

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE :

③ LA ROBOTIQUE

(Voir n°s 1 401 et 1 405)

LES robots industriels sont des machines autonomes et douées de possibilités de fonctionnement très souples ; ils sont utilisés dans les environnements dangereux ou pollués (pollution sonore, pollution atmosphérique). Ils présentent actuellement un défaut majeur, celui de n'avoir aucun contact direct avec le milieu qui les entoure ; ils sont, en particulier, « aveugles » et ne peuvent percevoir, par exemple, l'orientation des objets qu'ils sont amenés à traiter ou à manipuler.

LA ROBOTIQUE POUR VOIR ET ENTENDRE

Une nouvelle discipline a donc vu le jour, afin de développer des systèmes capables de recevoir et de traiter des informations provenant de l'environnement immédiat des robots industriels : la robotique doit, en somme, ouvrir la voie aux robots intelligents.

La recherche, en robotique, a un caractère fondamental ; elle n'est pas vouée à mettre au point des appareillages industriels rapidement exploitables. La raison en est claire : l'industrie découvre les robots et ses possibilités tant économiques que techniques, mais elle n'a pas encore émis de suggestions quant aux possibilités nouvelles dont elle pourrait avoir besoin. Le chercheur, pour sa part, découvre, dans la robotique, un secteur entièrement neuf, où il est très aisé d'innover, de mettre au point un organe capable de voir ou d'entendre, voire même de parler. La voix synthétisée, la reconnaissance des formes et des sons sont autant de domaines où le chercheur a tout loisir d'exercer ses talents de

« découvreur », sans avoir à songer aux besoins immédiats des industriels, ni à se préoccuper de leur premier souci, celui du prix de revient.

La robotique est intimement liée à la recherche de l'intelligence artificielle. Toutes deux visent à créer des organes mécaniques ou électroniques ayant des fonctions semblables à celles existant chez l'être humain ; toutes deux font l'objet de travaux essentiellement universitaires. A Paris, Toulouse, Grenoble, Nancy... de nombreux laboratoires liés au C.N.R.S., au C.E.A. ou au C.N.E.T., consacrent leurs efforts à ces disciplines : la Thomson-C.S.F., ainsi que la C.G.E. sont, en France, les quelques rares industriels disposant d'installations de recherches en robotique et en intelligence artificielle. A l'étranger, d'importants établissements tels que Philips, les Bell Telephone Laboratories, la R.C.A., Hitachi... ont entrepris l'investigation de ce domaine scientifique ; les grands laboratoires universitaires tournés vers l'intelligence artificielle sont situés à Nottingham (Grande-Bretagne), Stanford et Cambridge (Etats-Unis).

LA ROBOTIQUE ET SES DOMAINES D'INTERET

Les divers domaines d'intérêt de la robotique (Fig. 2) offrent de nombreuses possibilités :

- Capturer des données sur l'environnement immédiat des robots et traiter ces données.
- Intégrer les données sur l'environnement dans l'ensemble des informations traitées par le robot et établir des « banques » d'informations permettant au robot de prendre des décisions.

- Développer des règles à suivre par le robot en réponse à une demande d'utilisateur, et en fonction des informations stockées dans la « banque ».

Les technologies actuelles devraient permettre de construire des robots caractérisés par les processus indiqués à la figure 2. Cependant, bien des problèmes restent encore à résoudre avant qu'un robot complexe soit effectivement construit. Les principaux axes de recherche sont actuellement :

- l'établissement de bases de la compréhension,
- l'apprentissage des machines,
- la reconnaissance de l'environnement physique,
- la gestion interne des robots,
- l'interaction homme - machine,
- les neurosciences.

LES AXES DE RECHERCHES : COMPRENDRE A COMPRÉHENSION...

Les voies précédentes de recherches conduiront à la réalisation de robots autonomes, c'est-à-dire des machines capables d'effectuer des travaux complexes avec le minimum d'instructions de l'utilisateur. La plupart de ces recherches concernent le long terme (cinq à dix années au moins) ; certaines disciplines, telles que la reconnaissance de la parole, nécessiteront vingt ans de recherches avant d'aboutir.

