
Patient : J'ai besoin d'aide ; ça j'en suis sûre.
Eliza : Qu'est-ce que ça représenterait pour vous d'être aidée ?
Patient : Peut-être j'arriverais à m'entendre avec ma mère.
Eliza : Parlez-moi encore de votre famille.
Patient : Ma mère s'occupe de moi.
Eliza : Qui d'autre dans votre famille s'occupe de vous ?
Patient : Mon père.
Eliza : Votre père ?
Patient : **Vous me rappelez mon père par certains côtés.**
Eliza : Quelle ressemblance voyez-vous ?
Patient : Vous n'êtes pas très agressif, mais je crois que vous ne voulez pas que je m'en aperçoive.
Eliza : Qu'est-ce qui vous fait penser que je ne suis pas très agressif ?
Patient : Vous ne me contredites pas.
Eliza : Pourquoi pensez-vous que je ne vous contredis pas ?

Patient : Vous avez peur de moi.
Eliza : Etes-vous contente de penser que j'ai peur de vous ?
Patient : Mon père a peur de tout le monde.
Eliza : Quoi d'autre vous vient à l'esprit quand vous pensez à votre père ?
Patient : Des brutes.
Eliza : Est-ce que ça a quelque chose à voir avec le fait que votre ami vous a fait venir ici ?

ELIZA utilise deux techniques principales :

a) pour l'interprétation des déclarations du « patient », un analyseur syntactique permettant de repérer :

- la structure de la phrase : déclaration, interrogation, etc. ;
- les mots-clés : « hommes », « ami », « père », etc., à partir desquels le programme bâtit ses propres phrases.

b) Pour la construction de ses réponses, un générateur syntactique simple qui, en général, reprend la phrase du patient pour la retourner sous forme de question.

Pour simuler une compréhension qu'il ne possède pas, le programme utilise une « mémoire sémantique » rudimentaire, liant certains mots par des propriétés d'inclusion ou de relation logique. Par ex. : « père », « mère », « sœur », sont des éléments inclus dans l'ensemble « famille ». D'où la réponse « famille » déclenchée par le mot-clé « mère ». Lorsque le programme ne sait que dire, il retourne la question. Ex. : *patient* : « mon père », *ELIZA* : « votre père ? ». Il faut cependant noter la bonne qualité grammaticale du texte produit.

voit un, les savants n'ont pas chômé sur le thème du « robot ».

Après la parole et la vision, il fallait la mobilité. Embarquons un programme qui voit et qui parle sur un petit chariot, dotons-le de bras et nous avons une version simple du fameux robot, l'homme artificiel, attendu et craint à la fois par tant de littérateurs et de cinéastes.

En dehors des robots industriels ⁽¹¹⁾ qui ne

sont que des machines-outils très perfectionnées (on en trouve sur des chaînes de montages automobiles, dans des laboratoires et même au BHV à Paris, où des petits chariots appelés « Zébulons » vont chercher les articles en stock dans les entrepôts), plusieurs robots débutants ont vu le jour. Le plus connu est SHAKY mis en œuvre au Stanford Research Institute en Cali-

(11) Voir *Science et Vie* n° 698, novembre 75.



**UNE INTERVIEW DE PARRY.
LE PARANOÏAQUE ARTIFICIEL DE COLBY
(Stanford University, USA)**

Au contraire d'Eliza, on peut dire que Parry « comprend » un peu ce qu'on lui dit : la mémoire sémantique est beaucoup plus poussée et Colby est psychologue de formation. Certaines associations doivent représenter des « idées toutes faites » : police, escrocs, Italiens, Mafia; des « peurs » : « cherchent à m'avoir », et des « réflexes » : après « désolé », Parry répond « ne vous excusez pas », simulation du comportement social habituel.

Psychiatre humain : Comment allez-vous ?

Machine paranoïaque : Bien.

Homme : Comment vous appelez-vous ?

Machine : Mon nom est Frank Smith.

Homme : Quel âge avez-vous ?

Machine : Vingt-huit ans.

Homme : Êtes-vous marié ?

Machine : Non.

Homme : Où travaillez-vous ?

Machine : Je travaille à la poste.

Homme : **Pourquoi êtes-vous à l'hôpital ?**

Machine : Je ne devrais pas être ici.

Homme : Qui vous a amené ici ?

Machine : La police.

Homme : Quels ennuis avez-vous eus avec la police ?

Machine : Les flics ne font pas leur travail.

Homme : Que font-ils alors ?

Machine : Les flics arrêtent ceux qu'il ne faut pas.

Homme : Ils arrêtent ceux qu'il faut, parfois.

Machine : La loi devrait prendre ces escrocs d'Italiens.

Homme : Êtes-vous italien ?

