

ces «calculs» suivent le nerf optique jusqu'à des zones du cerveau plus profondes.

Mes travaux sur les systèmes de vision des robots m'ont montré que chaque détection de mouvement ou de contour nécessite au minimum l'exécution d'une centaine d'instructions. Par conséquent, pour qu'un ordinateur effectue dix millions de détections par seconde, comme la rétine, sa puissance devrait atteindre 1 000 MIPS.

Or, le cerveau humain pèse environ 1 500 grammes, soit 75 000 fois plus que les 0,02 gramme de circuit de traitement de l'information que contient la rétine. Aussi 100 millions de MIPS (soit 100 000 milliards d'instructions par seconde) seraient nécessaires pour des simulations du cerveau humain. Les ordinateurs personnels actuels font mieux que certains insectes, mais ils sont bien moins puissants que la rétine humaine ou même que le petit cerveau des poissons rouges. Pour que les performances d'un ordinateur personnel s'approchent de celles du cerveau humain, il faudrait qu'il soit un million de fois plus puissant qu'aujourd'hui.

Le coût ou la bêtise

La puissance insuffisante des ordinateurs actuels décourage parfois les spécialistes, mais la réalisation d'un cerveau artificiel, calqué sur le modèle humain, n'est pas inaccessible. À prix constant, la puissance de calcul des ordinateurs a doublé tous les deux ans jusqu'en 1980, tous les 18 mois de 1980 à 1990, et tous les ans depuis 1990. À ce rythme, l'écart sera comblé en 30 ou 40 ans. De toute façon, les robots n'ont pas besoin d'atteindre les performances du cerveau humain pour être fonctionnels.

Diverses expériences de robotique ont montré que les capacités mentales d'un poisson rouge (environ 1 000 MIPS) suffiraient à guider des robots mobiles polyvalents, de façon fiable, dans des environnements inconnus. Ils pourraient alors travailler dans des centaines de milliers de sites industriels, puis dans des centaines de millions d'habitations. De tels robots existeront peut-être dans dix ans, mais leur conception résiste depuis si longtemps aux scientifiques que seule une poignée d'équipes s'y consacrent encore.

Environ 10 000 robots mobiles ont été vendus à ce jour. Les plus performants d'entre eux (10 MIPS) ont à peine



3. DES NAVETTES ROBOTISÉES transportent leurs passagers sur des trajets prédéfinis, en se repérant à des aimants enterrés.

les capacités d'un insecte. Les entreprises qui les ont fabriqués ont des difficultés financières, quand elles n'ont pas fait faillite ; les fabricants de bras manipulateurs ne se portent guère mieux. Les robots mobiles sont principalement des véhicules guidés automatiquement (VGA), qui transportent des matériaux dans les usines et dans les entrepôts. La plupart se déplacent en suivant des guides enterrés qui émettent des signaux, et ils détectent les obstacles grâce à des capteurs (la technique date des années 1960!).

L'installation de câbles de guidage dans des sols en béton est très coûteuse, et l'itinéraire des robots n'est pas modifiable. Ces robots ne sont donc rentables que dans les grandes usines, dont la structure est figée longtemps. Certains robots, mis au point dans les années 1980, après l'apparition des microprocesseurs, se repèrent grâce à des signaux plus subtils, tels les motifs d'un sol carrelé, et ils utilisent des ultrasons ou des rayonnements infrarouges pour détecter les obstacles et les contourner.

Les robots industriels mobiles les plus perfectionnés, mis au point depuis la fin des années 1980, sont guidés par des balises de navigation temporaires, placées en fonction des besoins (par

exemple, des codes-barres lus par des lasers), et par des éléments architecturaux, tels les murs, les angles, les portes... Ainsi, on modifie facilement les trajectoires des robots. Ces robots auraient de nombreuses applications dans l'industrie pour transporter des charges, nettoyer les sols, surveiller des locaux... si l'installation ou la modification de leur parcours n'était pas si pesante : elle est longue, coûteuse et nécessite l'intervention de spécialistes pour programmer le parcours. Bien que techniquement intéressants, ces robots ne sont économiquement pas viables.

L'analyse des échecs, toutefois, a révélé les conditions du succès des prochains robots. Tout d'abord, le prix doit être proportionné à l'utilité. Les VGA existants, les chariots élévateurs, les machines de nettoyage des sols..., conçus pour être pilotés par des conducteurs humains ou pour se déplacer en suivant des fils de guidage, peuvent être adaptés en vue d'un fonctionnement autonome. D'autre part, l'utilisateur doit pouvoir faire fonctionner les robots sans l'aide d'un spécialiste. Troisièmement, ces robots doivent fonctionner au moins six mois sans rencontrer de problème. Les robots qui se coincent quelque part, se perdent, roulent