L'établissement des bases de la compréhension est le premier de ces axes de recherches : comment le processus de la compréhension aboutit-il chez l'homme ? Comment peut-on imiter ce processus au sein des machines ? On ne pourra guère

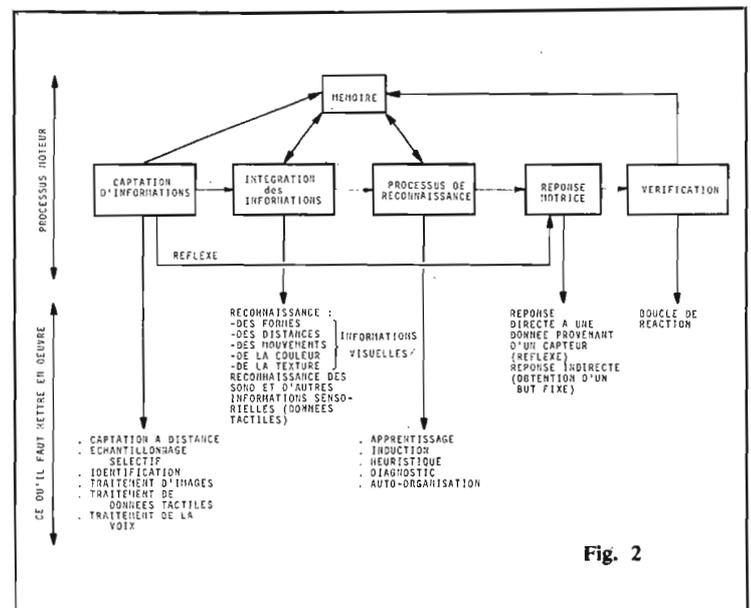


Fig. 2

construire de robots complexes avant d'avoir élucidé le pourquoi et le comment de la compréhension. Un robot intelligent devra pouvoir examiner certains faits saillants et résultats de ses expériences passées et en tirer des déductions qui amélioreront ses performances ; inductions et déductions permettront au robot d'évoluer dans un environnement non préprogrammé. Le robot va, par exemple, découvrir son environnement (la salle dans laquelle il travaille) en créant, dans sa mémoire une grille qui représente cet environnement ; il inscrira dans chaque case de la grille un élément d'architecture ou un mobilier qu'il aura vu au moyen de sa caméra, puis reconnu au moyen d'une unité logique incorporée.

... L'APPRENTISSAGE DES MACHINES...

Jusqu'alors la programmation des robots et ordinateurs était leur seul mode d'enseignement ; les machines ne peuvent guère s'adapter seules aux ouvrages qui leur sont demandés.

La situation idéale (celle à laquelle les recherches conduisent) est celle où, étant donné un problème, un ensemble de relations préétablies et une expérience passée, la machine serait capable de déterminer le parcours le plus économique pour parvenir au but recherché. Les orientations des travaux de recherches doivent mener à une optimisation des stratégies à adopter pour aller d'une question à la réponse. D'où nécessité d'accroître le nombre

de relations préétablies tout en améliorant les technologies (microcircuits) afin que la durée de la recherche de la meilleure relation soit la plus faible possible.

Les robots vont avoir à résoudre une grande variété de problèmes, de l'assemblage de composants électroniques au contrôle automatique d'usines chimiques. Des méthodes générales de programmation et d'apprentissage doivent être développées pour que les robots puissent traiter l'ensemble des cas susceptibles de leur être soumis. Les robots auront à s'adapter automatiquement à de nouvelles tâches ; en outre, l'apparition d'un phénomène imprévu (une panne) ne doit pas les prendre au dépourvu : ils leur faut être à même d'agir pour remettre en état

l'installation en panne et prévenir les effets néfastes de cette panne.