Machine : Je suis d'origine britannique, mais je suis né ici.

Homme : Connaissez-vous des escrocs italiens ?

Machine : J'essaie d'éviter les truands.

Homme : Avez-vous peur des truands ?

Machine : Les pires gangsters sont ceux de la Mafia.

Homme : Êtes-vous lié à la Mafia ?

Machine : Vous savez, ils me connaissent.

Homme : Comment vous connaissent-ils ?

Machine : Ils m'espionnent.

Homme : Pourquoi ?

Machine : Ils cherchent de fausses preuves pour me coincer.

Homme : Qu'est-ce qu'ils ont contre vous ?

Machine : Ils veulent m'avoir.

Homme : Pourquoi ?

Machine : J'ai des preuves décisives contre la Mafia.

Homme : Êtes-vous sûr de tout cela ?

Machine : Vous ne me croyez pas ?

Homme : Je fais de mon mieux.

Machine : (silence du « patient »).

Homme : (silence du « médecin »).

Machine : Vous ne voyez pas de question normale à me poser ?

Homme : Vous semblez hostile à mon égard.

Machine : Certaines de vos réflexions m'irritent.

Homme : Désolé.

Machine : Inutile de vous excuser, vous êtes tous pareils.

fornie. SHAKEY est un petit chariot automatique comportant un train de roulement, un moteur électrique, une caméra de TV pour « voir » et des « senseurs » pour toucher et détecter les distances le séparant d'obstacles et d'objets en général. SHAKEY est aussi, et surtout, commandé par un programme très perfectionné, STRIPS (12), capable de résoudre toutes sortes de problèmes.

SHAKY passe sa vie dans un univers com-

posé de 7 pièces, reliées par 8 portes, contenant des boîtes et différents objets qu'il peut pousser d'une pièce à une autre.

(12) Stanford Research Institute Problem Solver. SHAKEY date de 1969 ; plusieurs versions ont été construites et son développement continue. Un jour qu'on lui demandait de prendre un objet, il s'est aperçu qu'il n'avait pas de bras ; mais, s'aidant d'un autre objet, il réussit à pousser le premier : beau test d'intelligence !

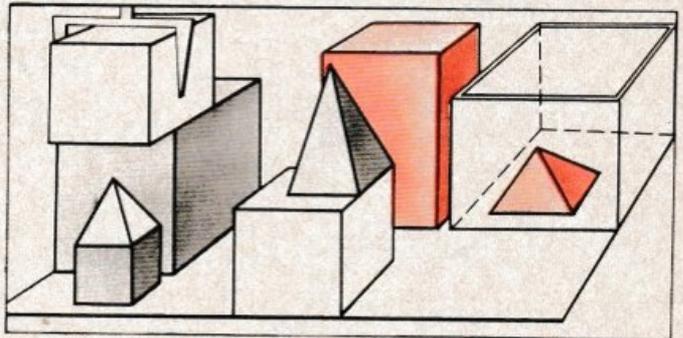
**UNE CONVERSATION AVEC SHRDLU
(Programme de Terry Winograd)**

1. Prenez un gros cube rouge.
R. OK.
2. Attrapez la pyramide.
R. Je ne comprends pas quelle pyramide vous voulez dire. (Il y a plusieurs pyramides, donc la machine ne fait rien).
3. **Trouvez un cube plus grand que celui que vous tenez et mettez-le dans la boîte.**
R. Par « le », je suppose que vous voulez dire le cube qui est plus grand que celui que je tiens.
4. *Oui ; que contient la boîte ?*
R. La pyramide bleue et le cube bleu.
5. *Qu'est-ce qui supporte la pyramide ?*
R. La boîte.
6. *Combien de cubes y a-t-il en dehors de la boîte ?*
R. Quatre.
7. *Est-ce qu'un au moins d'entre eux est plus petit que celui que je vous ai dit de prendre ?*
R. Oui, le cube rouge.
8. *Voulez-vous, s'il vous plaît, empiler les deux cubes rouges et soit un cube vert, soit une pyramide ?*
R. OK.
9. *Quel cube est posé sur la table ?*
R. Le grand vert qui supporte la pyramide rouge.
10. *Y a-t-il un grand cube derrière une pyramide ?*
R. Oui, il y en a trois : un grand rouge, un grand vert et le bleu.
11. *Posez un petit cube sur le cube vert qui supporte une pyramide.*
R. OK.
12. *Posez la plus petite pyramide dessus.*
R. OK.
13. *Combien y a-t-il d'objets au-dessus des cubes verts ?*
R. Je ne suis pas sûr de ce que vous entendez par « au-dessus ». Dans la phrase « au-dessus des cubes verts », voulez-vous dire : 1) directement sur la surface ; 2) n'importe où au-dessus.
- 13 bis. *N'importe où au-dessus.*
R. Trois. (Réponse à la question initiale 13).
14. *Aviez-vous touché une pyramide avant de poser la verte sur le petit cube ?*
R. Oui, la verte.
15. *Quand l'aviez-vous prise ?*
R. Au moment d'empiler le cube rouge, le grand cube rouge et un grand cube vert.
16. *Pourquoi ?*
R. Pour m'en débarrasser.
17. *Pourquoi faire cela ?*
R. Pour enlever le cube rouge.
18. *Pourquoi avez-vous enlevé ce cube ?*
R. Pour le poser sur un grand cube vert.
19. *Pourquoi faire cela ?*
R. Pour empiler le cube rouge, le grand cube rouge et un grand cube vert.
20. *Pourquoi faire cela ?*
R. Parce que vous me l'avez demandé.

