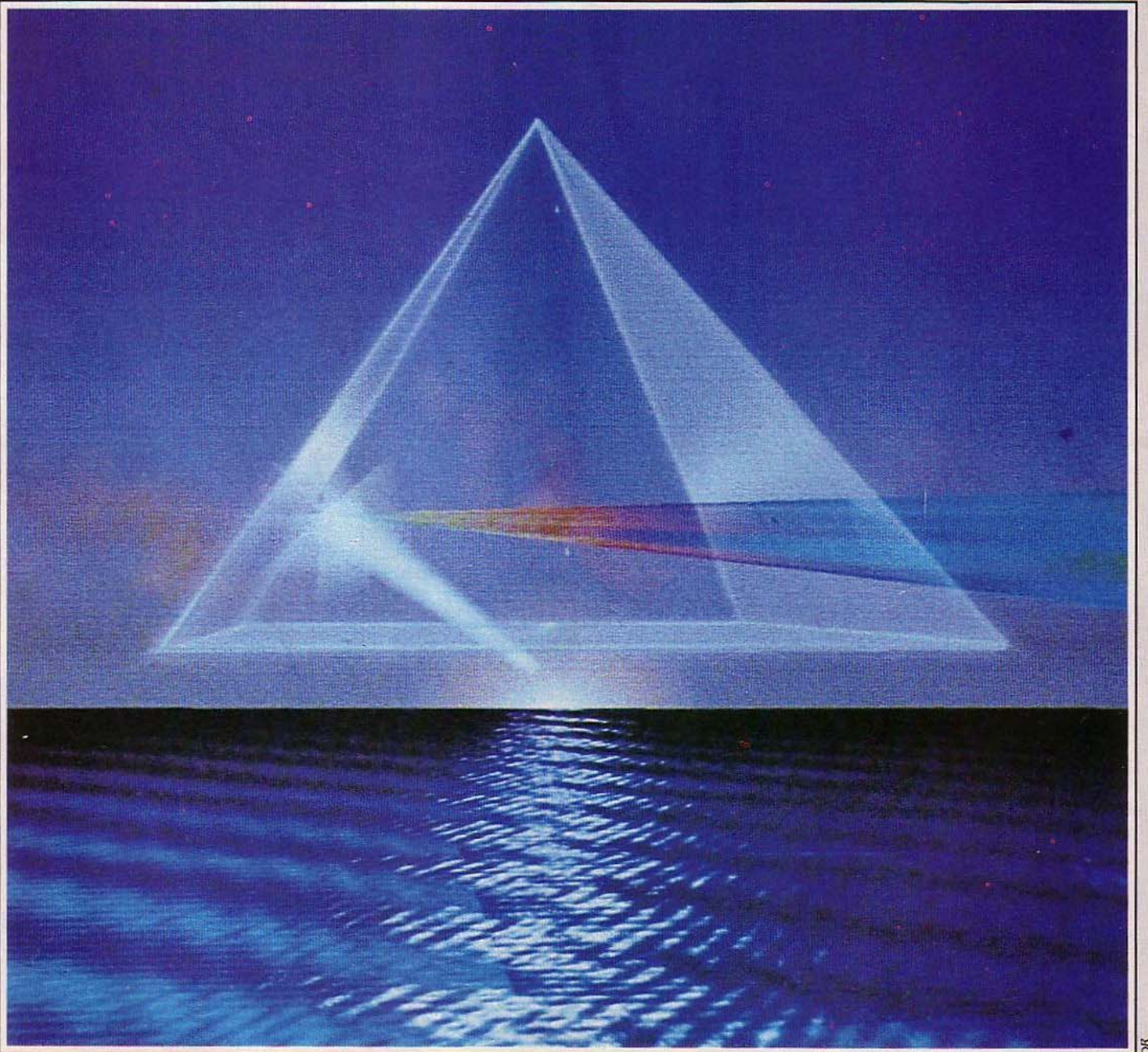


INTELLIGENCE



DK

ARTIFICIELLE

Une machine à l'image de l'homme

Domaine réservé à quelques experts il y a peu de temps, l'intelligence artificielle (I.A.) est désormais sur toutes les lèvres : que ce soient les robots, les systèmes-experts, les outils de dialogue en « langage naturel » ou encore les machines de reconnaissance et synthèse d'images et de parole sans oublier les jeux électroniques ; tous font appel à des théories développées dans le cadre de l'intelligence artificielle et obligent ses chercheurs à en étudier de nouvelles. La collaboration étroite entre les petites équipes universitaires créatrices et les grands groupes utilisateurs leur assure des développements industriels prometteurs. Mais l'éducation suivra-t-elle ?

Une science qui se cherche

COMME TOUTE SCIENCE NOUVELLE, l'intelligence artificielle a d'abord besoin d'être identifiée comme science à part entière, de montrer ses différences face à l'informatique ou aux mathématiques auxquelles elle a été longtemps (et est encore parfois) rattachée. Les débuts de l'intelligence artificielle moderne remontent au début de l'informatique. Il s'agissait alors d'un ensemble disparate de techniques peu unifiées dont les seuls points communs étaient l'utilisation de l'ordinateur et quelques préoccupations théoriques : comment stocker de la « connaissance » dans un ordinateur, comment manipuler des quantités d'information extrêmement importantes, comment modéliser le raisonnement humain etc. Les solutions apportées par les chercheurs trouvaient leurs inspirations dans les mathématiques (notamment dans la logique mathématique), dans la linguistique (les grammaires de Chomsky (1) avaient un certain succès), dans la théorie des automates et ses développements (réseaux de Petri) (2). Une difficulté commune à tous était l'emploi efficace des outils développés par l'informatique traditionnelle : celle-ci s'intéressait avant tout aux algorithmes, programmes trouvant les solutions aux problèmes à coup sûr, et non à la résolution de problèmes aux règles et aux données floues.

