

Les perspectives de la robotique dans le programme-cadre 2014-2020 de l'Union européenne (Horizon 2020)

Quelles priorités pour la France ?

Patrick Schouller et Frédéric Laurent, les deux représentants de la France au Comité de gestion de la thématique Technologies de l'Information et de la Communication du Programme-Cadre de Recherche et Développement Technologique, dressent dans cet article un aperçu de ce qu'a été l'approche européenne en matière de recherche sur la robotique et de ce qu'il faut espérer voir figurer comme thèmes dans le prochain programme de recherche européen Horizon 2020.

Par Patrick SCHOULLER* et Frédéric LAURENT**

LA ROBOTIQUE, UNE PRÉOCCUPATION EUROPÉENNE DE LONGUE DATE...

Dès le lancement de ses premiers programmes-cadres de recherche et de développement technologique (PCRDT), l'Union européenne a apporté un soutien à la recherche et au développement de la robotique. Cependant, si, initialement, cet effort portait plutôt sur les aspects cognitifs que sur les aspects mécatroniques, c'est parce qu'à l'époque, les robots étaient considérés surtout comme des automates de produc-

tion industrielle, leur rôle de compagnon de la vie quotidienne n'ayant émergé que plus tardivement. Bien sûr, la part de la robotique industrielle reste toujours aussi importante, comme en témoigne la volonté actuelle des pays à bas coûts de main-d'œuvre de multiplier l'utilisation d'automates dans leurs usines (à l'exemple, de Foxconn, sous-traitant chinois majeur

* Représentant de la France aux comités TIC et Sécurité du 7^{ème} PCRDT, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

** Chargé de mission auprès du Chef de Service, représentant national aux comités PCRDT-CIP- SAFER INTERNET, représentant Euréka pour le MEFI - MEFI DGCIS STIC.

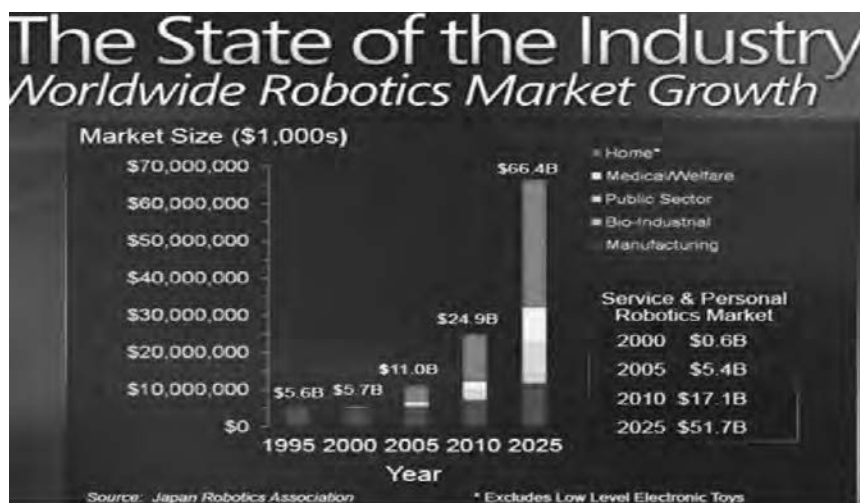


Figure 1 : Croissance du marché mondial de la robotique (1995-2025).

dans la production des iPhone), mais le robot compagnon, non plus cette fois comme substitut, mais maintenant comme complément de l'homme, apparaît comme un marché en émergence (voir la figure 1).

