

Jean-Daniel Dessimoz, "La robotique appliquée, et son rôle entre science et société", "La robotique en mouvement – opportunités pour l'industrie", Org. GESO, EPFL, Robot-CH, HEIG-VD et al., EPFL, Lausanne, 28 juin 2007

# **La robotique appliquée et son rôle entre science et société**

*Prof. Dr. J.-D. Dessimoz, MBA, Lab. de Robotique et Automatisation  
HEIG-VD Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion, , 1400 Yverdon-les-Bains  
HESSO Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale*

## **Résumé**

La robotique c'est le mouvement. Mouvement des objets et des outils manipulés au bout d'un bras fixé par ailleurs au sol, dans le contexte industriel classique. Et, de plus en plus aussi, mouvement d'une plateforme capable de se déplacer d'un lieu à l'autre.

En robotique, la notion de travail est centrale, même si souvent, les loisirs sont aussi concernés. Entre science et économie, la robotique appliquée implique une prise en compte systémique des problèmes, l'élaboration de normes et de standards, ainsi qu'une recherche très ciblée de solutions susceptibles d'être économiquement viables.

La robotique est un domaine aux retombées diverses et nombreuses, qui offre des opportunités dans pratiquement tous les grands segments de la société. Dans la formation, tous les niveaux tendent à la concerner. En recherche fondamentale c'est autant le désir de créer des systèmes plus performants qui est présent que l'espoir de comprendre voire d'expliquer le vivant sur la base des ersatz proposés qui constitue l'élément moteur. En recherche appliquée, c'est l'automatisation des processus cognitifs (cognitique) et l'exigence d'en faire une estimation quantitative, normalisée qui est un sujet actuellement brûlant. Dans l'industrie et l'économie en général, la robotique s'améliore souvent de façon progressive et parfois avec des changements fondamentaux d'approche ; elle y est pertinente non seulement à titre de moyen de production mais sans doute plus dans le futur également comme produits exportables, que ce soit comme des systèmes complets ou comme certains composants ainsi que des services associés. La robotique présente depuis ses débuts dans le domaine purement de l'art (théâtre, littérature, cinéma), permet maintenant aussi, tout en restant dans la culture et les loisirs, d'acquérir de l'expérience utile et donc d'assurer aux personnes concernées une sorte de formation. Et c'est peut-être pour la santé et la sécurité, voire simplement pour le confort chez soi, que les potentialités de la robotique sont les plus prometteuses. Par ailleurs, la robotique est reconnue comme un secteur susceptible de rapprocher la science du citoyen.

L'article comprend ensuite l'étude de trois cas où la robotique appliquée fait le pont entre les sciences en général et l'ensemble de la société. D'abord, le détail d'un robot susceptible d'aider l'homme dans son chez soi est présenté, dans le contexte de l'initiative mondiale « Robocup-at-Home ». C'est ensuite l'association Robotique, qui vise à promouvoir la robotique en Suisse dont les traits sont esquissés. Et enfin, le cas exemplaire de Yverdon-les-Bains et d'Y-Parc est relevé, d'où il apparaît qu'une continuité opportune apparaît tant pour le développement économique que pour la formation, s'étalant de l'école primaire jusqu'aux niveaux universitaires, tout en présentant à chaque niveau des aspects spécifiques.

# La robotique appliquée et son rôle entre science et société

## 1. Introduction

L'automatisation progresse depuis deux siècles, avec en permanence une accélération, particulièrement remarquable depuis 50 ans.

Au cours de ces dernières années, des robots se sont répandus dans le monde industriel ; ils y ont typiquement maintenu une base fixe, et leur environnement est resté extrêmement structuré. Les progrès y sont constants, mais en termes de marché, le potentiel y semble limité par le plafonnement de la part de la société qui s'y trouve active. Or depuis quelques années il est de plus en plus question de sortir de l'usine ; de faire des robots mobiles, autonomes ; et même, pour un futur que l'on souhaite proche, de réaliser des systèmes capables de bien communiquer et coopérer avec l'homme [1, 2, 3].

Sans rien renier de l'importance de la robotique industrielle, (d'autant moins que celle-ci reste obligatoirement impliquée dans la production de tous les types de robots), cette présentation traite plus du second secteur mentionné, celui où la robotique rencontre quasiment tous les autres segments de la société.

Après avoir précisé les contours de la robotique appliquée (partie 2), ce document vise à esquisser le profil de la robotique en tant qu'élément de liaison entre les sciences et les multiples et divers segments de la société (partie 3), ainsi qu'à présenter certains cas, particulièrement représentatifs dans ce contexte (partie 4).

## 2. Définitions des termes et commentaires

Avant d'aller plus avant, précisons les notions de robotique, et, en cohérence avec le mouvement des Hautes Ecole Spécialisées (HES) en Suisse, de robotique appliquée.

### 2.1 Robotique

Au cœur du mot robotique, les lettres « rbt » sont les mêmes que dans certains autres mots, notamment allemand (Arbeit) ou russe (cf. travailler), pour faire, selon une ancienne influence, référence à la notion de travail.

Aujourd'hui, la notion de robot est plus vaste, débordant souvent la notion de travail, au profit d'une autre caractéristique des robots, qui elle reste aussi souvent présente : la ressemblance à l'homme. Cette dernière caractéristique s'avère particulièrement utile si l'on songe que ce qui est attendu, dans l'imaginaire de beaucoup, c'est un système capable d'être complémentaire à l'homme, en termes fonctionnels et temporels.