Faire un programme joueur d'échecs est en théorie très simple : il suffit à chaque position que l'ordinateur considère tous les mouvements possibles et recommence ainsi à chaque coup pour connaître toutes les parties gagnantes et donc vaincre à coup sûr son adversaire.

Malheureusement, le plus gros des ordinateurs jouant de cette façon (Belle : 140 000 coups par seconde!) a des capacités très limitées en regard de tous les coups possible sur un échiquier (ce nombre dépasse le nombre d'atomes dans l'univers!).

Il existe aussi des problèmes insolubles. Celui du voyageur de commerce, où un représentant doit visiter des clients habitant Lille, Paris, Marseille, Rennes... et veut calculer l'itinéraire le plus économique, est célèbre. La seule façon connue de résoudre ce problème est de calculer toutes les possibilités et de prendre celle de coût minimal. Malheureusement pour le représentant, dès que le nombre de villes à visiter devient important, les calculs à effectuer sont si nombreux qu'un Cray-1 (Un des plus gros et plus rapides ordinateurs existants) lui sera inutile. Enfin, pour réaliser une

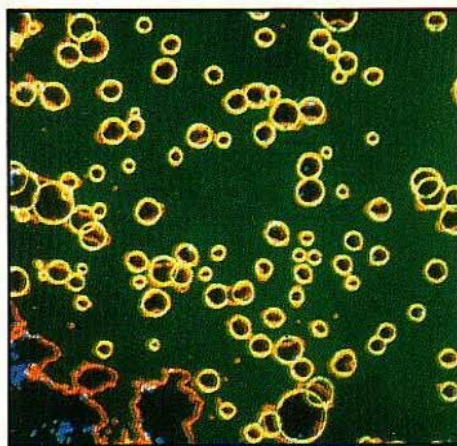
(1) Linguiste connu pour ses travaux sur les grammaires génératives (recherche d'un tronc commun à toutes les langues pour en tirer des règles universelles).

(2) Mathématicien, créateur d'un modèle pour automates programmables, spécialiste de la théorie des graphes.

machine qui comprenne le français, il faudrait pouvoir connaître toutes les phrases possibles et celles-ci sont en nombre infini. On pourrait penser que, connaissant le vocabulaire et la grammaire, cette machine pourrait fonctionner, mais les modèles linguistiques paraissent pour l'instant difficiles à adapter aux ordinateurs.

Des définitions

Au début, les chercheurs se trouvaient devant un véritable défi : même disposant de machines très performantes, ils étaient, et de loin, incapables de résoudre des problèmes apparemment simples et à la portée de chacun d'entre nous. Dans quelques laboratoires on entreprit de reconsidérer le problème : ces situations (parler, lire, aller au restaurant...)



Une application de l'I.A. : la détection et le comptage des particules de suie dans l'évacuation d'une centrale thermique.

n'étaient, peut-être, pas aussi simples et évidentes, et la façon de les résoudre passait, peut-être, par d'autres méthodes que celles du calcul brutal. L'intelligence artificielle se séparait alors de l'informatique classique et cherchait une définition, des objectifs. Pour l'instant cette définition n'a pas encore été trouvée, on peut ainsi lire :

- L'intelligence artificielle a pour objectif de modéliser l'intelligence humaine.
- L'intelligence artificielle doit établir une synthèse entre les modèles logiques, mathématiques, biologiques, psychologiques...
- L'intelligence artificielle est un domaine de l'informatique traitant du raisonnement symbolique et de la résolution de problèmes.
- La définition de l'intelligence artificielle est quasiment impossible.
- Les ordinateurs peuvent faire beaucoup de choses qui semblent nécessiter de l'intelligence.

Chaque chercheur, chaque publication à propos de l'intelligence artificielle proposera ainsi sa définition, ses buts ; le problème est que personne ne sait ce qu'est l'intelligence humaine ni comment on pourrait la mesurer. Alors en parler pour des machines... Il n'en reste pas moins vrai que derrière chacune de ces définitions existent des situations concrètes qu'il faut résoudre.

Les théories de base

L'intelligence artificielle vit actuellement d'emprunts théoriques : la logique mathématique, la théorie des graphes, les modèles psychologiques se retrouvent souvent dans les études, cette situation préoccupe plus les chercheurs que la mise au point de LA définition de l'intelligence artificielle. En effet, peut-on parler de science si les axiomes (c'est-à-dire les principes) de base n'ont pas été posés et acceptés ? Effectivement ceux-ci n'existent pas pour l'instant et il en résulte pour l'intelligence artificielle une image floue à l'extérieur et des difficultés de formation à l'intérieur : un étudiant en intelligence artificielle se forme en examinant les réalisations existantes et en pratiquant lui-même les techniques disponibles. Le « compagnonnage » est encore vivant!