C'est vraiment sous le 6^{ème} PCRDT (2002-2006) que la « robotique » a été prise en compte, avec vingt-six projets bénéficiant de près de 104 millions d'euros de subventions communautaires, *via* le programme intitulé *Advanced robotics*. Les principaux projets retenus concernaient une robotique flexible (*graspers, manipulators, sensors, etc.*) et des réseaux de robots travaillant en collaboration. Parmi ces projets, nous pouvons citer :

- Iromec, une sorte de médiateur social robotisé utilisé en thérapie pour permettre aux enfants présentant certaines déficiences de jouer et d'apprendre.
- Indigo, qui aborde les représentations anthropomorphiques faciales acceptables pour l'humain dans son quotidien, grâce à sa reconnaissance des personnes, de leurs gestes et de leurs émotions.
- Robots@home, robuste, sans danger, disposant d'un système de vision indépendant de reconnaissance de gestes et de parole, aborde le comportement du robot dans différents types d'habitation, avec une capacité d'auto-adaptation au changement d'habitat.
- AcroBoter, une nouvelle sorte de robot se déplaçant en trois dimensions sur des treillis fixés au plafond (un peu comme des araignées), s'affranchissant ainsi de tous les obstacles au sol.
- Guardians qui aborde la détection des odeurs pour des robots se déplaçant dans des zones sinistrées afin d'informer les services de secours sur des odeurs potentiellement dangereuses (gaz, etc.).
- Urus, un réseau de robots pour le transport des objets ou la surveillance, tout en étant capable de respecter le comportement humain et les interfaces de communication.
- Drones, un petit drone de type VTOL (*Vertical take off and landing*) pour la surveillance et la détection extérieure en univers contraint.
- CommRob qui traite des modes de communication entre robots, et entre robots et humains, en y intégrant plus particulièrement la gestuelle.

- DustBot, un minirobot éboueur, qui collecte et transporte les déchets des zones pavillonnaires. Ce ne sont là que quelques exemples. La communauté a ensuite recommandé à la Commission d'accroître l'effort de R&D sur les architectures et les problèmes d'intégration entre systèmes complexes intelligents et systèmes cognitifs.

... QUI REVÊT ENCORE PLUS D'IMPORTANCE DANS LES PROGRAMMES ACTUELS...

Avec le 7^{ème} PCRDT (2007-2013), la robotique a été pleinement intégrée dans un objectif plus vaste regroupant les systèmes cognitifs et la robotique. On a alors assisté à un changement de paradigme : en effet, entre 1998 et 2002, les programmes européens ont essentiellement traité de cognitive, avec une dizaine de projets soutenus ; puis de 2002 à 2006, le champ s'est étendu et l'Europe a financé quarante-cinq projets de systèmes cognitifs et de robotique dite « avancée ». Enfin, entre 2007 et 2013, les quarante-vingt-quatre projets financés traitent non seulement des systèmes cognitifs et des interactions robotiques, mais aussi des « fabriques du futur », avec tout ce que cela implique en termes de robotique. A l'heure où s'écrit cet article, il reste encore deux importants appels à projets à venir sur ces thématiques. Pour l'instant, l'ensemble du soutien communautaire représente déjà plus de 150 projets impliquant 900 partenaires et bénéficiant de plus de 500 millions d'euros de subventions communautaires. La recherche européenne se concentre donc essentiellement sur les systèmes cognitifs artificiels et sur les robots qui fonctionnent de façon dynamique et non-déterministe dans la vie réelle, en fonction de divers environnements spécifiques. Ces systèmes doivent être capables de répondre dans les délais, avec une autonomie appropriée et être aussi capables de combler les lacunes dans leurs connaissances afin d'être à même de faire face à des situations non encore prévues au moment de leur conception. L'objectif est

donc double : soutenir la recherche sur les systèmes robotiques, mais aussi doter les systèmes artificiels de capacités cognitives. Ces deux volets de recherche sont intimement liés, car de nombreuses fonctionnalités et propriétés souhaitables pour les systèmes robotiques reposent sur des capacités cognitives. Inversement, les systèmes robotiques représentent des plates-formes appropriées pour mettre au point les systèmes cognitifs fondamentaux. Enjeux de la recherche scientifique et technologique, les robots doivent être aptes à rendre des services de qualité et à prendre toute leur place dans des scénarii de fabrication flexible. Le changement de paradigme le plus important est sans aucun doute celui du passage de robots largement pré-programmés à des robots programmables par l'enseignement et l'apprentissage.