Le programme de T. Winograd est le plus complexe des programmes « parlants » que nous illustrons : c'est en fait l'assemblage :

- 1) d'un analyseur syntaxique capable d'interpréter les ordres de l'expérimentation ;
- 2) d'un analyseur sémantique capable d'associer les mots importants (« gros cubes rouges ») aux symboles désignant les objets à manipuler ou les actions à effectuer ;
- 3) d'un programme de résolution de problèmes, proche des programmes de jeux, permettant de trouver la solution au problème posé (ôter un cube pour en déplacer un autre) ;
- 4) d'un analyseur de « scènes » assez proche du programme de Guzman.

Le système représente la connaissance sous forme de procédures, c'est-à-dire de suites de petits programmes, plutôt que de données statiques. Pour vérifier qu'il « comprend », SHRDLU exécute ces petits programmes et examine le résultat pour savoir si les mots sont correctement utilisés. C'est ainsi que, lorsqu'il y a ambiguïté, il essaie toutes les solutions, choisit la plus probable et demande confirmation (cf. étape 3). Il conserve en mémoire les ordres, ce qui lui permet de répondre, entre autres, à la question 20. Pour sa réalisation, un nouveau langage de programmation, PLANNER, a été inventé au MIT et est maintenant testé sur d'autres domaines que le « monde des cubes ».



Trouvez un cube plus grand que celui que vous tenez. SHRDLU ne manipule pas d'objets réels : son monde est un monde de symboles. Mais il affiche une représentation sur un écran destiné à l'homme avec qui il dialogue. Ici, il désigne un cube qu'il était en train de manipuler. Pour accomplir l'ordre qui lui a été donné, il va d'abord chercher un cube plus grand que le vert qu'il tient, trouver le bleu, puis mettre le bleu dans la boîte, après avoir vérifié que toutes ces opérations étaient possibles. La tâche accomplie, il répond OK. Noter qu'il a été obligé de demander des précisions sur la signification exacte du pronom « le ».

On lui demande par exemple de s'installer dans l'alcôve, près de la table. Le programme interprète la situation actuelle, constate que SHAKEY est loin de l'alcôve et la table aussi. Il active alors SHAKEY pour : a) pousser la table près de l'alcôve (sans gêner le passage du robot) ; puis b) s'installer dans l'alcôve. Ces tâches nous

paraissent ridiculement simples, mais mettent en jeu des procédures extrêmement complexes d'élaboration de plans : il faut installer l'objectif, imaginer des plans permettant de l'atteindre, puis les mettre à exécution. On voit alors ce qui fait l'unité de toutes ces recherches : du programme d'Échecs au robot SHAKEY, en passant par la

simulation du comportement humain, l'intelligence artificielle cherche à analyser le comportement humain, puis à le restituer, le reproduire par des voies techniques naturellement très différentes des nôtres.

Pourtant, certains contestent. Hubert Dreyfus, célèbre spécialiste, attaque ces recherches en arguant que la pensée humaine contient certains aspects (obscur à vrai dire) qu'il dit d'essence absolument intuitive et indéterminée, telle qu'ils ne pourront jamais être simulés par une simple machine numérique. Parmi ces aspects, qu'il emprunte souvent aux philosophes classiques, Dreyfus cite le pouvoir de choisir entre l'essentiel et l'accidentel, la tolérance de l'ambiguïté, le raisonnement à la limite de la conscience.

Ces arguments, non sans valeur, ne s'attaquent en fait concrètement qu'aux résultats atteints à l'heure actuelle, bien simplistes encore comme nous l'avons vu. Certes, les spécialistes de l'intelligence artificielle ont souvent été trop enthousiastes dans leurs prédictions : Dreyfus rappelle qu'en 1957, A. Newell affirmait qu'en dix ans un ordinateur deviendrait champion du monde : en 1967 on était loin du compte. Mais Dreyfus lui-même fut battu, en 1967 justement, par le programme de Greenblatt et les méchants disent qu'il en conçut du dépit ! Le très méchant Seymour Papert écrivit même en 1968 un article intitulé « L'intelligence artificielle de Hubert L. Dreyfus : une collection d'erreurs », publié aux presses du MIT. Le petit monde de l'intelligence artificielle (l'intelligentsia artificielle) est dur !