Caractéristiques des systèmes

Malgré les difficultés de définition, on retrouve ainsi dans la plupart des systèmes :

- Une base de connaissances décrivant les informations connues de la machine à propos de l'univers dans lequel elle se trouve.
- Un système d'inférences chargé de la partie « raisonnement » : il sera capable de déduire ou de vérifier des faits à partir des données connues ou acquises en cours de fonctionnement.
- Une stratégie de contrôle guidant le système d'inférences vers les « meilleurs » choix ou les « meilleurs » compromis.

Autour de ces trois modules, on trouvera les éléments nécessaires aux entrées-sorties du système (acquisition d'images, de sons, dialogue...) ainsi que les parties plus spécifiques au problème traité. Toutes les applications contiennent sous des formes diverses ces trois éléments de base.

Des applications nombreuses

LES PROGRES EN INTELLIGENCE artificielle font depuis quelques années l'objet de nombreux congrès qui attirent de plus en plus de participants aussi bien universitaires qu'industriels. Les actes de ces congrès sont de fidèles miroirs des orientations de l'intelligence artificielle, ainsi le 4^e congrès organisé par l'AF-CET (3) en janvier à Paris retenait les domaines suivants comme en rapport avec l'intelligence artificielle : traitement, analyse et compréhension d'images ; analyse et compréhension de la parole ; compréhension des langages naturels ; langages de programmation ; apprentissage ; systèmes experts ; méthodes générales.

La robotique paraît être, dans cette liste, l'oubli le plus flagrant, mais beaucoup des exposés tournaient autour de ce thème.

(3) Association française pour la cybernétique économique technique, 156, bd Péreire, 75017 Paris.

La robotique

Pour reprendre les termes de J.-C. Latombe et A. Lux de l'IMAG (Institut de mathématique appliquée de Grenoble), « la robotique présente une combinaison unique de possibilités attrayantes pour la recherche en intelligence artificielle ». Depuis les capteurs donnant des sens (vision, toucher, audition...) au robot jusqu'à l'apprentissage en passant par la résolution de problèmes, presque toutes les techniques de l'intelligence artificielle pourraient être concentrées dans un robot « intelligent ».

Le robot. Ce mot porte avec lui tout un imaginaire hérité des multiples romans de science-fiction, dont les très célèbres nouvelles d'Asimov des années 1950 mettant en scène des machines quasi-humaines.

Pour l'instant ceci est surtout vrai des robots domestiques dont les capacités sont limitées, mais l'apparence directement héritée des films de science-fiction. Alors que ces appareils ne peuvent presque rien faire (force et déplacement restreints), ils sont déjà dotés d'œil-caméra, de micro-oreille et de haut-parleur-bouche.

Les robots industriels sont moins en rapport avec les fantasmes collectifs et se doivent de répondre, avant toute chose, à des cahiers de charges très épais où on retrouve l'essentiel des problèmes de l'intelligence artificielle. La vision, les reconnaissance/synthèse de parole, la peau synthétique et quantité d'autres capteurs destinés à connaître l'environnement ;

des moyens d'actions : pinces, moteurs, bras, vérins... pour agir sur cet environnement et enfin des moyens d'analyse, de réflexion et de décision pour mener à bien les tâches fixées. Beaucoup de robots industriels ne sont encore que des automates évolués capables de mener à bien une seule tâche pour laquelle ils sont programmés, mais les machines capables de se diversifier et de s'adapter sont à terme plus intéressantes pour rentabiliser les coûts énormes d'études et de développement d'environnements robotisés. Les investissements à réaliser en ce domaine seront de plus en plus d'ordre informatique : de 1977 à 1980, la part de l'informatique dans le prix de revient d'un robot est passée en moyenne de 20 % à 50 %!

Programmer un robot est en effet une tâche délicate : l'univers est réel, c'est-à-dire à 3 dimensions, peu précis (les objets y bougent et

les capteurs qui doivent pister ces objets ne sont pas très fiables). Enfin de multiples contraintes pèsent sur les possibilités du robot ; cette programmation comme tout développement de logiciel coûte cher. Afin de diminuer ces coûts, il convient d'utiliser au maximum des langages évolués. De la même façon qu'en informatique traditionnelle, on utilise Pascal, Cobol ou autres dialectes, dès que le recours au langage machine peut être évité. Ainsi, le langage LM développé par I.T.M.I. (4) permet de programmer :

DEPLACER GOUJON A POSITION-3 JUSQU'À FZ > 0,5 ;

ECARTER PINCE DE 50 ;

DEPLACER CUBE VIA POS1, POS2, POS3 A POSITION-FINALE ;

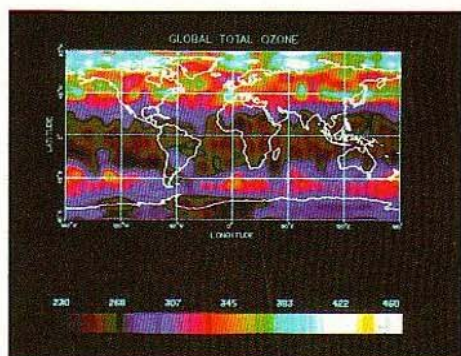
ce qui est tout de même plus simple que d'avoir à calculer les angles et les déplacements de chaque articulation du robot, pour réaliser les actions désirées.