... ET QUI PRENDRA ENCORE PLUS D'IMPORTANCE DANS LE PCRDT HORIZON 2020

En 2011, dans le cadre des derniers appels à projets du 7^{ème} PCRDT, la Commission a lancé une nouvelle initiative : les *Future Emerging Technologies (FET) Flagship* (1). Cette initiative, qui s'inscrit dans la communication de l'initiative FET intitulée COM 184 « *Moving the ICT Frontiers : a strategy for research on future and emerging technologies in Europe* » soutenue par le Conseil de l'Union européenne, vise à lancer de grandes initiatives de recherche sur d'importants défis scientifiques à fort impact sociétal et susceptibles de préparer les industries de demain, qui respectent les principes de la R&D type FET et qui, touchant différents domaines au titre de la fertilisation croisée, vont au-delà des frontières classiques de FET. Ces projets

pourraient recevoir 100 millions d'euros par an, sur une période de dix ans. Parmi les six projets en compétition, l'un d'eux, RoboCom, porte directement sur la robotique. L'objectif de ce projet est le développement de robots compagnons destinés à assister l'être humain (vieillissant) dans ses tâches quotidiennes. Deux autres projets pourront également apporter des contributions à ce thème (*Guardian Angel et Human Brain*).

Enfin, le programme Horizon 2020, qui prendra le relai à partir de 2014, tel que proposé par la Commission européenne le 30 novembre 2011, comprend trois piliers dont chacun offrira des opportunités pour la robotique.

- En effet, le pilier Excellence de la science comprend l'*European Research Council (ERC)* (rien n'interdit de déposer des projets robotiques dans ce cadre), mais aussi les FET et les FET Flagship, ainsi que les bourses Marie Curie, autant de thèmes potentiellement ouverts aux aspects robotiques.
- Le pilier en soutien à la primauté industrielle européenne mentionne explicitement et comme thème important, la robotique et les espaces intelligents, c'est-à-dire non seulement les TIC et leurs composantes robotiques, mais aussi les technologies clés habilitantes au sein desquelles des applications robotiques sont possibles.
- Le pilier dédié aux défis sociétaux permettra sans aucun doute de s'ouvrir à des applications au titre de la robotique, ne serait-ce que dans des domaines comme la santé et le bien-être (robots chirurgiens, robots compagnons). Il en sera très probablement de même pour les énergies sûres, propres et efficaces, ainsi que pour les transports, la sécurité, les villes intelligentes et la mise en place d'une société inclusive (voir la figure 2).