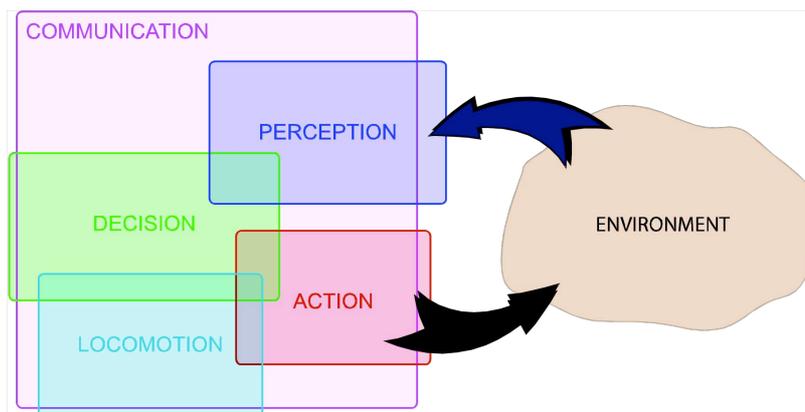


Fig.1 Fonctions principales d'un robot

Le robot devrait travailler de façon coopérative, et souvent remplacer l'homme dans les tâches que celui-ci ne peut plus, ou ne souhaite plus, assumer par lui-même.

Les robots ont très tôt été capables d'assumer les fonctions de perception, de décision et d'action, même si suivant les contextes, le développement de l'une ou l'autre de ces fonctions pouvait en être resté à des

stades très différents. Puis la locomotion est apparue (robots mobiles), est maintenant la communication est indispensable pour les robots coopératifs.

## 2.2 HES

Les Hautes Ecoles Spécialisées ont maintenant à peu près 10 ans d'âge. Créées dans le dessein de revitaliser l'économie, elles ont pour mission de compléter par un apport spécifique, hybride, ce que traditionnellement, seuls, les professionnels de la science et de l'industrie assuraient pour le bénéfice de la société. Dès lors, chacun des autres partenaires peut se concentrer sur une mission plus spécifiquement définie : la science fondamentale pour les universités traditionnelles, et la réponse aux besoins à court terme du marché (offre et demande) pour l'industrie.

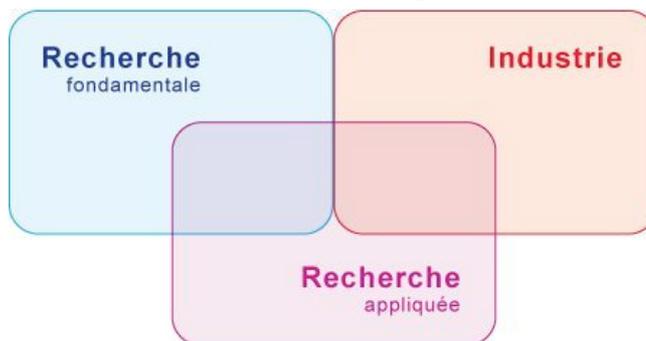


Fig. 2 Nouveau : la recherche appliquée entre science fondamentale et pratique industrielle

Secteur	Exemple de professionnel	Préoccupations typiques
Sciences fondamentales	Ex. Prix Nobel de physique	Principes, démarche analytique, vaste champ d'exploration
Sciences appliquées	Ex. ... hybride des exemples ci-dessus et ci-dessous ??	Normes, standards, approche systémique, recherche très orientée
Industrie	Ex. Responsable produit (Montre X, Nestlé, Novartis...)	Réponse aux besoins du marché (offre-demande)

Tableau 1. Exemple de professionnels et de préoccupations pour les secteurs des sciences fondamentales, de la pratique industrielle, et, nouveau, entre deux, de la recherche appliquée.

Au-delà des solutions de principes, les HES sont naturellement sensibles aux aspects systémiques et orientés vers la pratique : impacts en termes de sécurité, de développement durable, sur les ressources humaines, l'éducation, l'environnement.

En particulier, la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du canton de Vaud mène des activités dont la finalité est de former des Ingénieurs et des Economistes. Avec ses quelques 1600 étudiants, la HEIG-VD [4] est une pièce majeure de la HES de Suisse Occidentale (HESSO). En dix ans, les ingénieurs à temps plein y sont passés d'environ 6 à bien plus de 60, en coopération avec le Centre d'Etudes et de Transfert Technologique (CeTT), reflétant ainsi la forte augmentation qui s'est produite des activités en Ra&D et transfert technologique.

## 2.3 Robotique appliquée

Dans la ligne des HES, la robotique appliquée vise à favoriser la transmutation des résultats de la recherche scientifique fondamentale en produits et services susceptibles de profiter à la société, dans le domaine de la robotique.

Un secteur d'application essentiel de la robotique, c'est naturellement la fabrication industrielle classique, constamment renouvelée. Un secteur plus nouveau, plus exigeant en termes de facultés d'adaptation, et à forte potentialité de développement, c'est la robotique mobile hors du domaine industriel, en milieux moins structurés que les usines.

Quel que soit le niveau de performances à atteindre par les systèmes robotisés, il apparaît, lorsque ceux-ci concernent l'ensemble de la société, des exigences importantes et nouvelles en termes d'interface homme-machine, ou de façon générale, en termes de communication.

Dans les cas les plus avancés, pour assurer notamment la coopération entre l'homme et le robot de façon vraiment naturelle, les interfaces vocale et visuelle, ainsi qu'en général, les capacités de perception, d'action et de mouvements dans l'espace sont des passages apparemment incontournables.

Au plan cognitif, en plus des fonctions relatives à la perception et à la synthèse des mouvements, une démarche de type Eliza, augmentée de l'accès aux informations constamment mises à jour (cf. « web, pervasive, ubiquitous systems ») permet d'envisager la réalisation de robots communicant de façon naturelle et utile, pour des thématiques très vastes.

### **3. Rôle de la robotique, entre science et société**

En fait, une fois concrète et appliquée, et sans pour autant se limiter aux contraintes du marché, la robotique peut aller au-delà des domaines assurant la continuité entre recherche fondamentale et industrie. Observons cela par rapport à divers segments de la société. Ensuite, nous verrons que d'autres aspects encore sont intéressants, et nous pourrions esquisser ce qui apparaît comme d'excellentes potentialités d'applications industrielles.

#### **3.1 Rôle adapté aux divers segments de la société**

Il est d'usage de distinguer, dans la société, une demi-douzaine de grandes catégories, comme la formation, la recherche, l'économie ou la culture par exemple. Il apparaît que la robotique est un secteur d'applications pertinent pour la plupart d'entre elles, et nous les passons brièvement en revue.