Une fois le programme mis au point, le robot devra disposer d'une grande puissance de calcul puisque outre l'analyse des images, sons etc., il devra être capable de générer des plans d'action grâce aux possibilités combinatoires de l'ordinateur et des modèles connus de la machine. Cette génération de plans ressemble à une démonstration de théorème : la conclusion (connue) est à prouver connaissant l'état actuel du système (grâce aux capteurs) et connaissant les règles de déduction (le plus souvent les règles de la logique mathématique) et les contraintes existant sur les actions envisageables. La plus grande difficulté résidant dans les compromis à trouver par la machine pour résoudre les contraintes contradictoires.

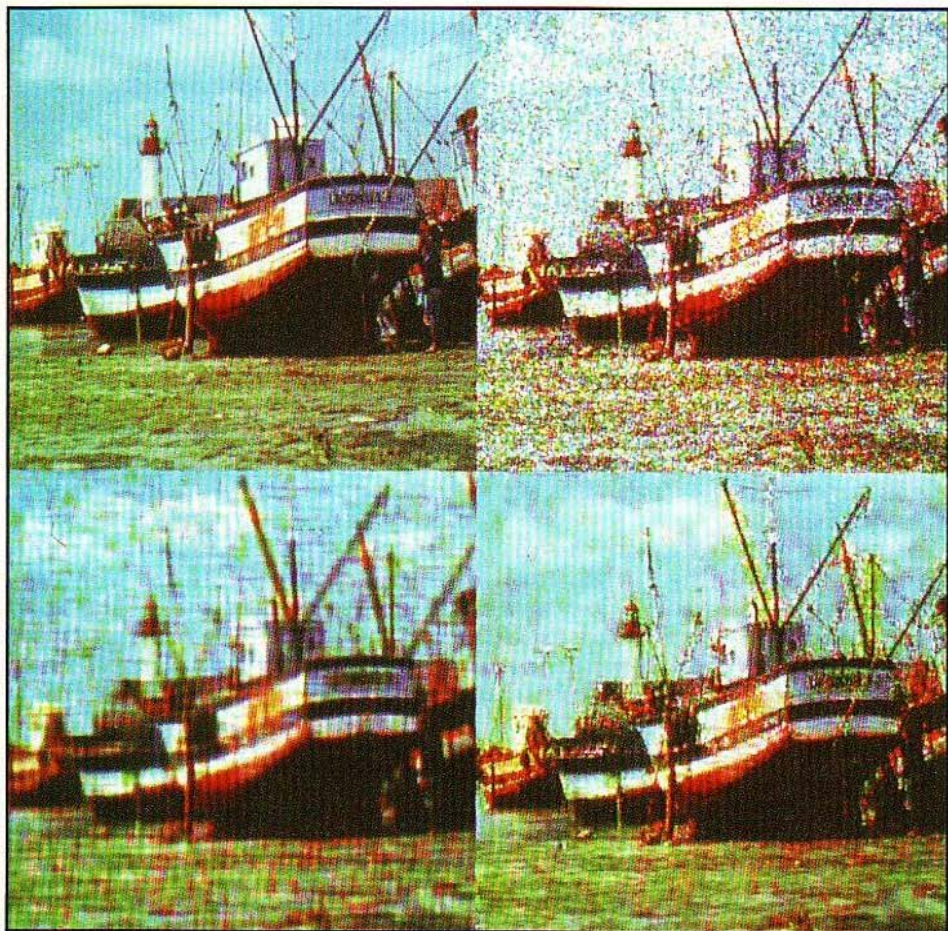
Les efforts fournis en robotique aujourd'hui produiront une modification profonde du parc des automates industriels encore essentiellement composé de machines-outils au rôle déterminé : « Savoir s'adapter » devra être la 4^e loi de la robotique à ajouter au trois premières imaginées par Asimov dans « I, Robot ».

Traitement de l'image

La caractéristique principale des traitements d'images est l'énorme quantité d'informations qu'ils utilisent. Ainsi cette page de SVM, photographiée à 1/10^e de mm, donne une photo de plus de 6 millions de points ! Ces 6 millions de points doivent être traités plusieurs fois si on désire analyser le contenu de cette image : il faut pour chaque point décider de sa valeur (blanc, gris, noir...) en le comparant à ses voisins, puis tenter une ou plusieurs analyses primaires pour réduire la quantité d'information ; par exemple, on pourra réduire les lignes épaisses à des traits... et, seulement ensuite, essayer de reconnaître les caractères imprimés ou extraire les dessins contenus dans la page. Le problème est encore plus compliqué lorsqu'on passe à une analyse en 3 dimensions où les objets peuvent être en mouvement. On comprend que les chercheurs en vision s'intéressent de près aux ordinateurs puissants et