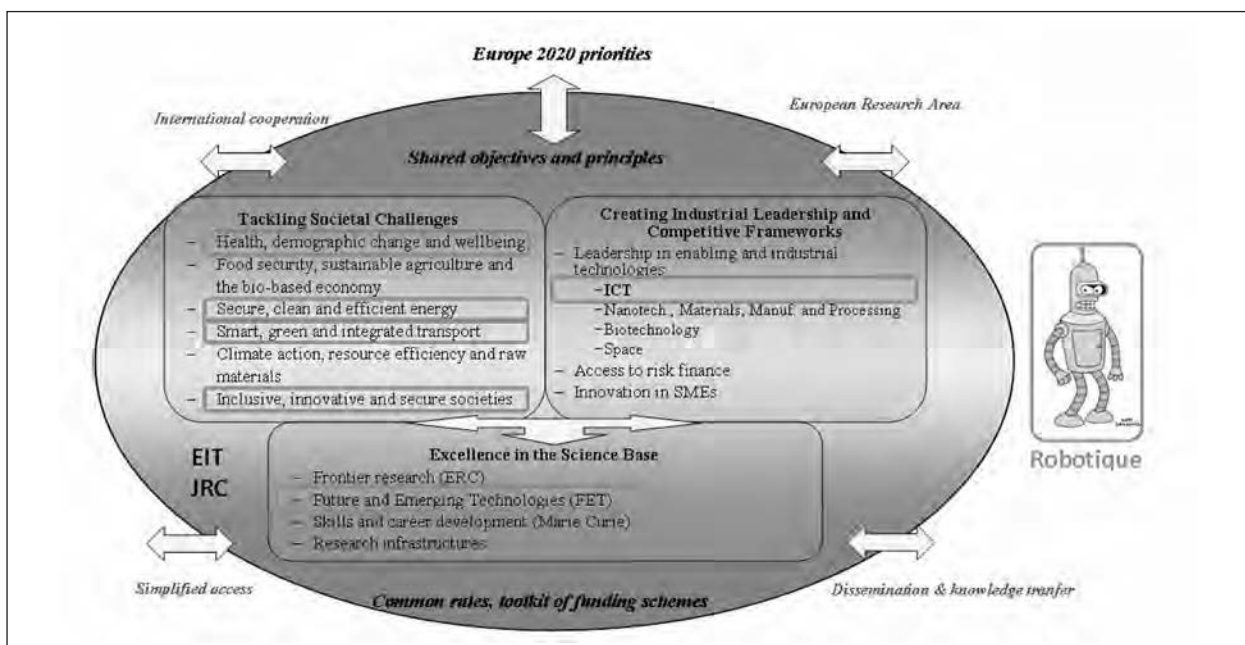
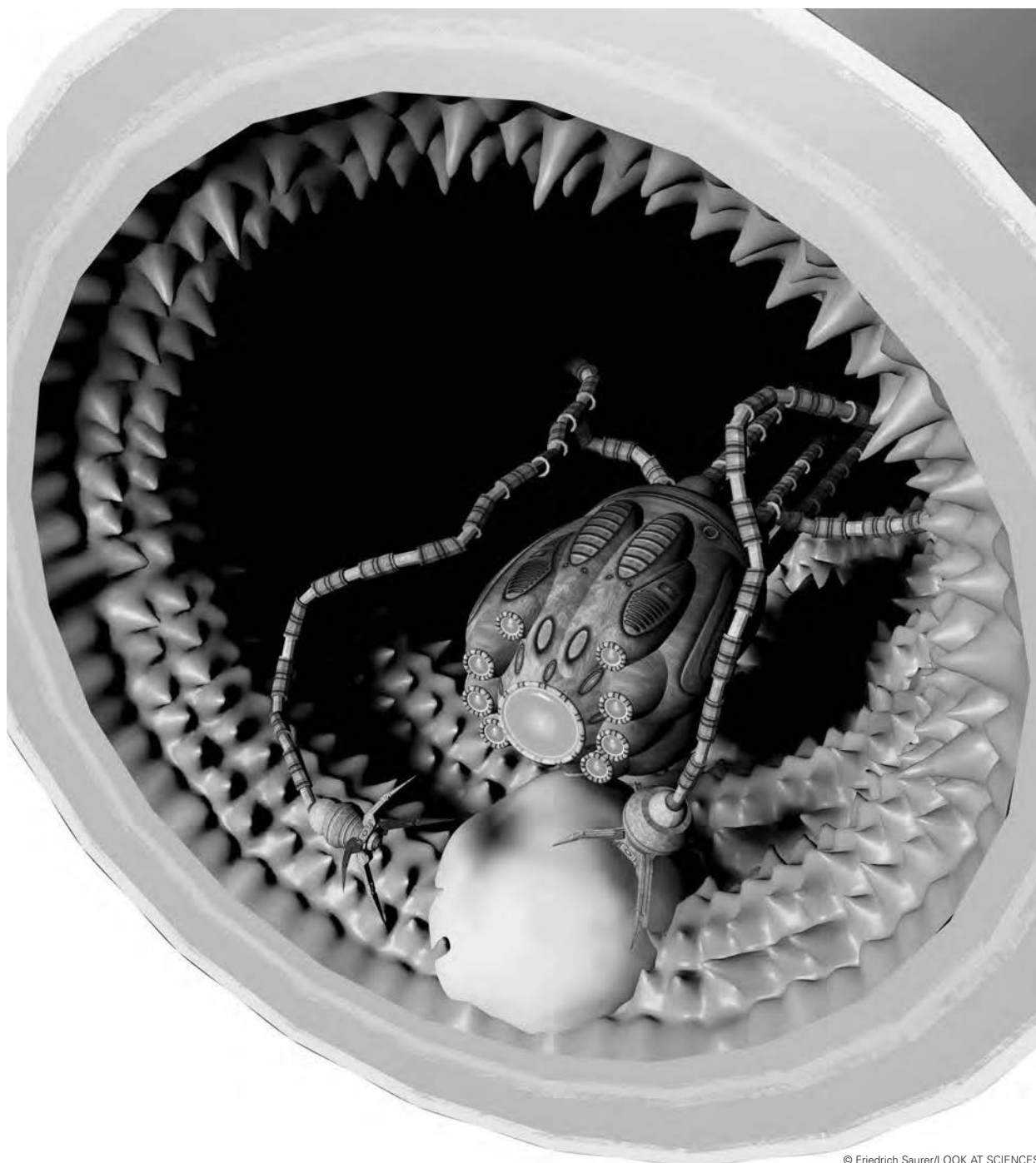