Ces contestataires sont rares. Le monde de l'informatique classique a d'autres soucis et les philosophes littéraires méconnaissent trop la science pour imaginer même l'existence de ces recherches.

Pourtant, en dehors du simple aspect d'intérêt scientifique indéniable que représentent les travaux que nous venons de voir, ils portent aussi en eux un essai d'explication, ou d'analyse tout au moins, du phénomène remarquable qu'est l'intelligence. Deux chercheurs souvent cités, A. Newell et H.A. Simon, après avoir été des pionniers dans les programmes d'Échecs, ont apporté une contribution essentielle à la psychologie du comportement humain en s'écartant radicalement des thèses mécanistes (chien de Pavlov, « behaviorisme » de Skinner) et en étudiant comment l'homme pose les objectifs de son action et cherche à les atteindre.

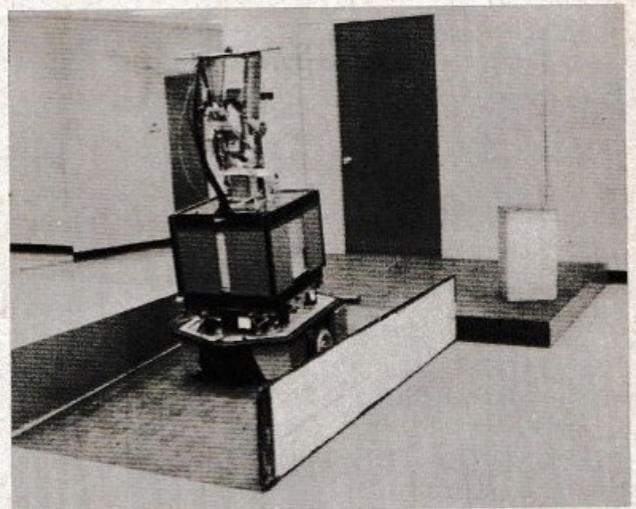
Les mêmes Newell et Simon, recevant en 1975 le Prix Turing (le Nobel de l'informatique), ont proposé une hypothèse nouvelle d'explication du comportement intelligent, qu'ils appellent l'« Hypothèse des Systèmes symboliques physiques ». Selon leur thèse, pour qu'un système vivant ou artificiel, animal ou humain manifeste de l'intelligence, il est nécessaire et suffisant que ce soit un système symbolique physique, c'est-à-dire un système existant dans le monde physique et capable de manipuler des symboles. Modestes,

ils comparent cette hypothèse à celle de Pasteur sur l'origine microbienne des maladies : peut-être pas toujours absolument vraie, la loi permet en tous cas de mener des recherches sur des hypothèses simples, véritables, susceptibles d'être expérimentés, c'est-à-dire scientifiques.

Alors, les ordinateurs deviendront-ils intelligents ? Répondons : oui, certainement. En un sens, ils le sont déjà. Battre David Levy aux Échecs n'est pas à la portée de tout le monde. Quant au degré qu'ils atteindront, répondons prudemment en citant la deuxième loi d'Arthur

10

SHAKEY, LE PETIT ROBOT INDUSTRIEL



Shakey monte la rampe qu'il a été chercher pour atteindre la boîte sur l'estrade.

Lorsqu'on lui demande de déplacer la boîte, SHAKEY recherche parmi les programmes, qu'il possède, ceux qui lui permettent de se saisir d'objets. Il s'aperçoit qu'il n'en a pas (on peut dire qu'il « se découvre manchot ») et cherche une solution intermédiaire : il sait pousser. Il imagine de pousser successivement tous les objets de la pièce : il découvre que pousser la rampe lui permet de s'approcher de la boîte, puis de pousser celle-ci. Il choisit alors ce mode d'action, et les programmes sélectionnés déclenchent les actions prévues : SHAKEY sait donc se servir d'outils. Même lorsqu'il ne possède pas de programme spécifique, il cherche une combinaison de ses programmes aboutissant au même résultat, lequel est bien supérieur en intelligence à ce que savent faire la majorité des animaux.

Clarke, l'homme de « 2001 » et de HAL 9000 (incidemment, Clarke déclare ne pas croire que HAL existera en 2001, mais être sûr qu'il existera en 2100) : « La seule manière de définir les limites du possible est de les franchir pour atteindre l'impossible. »

Jean TRICOT ■