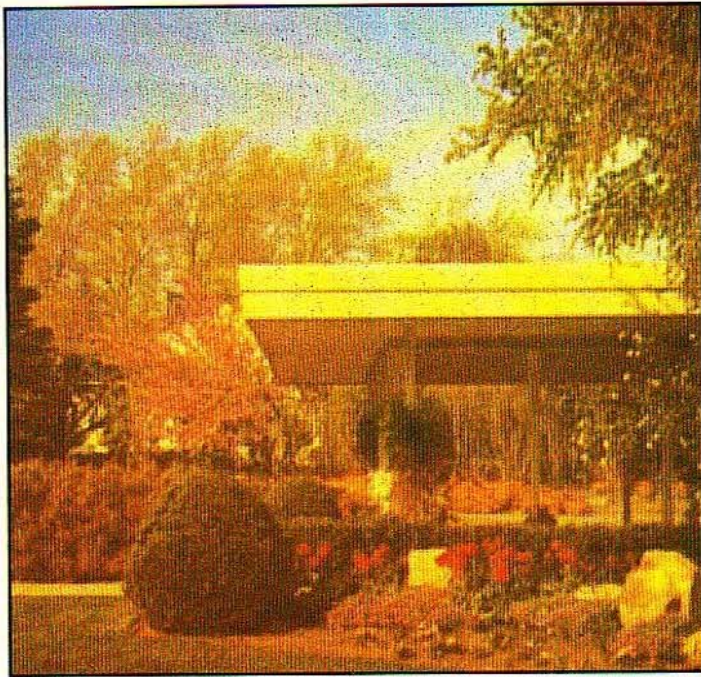


Synthèse d'image de la répartition de l'ozone dans l'atmosphère.



1 - Image originale. 2 - Image « bruitée ». 3 - Image filtrée par traitement classique. 4 - Image filtrée par l'INRIA : le résultat après bruitage est très proche de l'original.

(4) Industrie et technologie de la machine intelligente, créée en 1982 par des chercheurs de l'IMAG.



Ces deux vues mettent en évidence les résultats obtenus par l'INRIA dans ses recherches d'amélioration des contours d'images.

aux algorithmes rapides. Les méthodes d'intelligence artificielle interviennent après ces étapes de mise en forme, quand il s'agit de repérer des lignes caractéristiques, des formes ou des textures dans l'image traitée.

Compréhension de la parole

L'enjeu est d'importance pour les travaux sur la parole : la bureautique promet un avenir radieux pour les machines parlantes et entendantes.

Si le premier cas devient banal (on trouve maintenant des caulettes parlantes), le deuxième soulève d'énormes difficultés. L'appareil capable de converser semble encore très loin : comme pour les traitements d'images, les traitements de la parole manipulent beaucoup de données ; néanmoins la principale difficulté est que la machine, même si elle sait parler et entendre un peu, ne comprend rien à ce qu'elle enregistre ou prononce.

La reconnaissance et la synthèse de parole (la première étape dans l'établissement de dialogues entre les machines et les humains) semblent être des points clés pour l'évolution vers de nouveaux types de machines : des ordinateurs sans clavier et sans écran par exemple, quelle révolution dans la façon d'utiliser les ordinateurs ! Pour reconnaître la parole, il faut un microphone, un analyseur de parole devant isoler les informations fondamentales contenues dans les sons (cela n'est pas évident surtout dans les ambiances bruyées), un organe de calcul pour identifier les sons de base des mots prononcés avec ceux contenus dans le dictionnaire, et enfin une mémoire de vocabulaire contenant l'ensemble des sons connus de la machine. Actuellement, les performances typiques en reconnaissance de parole permettent de disposer d'un vocabulaire de quelques centaines de mots pour des

individus connus de la machine : en effet, chaque personne ayant à dialoguer avec celle-ci devra prononcer une dizaine de fois chaque mot du vocabulaire afin que les caractéristiques de son débit, son accent etc. soient incluses dans le dictionnaire. Ces limitations techniques empêchent pour l'instant une véritable diffusion de la reconnaissance de parole : elle reste limitée aux appareils utilisés par un petit nombre de personnes qui se contentent du vocabulaire limité et de la contrainte imposée par l'apprentissage.

La synthèse de parole peut fonctionner suivant deux principes : ou bien la synthèse par mots ou éléments de phrase, ce qui permet d'affiner les intonations mais limite les possibilités aux combinaisons de mots connus, ou bien la synthèse à partir d'éléments phonétiques qui permet une plus grande généralité (la connaissance des éléments phonétiques permet de prononcer tous les mots) au détriment de l'intonation. Comme on le voit, la reconnaissance et la synthèse de parole souffrent toutes les deux de ne jamais prendre en compte la signification du texte, alors que le sens est essentiel pour l'homme dans ses actions de dialogue.

Le sens d'une phrase est quelque chose de très difficile à saisir pour une machine, il faut déjà avoir une connaissance du monde en général et du contexte particulier dans lequel se situe un dialogue. La traduction automatique ou la compréhension de discours buttent pour l'instant sur les points fondamentaux qui posent tant de problèmes aux linguistes et aux psychologues depuis de nombreuses années : au-delà du mot, les règles générales structurant les phrases n'ont pas encore été mises en évidence (si elles existent) ; qu'est-ce qu'un sujet, un verbe ? Comment pouvoir rattacher un pronom au nom qu'il représente ? De multiples questions de ce genre se posent chaque jour aux spécialistes du langage. Les ambitions de

l'informatique ont donc été ramenées à des dimensions plus accessibles : on cherche à faire de la traduction assistée par ordinateur plutôt que de la traduction automatique, de la compréhension de langage sur des domaines limités plutôt que généraux.

Les projets de traduction par ordinateur sont importants dans les communautés multilingues (Canada, C.E.E.) et se retrouvent aussi dans des projets tels que l'effort japonais vers des ordinateurs de 5^e génération. La compréhension du langage naturel apparaît de plus en plus nécessaire pour améliorer les performances en traitements de la parole. Mais elle est encore du ressort de la recherche fondamentale, c'est-à-dire de l'université, même si quelques applications industrielles s'en réclament.