Figure 2 : Commission européenne – MESR-MEFI.



© Friedrich Sauerer/LOOK AT SCIENCES

« Le pilier du programme Horizon 2020 dédié aux défis sociétaux permettra sans aucun doute d'ouvrir la voie à des applications au titre de la robotique, ne serait-ce que dans des domaines comme la santé et le bien-être (robots chirurgiens, robots compagnons). » *Vue d'artiste d'un nanorobot nettoyant les dépôts dans un vaisseau sanguin.*

QUE REGROUPE LE VOCABLE DE « ROBOTIQUE »,
POUR L'EUROPE ?

Définition

La notion de robotique recouvre plusieurs acceptions ; au sens retenu par l'Union européenne, elle vise à concevoir des artefacts qui prélèvent des signaux

et des informations dans leur environnement, puis les interprètent pour réaliser des tâches finalisées, prédéterminées ou non, impliquant des actions physiques sur le monde réel. En fonction de l'usage attendu, les robots peuvent alors avoir ou non une forme humanoïde qui, en plus des problèmes scientifiques et technologiques fondamentaux de conception (des problèmes communs à la robotique en général), soulève des défis technologiques propres d'équilibre, de déplacement, d'intégration et d'interaction avec l'environnement. La robotique fait ainsi largement appel à des

activités de recherche sur la modélisation et la simulation de fonctions cognitives, mais elle ne se réduit pas à cela (2).

Les applications

Les applications actuelles de la robotique visent principalement à améliorer la productivité de nos sociétés et de nos industries en suppléant ou en aidant l'homme dans l'exécution de tâches répétitives. Les applications robotiques concernées peuvent alors être classées de la manière suivante :

- la robotique manufacturière : le robot réalisant de façon autonome des tâches répétitives simples ou coopérant avec l'homme dans l'exécution de tâches plus complexes et ce, très souvent, afin d'améliorer la productivité et la compétitivité industrielle du couple homme/robot. Notons l'apparition de nouvelles applications de cette robotique manufacturière liées à la manipulation des nanomatériaux (l'infiniment petit) ;
- la robotique d'intervention dans les cadres traditionnels NBC (nucléaire-biologique-chimique) - environnements contaminés ou pollués - et dans les environnements extrêmes, etc. ;