##### **3.1.1 Formation**

Dans le secteur de la formation, la robotique s'avère un terrain fertile d'exploration pour tous les niveaux de formation ; suivant les contextes l'un ou l'autre aspect de la robotique joue un rôle déterminant : universités (EPF), HES, mais aussi Ecoles techniques, Ecoles primaires et secondaires, HEP. Certains points forts sont communs, tels que l'approche multidisciplinaire, le travail en équipe, ou encore la validation expérimentale des concepts imaginés. Par contre, suivant les cas, ce sera la compréhension de phénomènes biologiques ou humains qui sera dominante, ou alors l'intégration vers un but précis de ressources techniques de qualité industrielle, ou encore simplement la possibilité d'acquérir une expérience riche d'inspiration, d'interaction maîtrisée entre l'homme et la machine.

On constate aujourd'hui, même dans le secteur parascolaire, que des possibilités de formation et de perfectionnement sont possibles grâce à la robotique. Les concours de robots, tels que des Coupes (locales) des Ecoles (tous niveaux), ou au niveau international, la FIRST Lego League, ou encore Eurobot, sont des exemples très significatifs à cet égard (voir aussi [par ex. 5, 6] et Fig. 3).

##### **3.1.2 Recherche**

Dans la recherche, les directions d'exploration sont multiples. Parmi les mouvements dominants, on remarque les tentatives de combler le fossé qui subsiste souvent encore entre les exemples biologiques et leur équivalent synthétisé par l'homme. D'un côté des progrès sont nécessaires pour améliorer les performances des équipements de synthèse, mais en retour cela aide aussi les scientifiques à mieux comprendre le monde biologique.

##### **3.1.3 Recherche appliquée (Développement, Technologies et Méthodes)**

En recherche appliquée, il s'agit de proposer des moyens efficaces, fiables, économiquement raisonnables d'atteindre des objectifs précis préétablis ; de développer des solutions nouvelles, des technologies et des méthodes innovantes. En particulier, en synchronisme avec ces démarches, la définition d'une métrique pour les sciences cognitives, avec des unités de mesures appropriées, est un grand progrès pour systématiser les comparaisons et pour juger objectivement des performances pour un robot; tant celles, a posteriori, qui sont démontrées, que celles, a priori, qui sont requises. De façon générale, l'automatisation des processus cognitifs, la cognitive, est sans doute le champ de

développement où les résultats les plus significatifs sont à viser, ... et les plus surprenants sont à attendre.

### 3.1.4 Industrie et économie en général

Dans le secteur industriel, la robotique est déjà indispensable depuis plusieurs décennies dans de multiples branches (d'abord introduite principalement dans le secteur automobile, les salles blanches pour la microélectronique, divers milieux dangereux comme le nucléaire, l'espace ou les fonds sous-marins, elle est utile maintenant dans d'innombrables autres contextes). La flexibilité, et l'agilité associées à la robotique permettent de relever les défis actuellement posés par la mass-customization, l'adaptation rapide aux besoins du marché ; l'amélioration des performances, notamment en précision et en dynamique, qui permettent de repousser les limites du possible dans d'innombrables secteurs. En plus d'améliorations continues, des paliers sont régulièrement franchis par changement de paradigme : Comme à l'époque les architectures SCARA ou parallèles, aujourd'hui le wireless, la mobilité, les architectures pervasives, ou encore l'intégration ad hoc de fonctions précédemment séparées (par ex. JCM Stäubli, PC-commande, ...) permettent le progrès.

### 3.1.5 Culture et loisirs

Dans le secteur de la culture et des loisirs, la robotique est également présente. Elle l'a été dès les débuts, puisque c'est au théâtre qu'elle a en quelque sorte commencé, il y a près d'un siècle (Karel Capek) ; et de multiples étapes sont célèbres (cf. I. Asimov, La Guerre des Etoiles, AI...).

Progressivement depuis environ une dizaine d'années, un volet plus actif, concret, « appliqué » s'est ajouté à ce domaine : la possibilité durant les loisirs et sous forme ludique, d'acquérir des compétences nouvelles dans la maîtrise de notre environnement technologique. La réalisation de systèmes robotisés est possible, dans la ligne notamment du modélisme et des jouets techniques.

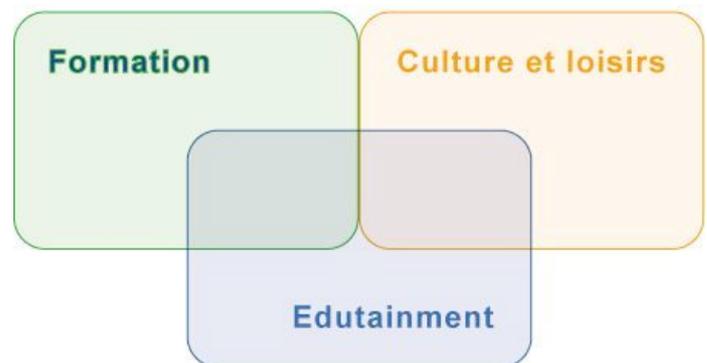


Fig. 3 Apparitions de secteurs hybrides, entre formation et loisirs

Un excellent exemple de cette démarche est fourni par les activités de Planète sciences, en France, qui par ailleurs est un partenaire important de l'organisation Européenne Eurobot [7, 5].

### 3.1.6 Santé et sécurité

Dans les domaines de la santé et de la sécurité, la robotique va jouer un rôle important dans le futur. Il s'agira dans le premier cas de pallier certaines déficiences de l'homme qui pourront être dues à des handicaps, des maladies, ou souvent simplement imposées par l'âge. Par ailleurs, les soucis croissants de sécurité, ainsi que l'attention toujours plus grande apportée à la santé des travailleurs font qu'un apport de la robotique dans le secteur de la sécurité est très probable pour le futur déjà proche. Dans la mesure où la robotique en mouvement coïncide avec le biomédical, les perspectives pour la Suisse devraient s'avérer très bonnes. D'après les chiffres de Swissmem, dans une période récente sous revue, pour une croissance d'un facteur 2 à l'importation de matériel biomédical correspondait à l'exportation une croissance d'un facteur 15 !