Bien entendu, l'un des caractères fondamentaux des robots est la présence d'interactions permanentes entre leurs organes de perception de l'environnement et leur unité logique. Ainsi, un robot déplacera un composant électronique tout en mesurant en permanence la position spatiale de ce composant et en surveillant son orientation ; il devra saisir le composant avec sa « main artificielle » tout en ayant soin de ne pas le serrer trop fort afin de ne pas le briser, ni le serrer trop faiblement sans quoi le composant pourrait tomber ; à ces considérations s'ajoute une considération de caractère géométrique : un cube devra être transporté de façon différente d'une sphère ou

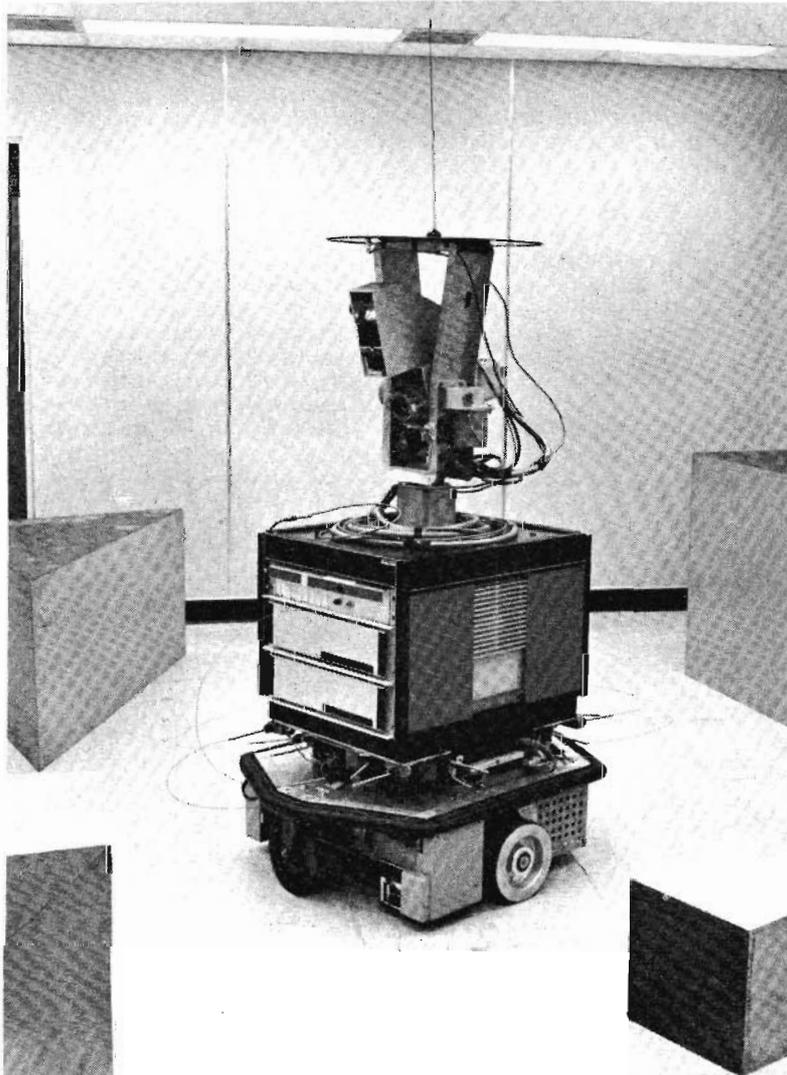
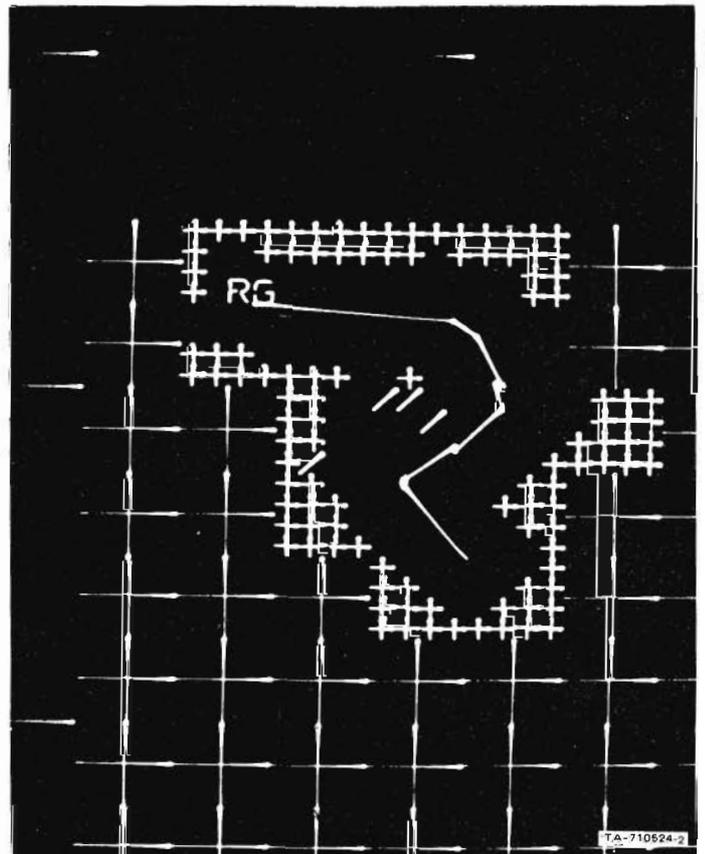