Compréhension du langage naturel

C'est le casse-tête chinois des linguistes, psychologues, biologistes et chercheurs en intelligence artificielle (il faudrait leur trouver un nom...) ; comment un enfant apprend-il à parler ? Comment construit-on et comprend-on une phrase ? Personne n'a apporté de réponse générale à ces questions et pourtant la traduction assistée par ordinateur, la constitution de bases de données, les machines commandées par la voix et bien d'autres applications ont besoin d'outils permettant d'analyser une phrase, c'est-à-dire de la mettre en relation avec un ensemble de données connues. Pour l'instant, un effort important est produit dans le domaine de la traduction assistée par ordinateur et l'interrogation de bases de données, mais les résultats sont encore loin des performances espérées : avant toute chose, il faut que le contexte (ce dont on parle avec la machine) soit limité à un domaine précis.

PROGRAMMER EN LISP

CREE PAR I.T.M.I. ET DESTINE A L'INTRODUCTION ET A LA FORMATION aux techniques de l'intelligence artificielle, le logiciel Elodia, écrit en Lisp, est composé de 6 modules permettant de se familiariser avec des «arbres» (jeu de Kalah), les systèmes-experts (Poker), les «unifications» (Simplif et Unif), la programmation logique et l'utilisation de Lisp (Elog et Elisp).

Le module d'initiation au Lisp, contenu dans Elodia, guide le débutant dans la compréhension de ce langage si différent des langages classiques. Tout d'abord Lisp essaie de comprendre tout de suite chaque expression tapée au clavier (comme le Basic).

Il faut donc apprendre un vocabulaire (restreint) pour programmer en Lisp, mais le point fondamental est la bonne compréhension de la structure de base de Lisp : la liste. Tout est liste pour ce langage, et une liste est toujours composée de 2 parties : le début et la fin ; chaque partie est, elle-même, une liste ou un élément de base : un «atome». Chaque atome a une signification. Lisp reconnaît une fonction et va chercher à additionner tout ce qui suit dans la liste, etc. Contrairement aux langages classiques qui manipulent le plus souvent des données «plates» (tableaux de chiffres, de noms...), Lisp est conçu pour permettre l'exploitation de données «en profondeur» (listes de listes de listes...). Par exemple, l'écriture d'un programme de manipulation d'arbre généalogique ne pose pas de problèmes en Lisp.

En plus d'exercices de base, Elodia permet de voir fonctionner l'interpréteur Lisp implanté dans ce module : celui-ci lit les listes de gauche à droite et, pour chaque atome rencontré, en détermine la signification et exécute une action (affichage, calcul...) en conséquence.

Le module Elog fonctionne de la même manière, mais initie à la «programmation logique» sur les mêmes principes que des langages comme Prolog ou Loglisp. La programmation logique se situe à un niveau supérieur par rapport à Lisp : un interpréteur logique ne se contente pas d'enregistrer des valeurs ou de calculer des fonctions, il cherche toujours à démontrer quelque chose. Il se base pour cela sur les lois de la logique mathématique ; par exemple, connaissant :

JEAN EST-LE-PERE-DE PAUL

SI (X EST-LE-PERE-DE Y) ALORS (Y EST-LE-FILS-DE X)

le système saura en déduire que PAUL EST-LE-FILS-DE JEAN, sans efforts pour le programmer. Plus encore que Lisp. La programmation logique est une réelle surprise pour les habitués de Basic ou Pascal.

LISP ou l'art de la liste

— Soit à calculer :

$((4 + 5) \times 3) : (7 + 4)$

— Ecriture LISP

$(/ \quad (\times \quad (+ \ 4 \ 5) \ 3) \quad (+ \ 7 \ 4))$

↑ ↑ ↑

Division Multiplication L'opération à effectuer en premier dans la liste

1^{er} terme de la division

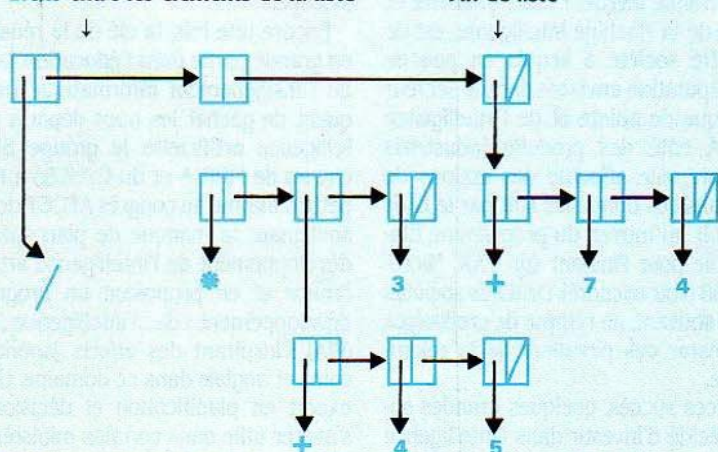
2^e terme de la division

LISP va de l'extérieur des parenthèses vers l'intérieur (notation polonaise inversée)

— Représentation interne

Liens entre les éléments de la liste

Fin de liste



Chaque ouverture de parenthèse en LISP se traduit par la création d'une sous-liste.