## 3.2 Autres aspects et potentialités industrielles

Indépendamment des catégories de la société juste évoquées, la robotique présente encore d'autres aspects intéressants, et tout ceci converge pour nous faire conclure que les potentialités industrielles sont très bonnes.

Les robots mobiles autonomes ont un fort pouvoir de communication et peuvent véhiculer une grande charge émotionnelle. Ils constituent des ambassadeurs privilégiés de la science auprès du citoyen ; c'est aussi bien un terrain d'exercice stimulant pour permettre à l'homme de faire l'expérience de son pouvoir sur la machine (... et, semble-t-il, parfois réciproquement !).

Un autre facteur qui explique l'importance de la robotique et de son développement c'est que cette discipline touche, à des titres différents, l'ensemble des couches d'âge de la population.

Pour ces deux raisons, la Communauté européenne soutient par exemple les concours Eurobot dans l'esprit de rapprocher la science du citoyen. Il en a été de même en Suisse lors du dernier festival Science et Cité, en 2005.

En termes de potentialités industrielles et d'opportunités économiques, il convient de distinguer deux domaines. Le plus évident est celui du milieu industriel en tant que rassemblant l'ensemble des moyens de production de biens manufacturés. Dans ce domaine, le potentiel est certes important, voire critique dans certains cas pour qu'on puisse maintenir dans nos régions, de façon économiquement rationnelle, l'indispensable infrastructure industrielle. Mais beaucoup plus prometteur encore, c'est le potentiel industriel en termes de production de systèmes robotisés ou tout au moins de composants pour de tels systèmes (cf. aussi en Suisse les travaux de l'initiative Manufuture [8]).

Le potentiel le plus grand est sans doute lié à la solution du problème des transports, « pour les derniers 100 mètres ». À grandes distances, les infrastructures publiques (routes, rail, aéroports...) permettent des solutions satisfaisantes. Mais lorsqu'on quitte le domaine public pour le terrain privé, aujourd'hui les solutions de transport sont pratiquement inexistantes.

Il y a là un grand besoin d'aide à la motricité ; de deux types ; primo, pour « naviguer », « aller voir », répondre au téléphone, suivre ou guider des personnes, etc. ; et deuxièmement pour transporter des objets sur de petites distances (par exemple du salon à la cuisine, ou de la voiture au frigo) ou encore pour agir sur l'environnement.

Ce type de besoins va croissant à cause de l'âge moyen de la population qui augmente, ainsi que du niveau de qualité de vie visé qui monte aussi ; en particulier cela est encore plus vrai pour le segment des malades et des handicapés.

Dans le secteur de la robotique, la Suisse dispose de plusieurs avantages par rapport à la concurrence internationale : une excellente préparation de la population à gérer des systèmes complexes ; une longue et bonne tradition de fiabilité (confiance de la part de nos partenaires) ; et enfin, un héritage précieux et une situation actuelle d'excellence dans les microtechniques ; la robotique se rattache à ces dernières, vu sa multidisciplinarité, ses fonctions d'acquisition et de traitement de l'information, de pair avec sa bonne capacité d'immersion dans le monde physique.

#### **4. Etudes de cas**

Après les considérations générales des paragraphes précédents, il convient de décrire de façon plus détaillée quelques cas singuliers particulièrement significatifs. Toujours centrés sur la robotique, ces trois cas décrivent trois situations où, selon des équilibres différents, les pertinences thématique ou locale sont bien présentes, et illustrent des liens établis avec, d'une part, la science et la technique, et d'autre part, la société en général.

##### **4.1 Robocup-at-home**

Dans sa formulation originale, datant d'une dizaine d'années, Robocup est une initiative scientifique, technologique, et concrète, déployant ses effets au niveau mondial. Son objectif, ambitieux, est de marier l'excellence en intelligence artificielle dont Deep Blue (l'ordinateur qui joue mieux aux échecs que Kasparov) est représentatif, ainsi que la mobilité dont un robot tel que Sojourner (cf. le robot américain sur Mars) est capable avec ses 6



roues et 10 moteurs ; et de développer encore ces facultés jusqu'en 2050, pour obtenir finalement un système doué, tout à la fois, d'ingéniosité et d'initiative personnelle, d'esprit d'équipe, de rapidité de déplacement et de force de frappe, en bref d'atteindre l'idéal que constitue un footballeur membre d'une équipe capable de gagner le championnat mondial! [9]

Plusieurs ligues se sont formées où d'une façon ou d'une autre (en simulation, avec de petites structures, ou avec une taille moyenne, ou encore avec des jambes articulées, etc.) des robots sont en compétition, suivant des règles en évolution, qui tendent vers cet objectif lointain.



Par ailleurs depuis fin 2005, notamment sous l'impulsion de la Fraunhofer Gesellschaft allemande [10], le souhait s'est exprimé de répondre, en parallèle, dans une ligue ad hoc, « Robocup-at-home », à des besoins élémentaires d'assistance robotisée en milieu



domestique, avec des **objectifs « immédiats »** de réalisation, selon un cahier des charges précis, avec des étapes significatives, de difficultés progressives : suivre une personne, se déplacer à un point convenu de l'habitation, prendre et manipuler un objet, ouvrir des portes, etc.. [11, 12]

Il faut noter que les tâches de base du second type («at-Home») sont nécessaires pour une foule d'applications pratiques, bien au-delà des compétitions Robocup : dans un premier test, « suivre une personne », le robot peut en principe porter une charge pour une personne humaine, lui rappeler sonhoraire, surveiller ses déplacements, apprendre un parcours ou des places de référence, ou comment guider ultérieurement un invité par exemple. Reconnaître visuellement une personne est un autre test utile pour un traitement différencié des tâches : apporter les médicaments ou le téléphone portable à la bonne personne.



Fig.7 Notre robot RH1-Y durant la compétition Robocup-at-Home 2006. à Brêmes. Le robot suit la personne à travers le logement.



Fig.8 Durant la compétition, deux juges constatent que robot de l'Université (RWTH) d'Aix-la-Chapelle (Aachen) se déplace de façon autonome et sans collision aux endroits du logement juste spécifiés



Fig.9 Les équipes de Carnegie Mellon Univ. (accroupis à gauche) et de la HESSO (debout, à droite) procèdent aux réglages dans le logement servant à la compétition. Au fond : cuisine et frigo.