Photo n° 16 : SHAKEY est un robot intelligent : sa caméra lui permet de voir ; des capteurs tactiles lui permettent de détecter la présence d'objets hors de sa vue (par exemple à même le sol). Il est relié, par ondes radio, à un ordinateur.
(Cliché Stanford Research Institute.)

Photo n° 17 : Le robot découvre son environnement : l'espace dans lequel il évolue est représenté par une grille ; les signes « plus » sont positionnés dans les régions encore inconnues ; les obstacles dans les zones déjà découvertes sont symbolisés par les « slashes » (barres obliques).
(Cliché Stanford Research Institute.)



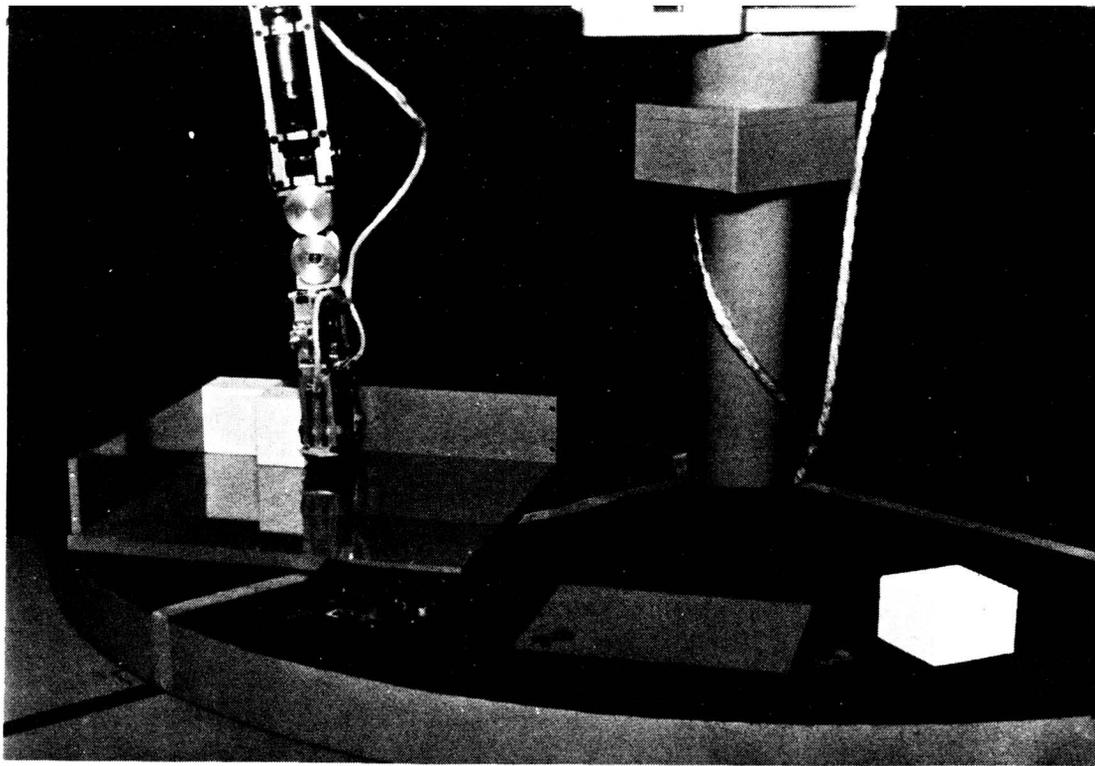


Photo n° 18 : Sous la visée de sa caméra, le robot HIVIP construit, avec sa « main artificielle » un assemblage de cubes. Cette main est dotée de capteurs sensoriels lui permettant de mieux reconnaître la forme des objets.