Langages de programmation

Lisp est à l'intelligence artificielle ce que Fortran est aux calculs scientifiques et Cobol aux applications de gestion. Développé dans les années 1960, il reste le langage de programmation «symbolique» par excellence, c'est-à-dire où l'élément de base n'est pas le nombre comme pour le Fortran mais la liste (voir ci-contre). D'autres langages apparaissent dont le moindre n'est pas Prolog, développé à l'université de Marseille (eh oui, en France), et sélectionné par les Japonais pour le projet d'ordinateurs de 5^e génération (nul n'est prophète en son pays). Ce langage, comme Loglisp développé aux USA, met en avant la programmation logique (basée sur la logique mathématique) comme moyen de développement de système d'intelligence artificielle.

Apprentissage

Ce concept est un peu la pierre philosophale de l'intelligence artificielle : le rêve d'un ordinateur, capable d'apprendre, hante la littérature depuis longtemps. L'apprentissage, encore moins que la compréhension du langage naturel, ne dispose ni de modèles ni de théories globales. Les recherches sur l'apprentissage humain n'ont pour l'instant que peu de résultats à transmettre à l'intelligence artificielle, et du côté de l'apprentissage mécanique, les recherches menées désignent sous le même mot des notions souvent différentes. L'apprentissage peut désigner, en effet, la connaissance des tables de multiplications par cœur comme la compréhension du mécanisme multiplicatif. Pourtant, il y a apprentissage dans les deux cas. De même l'enregistrement par un robot des mouvements de son moniteur humain aussi bien que les essais de déduction, ou d'induction, d'un ordinateur à partir de connaissances stockées, sont-ils désignés par ce mot d'apprentissage. Pour l'instant l'apprentissage en intelligence artificielle reste encore un secteur, où l'essentiel est à trouver, même si quelques résultats partiels existent déjà.

Les systèmes experts

Ils ont le vent en poupe : ils se vendent et ils fonctionnent ! Le plus bel exemple reste encore la découverte par Prospector (5) d'un gisement qui était passé inaperçu aux experts-mêmes qui l'avaient programmé. Au-delà de ce succès, les systèmes experts restent essentiellement conçus pour des applications spécifiques : il n'existe pas de système expert général qu'il suffirait d'alimenter de données pour obtenir des résultats valables.

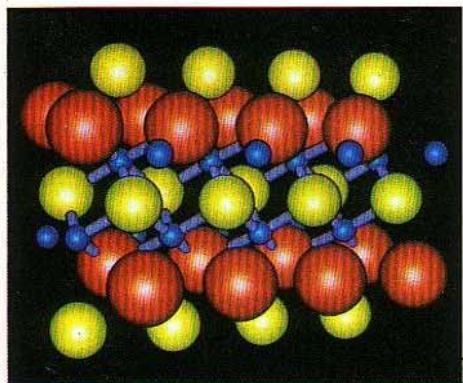
Les systèmes experts n'agissent pas, ils «raisonnent» ou tentent de raisonner. Après les échecs des programmes capables de résoudre les problèmes d'ordre général (années 60), les chercheurs ont restreint leurs ambitions et

(5) Système expert pour la prospection de gisements miniers et pétroliers.

construit des programmes destinés à des domaines spécifiques. Cette attitude, leur permet de se confronter à la réalité alors que les expériences précédentes se confrontaient à des situations idéales.

Le premier système expert, Dendral, déjà vieux d'une quinzaine d'années, devait aider les chimistes à interpréter les résultats d'analyses de composés organiques. Au début c'était l'aspect calcul qui paraissait le plus important pour sélectionner parmi toutes les combinaisons les composés possibles. Mais c'est la méthode de sélection par « règles de production », qui a été à la base de tous les développements ultérieurs. En effet, il fallait donner au programme quelques notions pour pouvoir sélectionner les combinaisons intéressantes, or les chimistes eux-mêmes ne disposaient d'aucun calcul systématique permettant de trouver la solution à coup sûr, ils employaient des raisonnements fondés sur leurs connaissances et sur leurs expériences. Pour les stocker dans l'ordinateur, il fallait d'abord les identifier puis trouver une représentation informatique adéquate. Un moyen terme qui s'est révélé jusqu'ici efficace a été d'employer des règles de la forme : SI (situation) ALORS (déduction). La plupart des systèmes experts conçus à ce jour (environ 200) se basent sur cette méthode. Le fonctionnement du système peut se faire de plusieurs façons et de nombreuses variations existent.

Les systèmes experts mettent donc en avant



Les systèmes experts permettent aussi la reconnaissance des molécules.

les données plutôt que les actions : les évolutions d'un système expert sont en effet rythmées par les événements qui sont communiqués à l'ordinateur. Cette organisation lui procure des avantages indéniables dans les domaines où la connaissance est imprécise ou évolue vite : il suffit le plus souvent de changer quelques règles dans le système expert pour mettre à jour la connaissance. De plus, ce travail de mise à jour peut être effectué par les experts eux-mêmes si un module de dialogue a été intégré au système. Nul besoin d'un informaticien pour changer une règle. Il existe même des systèmes experts pouvant provoquer l'ajustement automatique de leurs règles, sous le contrôle de l'expert bien sûr, une sorte d'apprentissage. Enfin, les systèmes experts semblent bien adaptés au monde industriel : les problèmes dans ce domaine relèvent sou-

vent de l'expertise plus que de la théorie idéale et le savoir évolue progressivement. D'un point de vue juridique, l'industriel peut être propriétaire de la base de règles même s'il sous-traite la réalisation du système expert, et la diffusion du savoir-faire (parfois très secret) peut être limitée au seul « ingénieur du savoir », qui sera chargé de la mise en forme des règles après discussions avec les experts. Dans ces conditions, on peut penser que le succès des systèmes experts dans l'industrie ne sera pas un simple feu de paille.