Un troisième test s'appelle « navigation » et permet de démontrer les compétences du robot pour faire des déplacements autonomes vers des buts définis par l'homme tout en évitant les collisions, pour transporter notamment des objets pour des personnes peu mobiles (ou occupées à d'autres tâches). Et ainsi de suite des tests sont définis pour ouvrir une porte, prendre une boîte au frigo ou un objet par terre...

Les figures 7 à 9 illustrent la problématique en milieu concret. On y voit un logement tout à fait représentatif de la vie de tous les jours. Avec des meubles, une plante, une lampe, une télévision, des portes, des éléments mous (coussins), des éléments fins (pieds de chaise), du noir, du blanc, des couleurs et des textures...Le potentiel de retombées pratiques des capacités démontrées dans le cadre Robocup@Home est très grand, comme tendent à le confirmer l'intérêt des médias et du grand public : Les images des fig. 8, 9, et 13 sont tirées d'une émission de télévision allemande (ZDF, [13]), qui a été vue par un million et demi de téléspectateurs d'après l'audimat, malgré l'heure de diffusion non idéale.

Il faut souligner l'intérêt très grand des rencontres Robocup@Home : tout à la fois on y rencontre les meilleurs talents du domaine sur les plans scientifiques et technologiques (universités et centres de recherches prestigieux) et l'on s'y confronte à la réalité : les robots fonctionnent en « live », de façon autonome, en conditions ordinaires (aspect applicatif important pour nous).

Les robots mobiles autonomes dont on a besoin dans le contexte domestique tel que représenté ci-dessus sont des systèmes complexes. Les fonctions principales d'un robot comprennent de façon évidente la perception, la décision et l'action. De façon croissante, et essentielle pour un robot coopératif, la communication est aussi une fonction à considérer. Son implémentation peut se faire de multiples

façons et se représente de façon répartie sur notre fig.1. De façon plus concrète, la fig.10 présente les composants matériels et logiciels intervenant dans l'implémentation des fonctions de la fig 1 pour le cas de notre robot RH2-Y, version actualisée de RH1-Y, en préparation pour Atlanta.

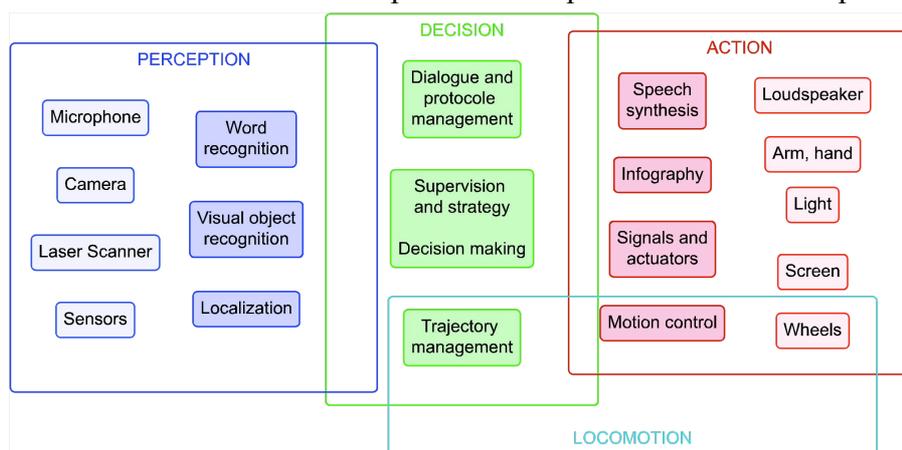
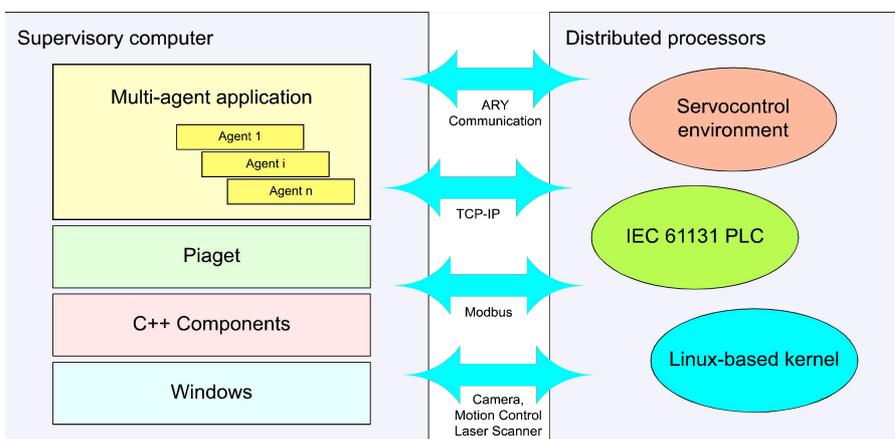


Fig. 10 Implémentation concrète avec support matériel pour les fonctions cognitives principales de notre robot RH2-Y.

L'architecture de calcul pour RH2-Y est complexe également. Elle comprend d'une part des processus distribués, implémentés de façons diverses, adaptées à la tâche, souvent critiques en termes temporels (cf. fig 10).

L'architecture comprend notamment un étage de supervision, également organisé avec une vingtaine de processus parallèles fortement intégrés (multi-agents de notre environnement Piaget et processus Windows ; cf. fig 11).

Fig.11 Architecture de commande de notre robot mobile coopératif RH2-Y



Par exemple l'exécution d'une seule instruction de mouvement définie par l'utilisateur implique en général des centaines de milliers de changements de tâches, et l'exécution en parallèle, coordonnée (« imbriquée »), d'au moins 5 processus Piaget différents (5, 18, 8, 4, 2).

De plus le dialogue est intégré via TCP-IP avec les servocommandes distribuées, qui assurent notamment les accélérations, vitesses et la régulation de position des moteurs, et qui renvoient à chaque demande les erreurs résiduelles pour prise de décision dans Piaget de la fin du mouvement.