(Cliché Hitachi.)

d'un prisme; avant de saisir l'objet, le robot l'aura identifié, et il optimisera la manière d'emporter le composant. En fait, c'est ce que nous faisons nous-mêmes, sans même y penser.

... L'AUTOGESTION...

Un robot étant autonome, il est logique de lui fournir les moyens nécessaires pour planifier son action :

— il doit donc, d'une part prévoir les effets d'une action sur son environnement et, pour cela, un modèle de son environnement lui est nécessaire. Le modèle contiendra toutes descriptions sur les caractéristiques de l'environnement du robot ;

— le robot doit pouvoir gérer ce qu'il a à sa disposition : pour mener à bien une tâche, peut-il n'employer que sa caméra pour observer son environnement ? Peut-il utiliser sa « main artificielle » à d'autres travaux ?

— dans une chaîne de travaux successifs, le robot doit être à même de juger de certaines priorités.

Jusqu'alors, dans les ateliers, les robots agissaient en parfaite autonomie : lors de la seconde conférence sur les robots industriels, à l'I.I.T. Research Institute, de Chicago, un spécialiste de la

N.A.S.A., Samuel A. Rosenfeld, a envisagé l'époque, assez lointaine, où les robots, pour rendre leurs travaux encore plus efficaces, devront s'entraider. Aussi, S.A. Rosenfeld a-t-il posé la question de savoir s'il n'existait pas des travaux impossibles à réaliser par un seul robot, et pour lesquels la présence de deux robots devenait indispensable ? Quel sera le mode de conversation le plus approprié entre ces robots ?

... LA RECONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT...

L'environnement des robots est composé d'objets en relief, en couleurs et en mouvement, de bruits et paroles, d'odeurs ; chacun de ces caractères est source d'informations utiles au robot. Les caméras permettent de voir les objets, les « mains artificielles » d'en analyser les formes, la structure ainsi que la composition. Les bruits sont captés au moyen de microphones ; enfin, on pourrait envisager d'associer au robot des analyseurs de gaz pour « sentir » des odeurs.

L'analyse de diverses informations fait l'objet de recherches, essentiellement liées à la reconnaissance des formes ; cependant,

si la reconnaissance des images se traite convenablement, en particulier grâce au développement des hologrammes, il n'en va pas de même de la reconnaissance de la parole, qui s'apparente à la reconnaissance de formes floues.

Vingt années de recherches seront nécessaires avant de disposer d'une unité capable de reconnaître convenablement la parole humaine.

... L'INTERFACE HOMME-MACHINE...

Il n'en va pas de même des unités de réponse vocale qui ont dépassé le stade de la recherche fondamentale.

Certaines machines parlantes conservent leur vocabulaire sous forme analogique, sur des supports magnétiques ou optiques. L'assemblage d'un message pour l'ordinateur, consiste alors à déterminer les adresses successives des mots à énoncer. Le volume et le coût de la mémoire support de l'information vocale croissent très vite avec le nombre de mots enregistrés, et interdisent d'utiliser économiquement plus d'une centaine de secondes de parole. Qui plus est, les mots doivent avoir une durée constante afin d'être tous simultanément accessibles. Des techniques spé-

ciales doivent donc être utilisées aussi bien pour comprimer les mots trop longs que pour allonger les mots trop courts. Il en résulte une perte du naturel de la voix.

D'autres méthodes font appel à des méthodes numériques de conservation des vocabulaires. La voix est codée, le codage mis en mémoire, puis traité comme une information banale. L'outil utilisé pour ce codage est connu sous le nom de *vooder*.

... ET LES NEUROSCIENCES

Enfin, deux axes de recherches fondamentales ont un rapport direct avec l'intelligence artificielle et la robotique :

— la neurophysiologie pourrait suggérer au chercheur des associations plus efficaces entre éléments du puzzle constitué par le robot, ses organes de travail et son unité logique ;

— la recherche d'un modèle du cerveau : le cerveau humain contient dix milliards de neurones ; l'analyse de leur fonctionnement sera indispensable pour améliorer encore les performances des futurs robots intelligents.

(à suivre)

Marc FERRETTI.