Les méthodes générales

Elles sont le cœur même de l'intelligence artificielle. Petit à petit un ensemble de raisonnements généraux, qui peuvent être appliqués dans les divers domaines, se dégage. Pour l'instant, ces méthodes restent parcellaires et insuffisantes pour résoudre tous les aspects des problèmes à traiter. Néanmoins les démonstrateurs de théorèmes, les recherches sur les structures de données, les graphes, les sous-ensembles flous, les représentations ont déjà fait la preuve de leur utilité. Pourtant l'étude de méthodes générales en intelligence artificielle reste difficile tant les évolutions sont rapides. L'étude d'une théorie générale de l'intelligence artificielle, quant à elle, n'est pas encore à l'ordre du jour : il faudra attendre une certaine stabilisation des méthodes communes à la robotique, au traitement d'images, à l'apprentissage, etc.

Les perspectives industrielles

ACTUELLEMENT, DEUX CATEGORIES d'industriels s'intéressent à l'intelligence artificielle : les producteurs qui réalisent robots, systèmes de vision, de synthèse ou reconnaissance vocale et systèmes experts, et les utilisateurs achetant, ou développant pour leur propre compte, des outils destinés à améliorer leur rentabilité.

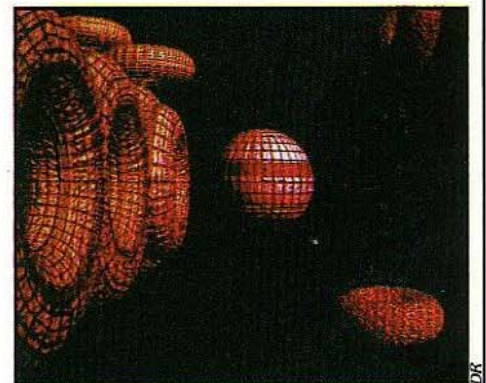
Les producteurs sont souvent des petites sociétés issues des milieux universitaires, qui peuvent suivre l'évolution des techniques grâce à leur faible inertie. I.T.M.I., Industrie et Technologie de la Machine Intelligente, est de celles-ci. Cette société a acquis en peu de temps une réputation enviable dans le secteur de la robotique de pointe et de l'intelligence artificielle. À côté des produits industriels qu'elle élabore, elle effectue des actions de formation dans ces domaines soit par le biais de stages, soit au moyen du programme Elochia, disponible pour l'instant sur VAX, Micro-mega et HB68 (voir encadré). De telles sociétés connaissent souvent, un rythme de croissance rapide, à l'instar des pionniers de la micro-informatique.

Au vu de ces succès, quelques grandes sociétés ont décidé d'investir dans l'intelligence artificielle en créant soit des départements spécialisés, soit des filiales.

Les utilisateurs sont pour l'instant de grands groupes des domaines automobile, pétrolier, informatique... pouvant faire les investissements nécessaires à l'achat ou au développement d'un système d'intelligence artificielle. En effet, la rentabilité d'un tel système vise encore le long terme, à quelques exceptions près comme la performance de Prospector. De plus, cette rentabilité est difficile à chiffrer avec précision tant les conséquences de telles évolutions technologiques sont nombreuses. Il est nécessaire que les utilisateurs potentiels d'un système intelligent s'informent avant du besoin réel. Le choix sera plus judicieux et les critères de décision plus réfléchis. Le plus fréquemment des stages, des journées d'information, des logiciels d'initiation seront des moyens privilégiés pour cette information.

L'intelligence artificielle n'en est qu'au début : c'est encore l'ère des pionniers, des découvreurs, mais, déjà, l'étape suivante se profile à l'horizon. Les grands groupes logiciels commencent à tâter du système expert, les compagnies informatiques intensifient leurs efforts en compréhension du langage, reconnaissance de la parole...

L'aventure de la micro-informatique risque fort de se répéter pour l'intelligence artificielle : lorsque le marché sera « mûr », les puissances financières investiront et la seule chance des pionniers sera de rester à la pointe de la technique. Il s'agit aussi d'une compétition internationale, où il convient de ne pas



Visualisation d'objets mathématiques par les techniques d'I.A.

arriver en retard pour conquérir des parts de marché.

Encore une fois, la clé de la réussite réside en grande partie dans l'éducation. Les lacunes de l'enseignement informatique français risquent de gâcher les bons départs pris en intelligence artificielle : le groupe SICO (chercheurs de l'INRIA et du C.N.R.S.) a tiré la sonnette d'alarme au congrès AFCET de janvier en soulignant le manque de plan spécifique du développement de l'intelligence artificielle en France et en proposant un programme de développement de l'intelligence artificielle (PIA) s'inspirant des efforts japonais, américains et anglais dans ce domaine. Un système expert en planification et décision pourrait s'avérer utile dans certains ministères.

Jean-Michel HUSSON