Fig.12 Boucle et processus de base Piaget.

Lorsqu'un agent/une tâche demande une interaction avec le système d'exploitation, le contrôle est rendu à ce dernier. Celui-ci revient dans la boucle lorsqu'il n'a plus rien d'autre à faire (OnIdle). En moyenne, la boucle complète est typiquement parcourue chaque 2 microsecondes, y compris le temps passé hors de la boucle.

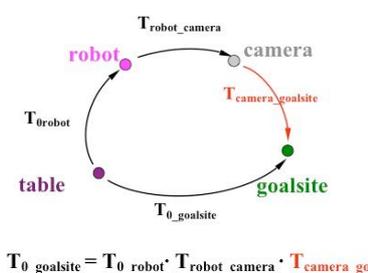
```
while (! InteractionSouhaitee)
{Ticks+=1;
Task02(); // Faire un pas
Task03(); // Lire clavier
Task04(); // Mouvements PTP
Task05(); // Stratégie
Task06(); // Entrées / Sorties
Task07(); // Affichage
Task08(); // Mouvements spatiaux
Task09(); // Gestion de la diode fonctionnement
Task10(); // Analyse d'images
Task11(); // GestionServoCommandesUSB
Task14(); // Communication
Task15(); // Mesures plan laser
Task18(); // Interpréteur Piaget
Task19(); // Voice dictation
Task20(); // Dialogue Manager
Task21();} // Map Manager
InteractionSouhaitee=false;
return;
```

Les fig. 13 et 14 illustrent deux fonctions particulièrement évoluées de RH2-Y. La première se réfère aux fonctionnalités visuelles, permettant la perception de l'environnement et notamment de l'une ou l'autre personne du logis. La seconde tend à montrer que le langage Piaget est pratique pour programmer les tâches du robot, en combinant à la fois des potentialités de type parallélisme, temps-réel, calcul en espaces de coordonnées de cas en cas articulaires ou cartésiens, et style industriel (VAL) pour mouvements et entrées/sorties génériques.



Fig.13. Vue d'un détail du traitement cognitif relatif à la vision sur notre robot (RH1-Y).

Fig. 14 Equations matricielles en coordonnées homogènes et graphe des transformations (gauche) pour la représentation structurée des positions et orientation, de dimension 4 à 6. Extrait de code écrit dans notre langage original Piaget (droite) avec mise en évidence des aspects temps-réel et parallélisme (E/S, attente temps-réel en multi-tâches, et primitives sensorimotrices de niveau abstrait –SignalIn, SignalOut, SApprocherDUnePosition, Dormir, ObserverEtAnalyserUneLigne dans la scène).



```
12: if(!SignalIn(NSISStart))
    GoState(6);
    else
    GoState(20);
break;case
20: ApproAGN(Table,30);
break;case
//Switch light on
21: SignalOutAGN(NSOLamp,true)
break;case
22: SleepAGN(0.05);
break;case
//Visual analysis of a row in
scene
23: WatchRowAGN(R,CStart,Cstop);
```

A côté de ses activités classiques en robotique industrielle et en automatisation, notre Ecole (HESSO.HEIG-VD) a notamment déjà participé au championnat mondial Robocup de Brèmes, en juin 2006, avec notre robot RH1-Y, précisément dans la ligue « at-Home », et d'autres travaux se sont faits,

intégrant notamment des contributions d'étudiants et de stagiaires. On se propose constamment d'améliorer de façon incrémentale le niveau de performance (par ex.[14-21]).

La métrique concrète qui doit guider le travail, c'est celle des points attribués par le règlement du concours, vu la grande pertinence des tests définis et des critères d'appréciation, non seulement pour la compétition en elle-même mais surtout en vue d'une application « universelle » des robots d'assistance domestique (services).

Il s'agit toujours d'innover, de chercher des solutions aux problèmes de la pratique ou d'améliorer les solutions existantes; et notamment ici de développer le robot pour les applications de service en milieu domestique.

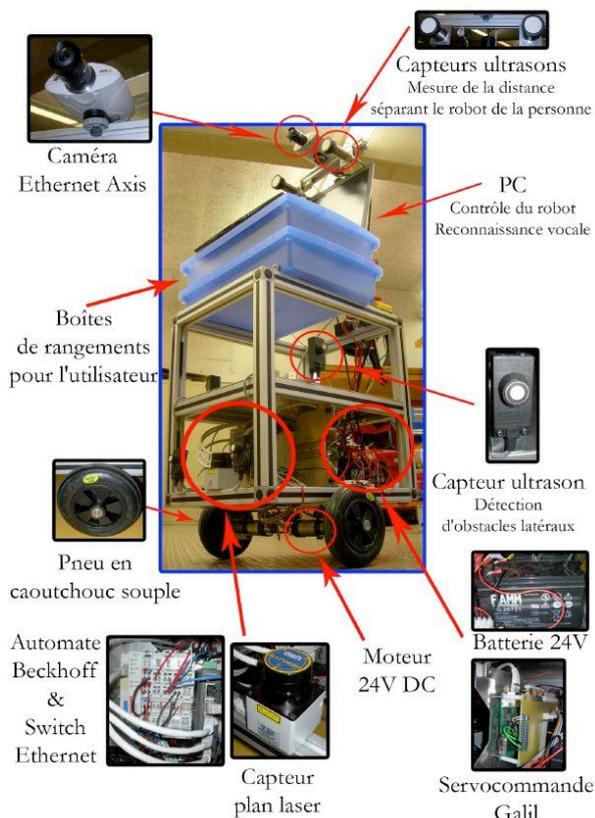
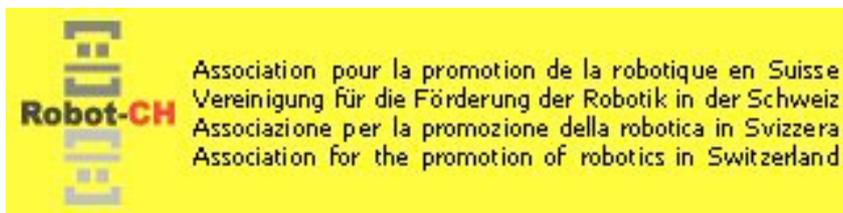


Fig.15. Vue générale en éclaté de notre robot (RH1/2-Y), en décembre 2006. Non montrés : micro, haut-parleurs. Aujourd'hui il s'y ajoutent notamment un bras, une « main », et deux servocommandes FiveCo.

## 4.2 Robot-CH

L'association Robot-CH [22] vise à contribuer à diffuser les connaissances en robotique auprès du public, des professionnels, des écoles, des clubs et des entreprises ainsi qu'à promouvoir l'image de la robotique et des sciences techniques.



C'est l'organisation faîtière de la robotique en suisse. Elle vise à réunir toutes les associations et organisations importantes du domaine, les instituts de recherche et de formation, les corporations publiques ainsi qu'un grand nombre de spécialistes et d'ingénieurs.

Robot-CH s'est d'abord fait connaître en développant, au travers des coupes et concours robotiques, l'axe grand public, la promotion des métiers et du monde robotique auprès de la jeunesse.

Robot-CH a notamment déjà fait beaucoup pour assurer en Suisse l'organisation de concours internationaux, que ce soit dans le cadre des premiers tours de sélection ou aussi au stade des finales internationales. Robot-CH est notamment le partenaire officiel pour la Suisse des organisations actives aux niveaux européen et/ou mondial Eurobot, Hands-on-Technology, et par ce biais, de la FIRST Lego league (FLL) ; elle sera aussi présente à C-ELROB 2007. L'organisation soutient également certaines initiatives locales tendant vers le même but. Dans ce contexte, et en partenariat avec d'autres institutions, comme la Haute Ecole du canton de Zurich à Winterthur (ZHW), ou l'association suisse pour l'automatique (ASSPA), Robot-CH a contribué à l'organisation de concours à de multiples lieux en Suisse ; en plus d'Yverdon : Willisau, Olten, Winterthur, etc. ; voire dans d'autres pays, par son rôle dans les organisations internationales dont elle est membre.

Robot-CH souhaite, en plus du maintien de ses engagements actuels, développer aussi plus ses interventions dans les domaines « professionnels » et « éducation ».



À ce titre Robot-CH, est particulièrement heureuse d'avoir pu contribuer à ce qu'aujourd'hui (28 juin 2007), dans le secteur exposition, les principaux acteurs de la robotique industrielle en Suisse puissent être présents. De façon plus générale, une composante importante du site Web de l'association c'est le répertoire des ressources existantes en termes d'industries, d'écoles, d'associations, et d'autres partenaires encore, actifs en robotique.

Bien que créée principalement par des institutions, et bénéficiant régulièrement de soutiens publics, Robot-CH ne peut déployer ses activités qu'avec une part critique assurée par des bénévoles. Le site de l'association est une porte d'entrée possible pour d'éventuels futurs partenaires ainsi que pour les forces qui voudraient se joindre à cette initiative.

### **4.3 Y-Parc et Ville d'Yverdon**

Situées au cœur des microtechniques, et dans la ligne sans doute de ses traditions liées au son, à l'image en mouvement et à l'écrit mécanisé, ainsi que plus récemment, en cohérence avec son soutien à la robotique et aux nouvelles technologies, la Ville de Yverdon-les-Bains et son institution d'aide à la création d'entreprises, Y-Parc [22], sont des membres importants de Robot-CH, depuis la création de cette dernière. En plus de la finale suisse du concours SwissEurobot organisé sept fois chez elle, de la finale européenne Eurobot, qui a vu la participation de plus de vingt pays, ou encore des finales régionales pour la coupe FLL, la Ville d'Yverdon-les-Bains contribue de façon exceptionnellement réussie à ce que les jeunes puissent très tôt, au niveaux primaires et secondaires, être introduits au monde de la robotique et ainsi de la technique en général. Par ailleurs l'engagement de l'Ecole technique (CPNV) située dans la même ville assure avec brio une excellente continuité entre la formation des plus jeunes, aux niveaux primaires et secondaires et celle des étudiants à la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion (HEIG-VD), pour ce qui relève du niveau universitaire.

## **5. Conclusion**

La robotique c'est le mouvement ; parfois des objets et des outils manipulés au bout d'un bras fixé par ailleurs au sol ; et de plus en plus souvent, d'une plateforme capable de se déplacer d'un lieu à l'autre.

En robotique, la notion de travail est centrale, même si souvent, les loisirs sont aussi concernés. Entre science et économie, la robotique appliquée implique une prise en compte systémique des problèmes, l'élaboration de normes et de standards, ainsi qu'une recherche très ciblée de solutions susceptibles d'être économiquement viables.

La robotique est un domaine aux retombées diverses et nombreuses, qui offre des opportunités dans pratiquement tous les grands segments de la société. Dans la formation, tous les niveaux tendent à la concerner. En recherche fondamentale c'est autant le désir de créer des systèmes plus performants qui est présent que l'espoir de comprendre voire d'expliquer le vivant sur la base des ersatz proposés qui et l'élément moteur. En recherche appliquée, c'est l'automatisation des processus cognitifs (cognitique) et l'exigence d'en faire une estimation quantitative, normalisée qui est un sujet actuellement brûlant. Dans l'industrie et l'économie en général, la robotique s'améliore souvent de façon progressive et parfois avec des changements fondamentaux d'approche ; elle y est pertinente non seulement à titre de moyen de production mais sans doute plus dans le futur également comme produits exportables. La robotique présente depuis ses débuts dans le domaine purement de l'art (théâtre, littérature, cinéma), permet maintenant aussi, tout en restant dans le domaine de la culture et des loisirs, d'acquérir de l'expérience utile et donc d'assurer une sorte de formation. Et c'est peut-être pour la santé et la sécurité, voire simplement pour le confort chez soi, que les potentialités de la robotique sont les plus prometteuses. Par ailleurs, la robotique est reconnue comme un secteur susceptible de rapprocher la science du citoyen.

L'article a ensuite décrit trois cas particuliers où la robotique rencontre de grands segments de la société: d'abord le détail d'un robot susceptible d'aider l'homme dans son chez soi, en synergie avec l'initiative mondiale Robocup-at-Home ; puis l'association Robot-CH, qui vise à promouvoir la robotique en Suisse; et enfin, le cas d'Yverdon-les-Bains et d'Y-Parc, d'où il apparaît qu'une continuité opportune apparaît, allant de l'aide aux nouvelles entreprises à la formation, et s'étalant de l'école primaire jusqu'au niveau universitaire, en passant par la formation professionnalisante.

La robotique appliquée, entre science et société, est une thématique très ouverte, et les protagonistes y sont potentiellement nombreux et divers, De telles situations représentent un vrai défi pour les modes d'organisation et de financement classiques, qui par souci de spécialisation ont généralement été très fragmentés. Néanmoins, dans l'intérêt public, des solutions innovantes sont souvent trouvées.

## **Références**

- [1] Bill Gates, "A Robot in Every Home", Scientific American janv. 2007 8 pp.
- [2] "Fujitsu Units Develop Human-Assisting Robots", Kyodo News International, Tokyo News, Sunday, Sept. 19, 2004
- [3] André Perrenoud, Pierre-François Gauthey, Nicolas Uebelhart, Jean-Daniel Dessimoz, "Development and Opportunities for Mobile Robots in Switzerland", IPLnet 05: "Needs and Opportunities for Swiss Industry", 5th national Workshop of the Swiss Network of Excellence for Integral Production automation and Logistics, IPLnet, Schloss Böttstein, Sept. 5-7
- [4] Site de la HEIG-VD : [www.heig-vd.ch](http://www.heig-vd.ch)
- [5] Site de l'association Eurobot [www.eurobot.org](http://www.eurobot.org)
- [6] Sites de l'initiative FIRST Lego League: international: <http://www.firstlegoleague.org/> et [www.hands-on-technology.de](http://www.hands-on-technology.de) .  
En Suisse: <http://www.firstlegoleague.ch/>,
- [7] Site de l'association Planète Sciences (secteur robotique): [www.planete-sciences.org/robot/](http://www.planete-sciences.org/robot/)
- [8] Rainer Züst et al., «Action Plan for Manufuture-CH», Manufuture.CH, Oct. 2006, 74 pp.; Site de l'association Manufuture.ch: [www.Manufuture.ch](http://www.Manufuture.ch)
- [9] Site de l'association Robocup: [www.robocup.org](http://www.robocup.org)
- [10] Fraunhofer Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme, [www.ais.fraunhofer.de](http://www.ais.fraunhofer.de), accès le 27.3.2007
- [11] Description of RobocupAtHome Goals and Modalities: available on: <http://www.robocupathome.org>
- [12] Elsbeth Heinzelmann, « Robotik - Von der Maschine zum denkenden Gehilfen », Automate Now, Swiss Engineering, Aug. 2006, pp. 36-40
- [13] Emission de la chaîne de TV ZDF, « Robocup '06 », [http://www.heute.de/ZDFmediathek/inhalt/4/0.4070.3945796-6-rv\\_dsl.00.html](http://www.heute.de/ZDFmediathek/inhalt/4/0.4070.3945796-6-rv_dsl.00.html) , 16 juin 2006, 30 min.
- [14] Site du laboratoire de robotique et automatisation: <http://lara.heig-vd.ch/> et projet Robocup: <http://rahe.populus.org>
- [15] Salerno Stéphane and Camax Laurent "Design of a F.I.D.O.-Type Mobile Autonomous Robot", 54th IAC International Astronautical Federation – IAF, poster IAC-03-P.P.02, Bremen, Germany, Oct. 2002
- [16] Antoine Trad, Jean-Daniel Dessimoz, "An Architectural Design Pattern Proposal for Mobile Robot Systems", Conference proceedings of the International IMS (Intelligent Manufacturing Systems) Forum 2004, held in Cernobbio - Italy on 17th-19th May.pp. 346-351,(<http://www.imsforum2004.org> )
- [17] Antoine Trad, J.-D. Dessimoz. « Proactive Monitoring and Maintenance of Intelligent Control Systems Application for Mobile Robot Systems », Proc. 2<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Industrial Informatics INDIN'04, Collaborative Automation One Key for intelligent industrial environment, Fraunhofer Inst. Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, 24th-26th June 2004, Berlin, Germany
- [18] N. Uebelhart, EIVD, S. Michaud, Contraves Space, and O. Michel, Cyberbotics, "Modelling and animation of virtual autonomous mobile robots, in physically simulated world, for the evaluation of locomotion and navigation structures", « DARH-2005 – 1st International Conference on Dextrous Autonomous Robots and Humanoids», with sponsorship Eurobot, IEEE, CLAWAR, and CTI, HESSO-HEIG (West Switzerland University of Applied Sciences), Yverdon-les-Bains, Switzerland, May 19-22, 2005. (re: [www.darh2005.org](http://www.darh2005.org))
- [19] N. Uebelhart, "Geometrical and physical simulation of Rovers using Webots software", 56th IAC International Astronautical Federation - IAF, Fukuoka, Japan, Oct.2005
- [20] Jean-Daniel Dessimoz, Pierre-François Gauthey and Carl Kjeldsen, "Interest of Ludic Competitions for Robotic Education and Research", Workshop on Educational Robotics 2006, org. University of Catania, Eurobot, and IEEE, with support of the European Commission-Directorate General for Research, Science and Society Program , Acireale (Catania), Italy, June 1st, 2006, pp10.
- [21] Jean-Daniel Dessimoz, Pierre-François Gauthey and Carl Kjeldsen, "Ontology for Cognitics, Closed-Loop Agility Constraint , and Case Study in Embedded Autonomous Systems – a Mobile Robot with Industrial-Grade Components", Proc. Conf. INDIN '06 on Industrial Informatics, IEEE, Singapore, Aug.14-17, 2006, pp6.
- [22] Site de l'association Robot-CH. En version classique: <http://www.Robot-CH.org> et en version nouvelle (en développement): <http://lara.heig-vd.ch/robot-CH>
- [23] Site d'Y-Parc: [www.y-parc.ch](http://www.y-parc.ch)