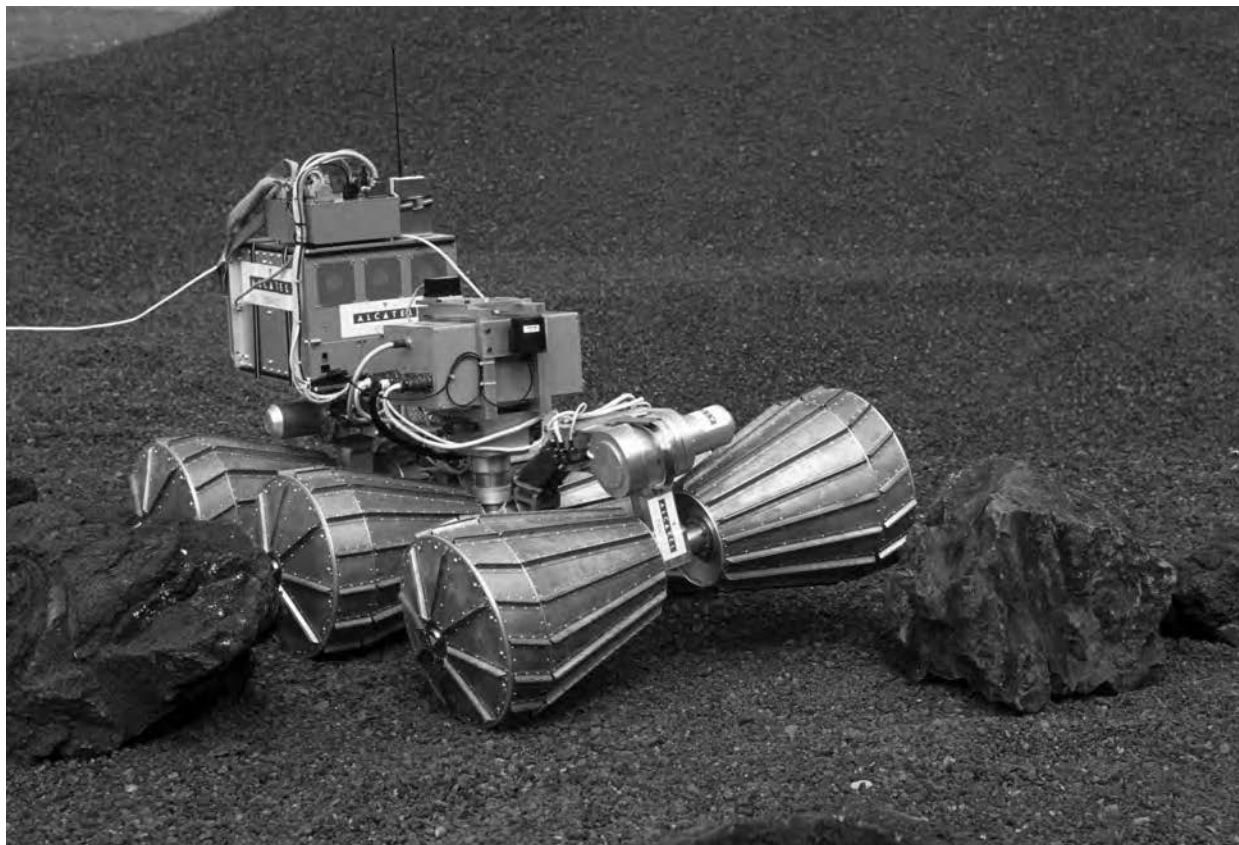
- la robotique embarquée sur des moyens de transports autonomes pour lesquels l'interaction avec l'environnement présente un enjeu crucial (drones, véhicules terrestres autonomes, exploration spatiale, etc.).

De nouveaux défis entraînent de nouveaux robots

On commence aujourd'hui à voir apparaître une robotique plus orientée vers les activités humaines en dehors des lieux de travail, que ce soit au domicile (aspirateurs autonomes, tondeuses à gazon, etc.), ou dans des activités plus personnalisées, le robot devenant alors un véritable assistant personnel, notamment dans le domaine médical et dans celui de l'assistance aux personnes à autonomie réduite (handicapés, personnes âgées, etc.).

Nombre de ces applications présentent un caractère dual important et les avancées obtenues sont susceptibles de trouver des débouchés simultanés aussi bien dans l'industrie de la défense que dans d'autres industries, comme celle de la santé (comme par exemple l'exosquelette).

Enfin, le vieillissement continu de la population européenne, le coût important de la main-d'œuvre européenne ou encore la complexité grandissante de nos



© Patrick Dumas/LOOK AT SCIENCES

« Pour la robotique embarquée sur des moyens de transports autonomes, l'interaction avec l'environnement présente un enjeu crucial (drones, véhicules terrestres autonomes, exploration spatiale, etc.). » *Test du robot d'exploration de la planète Mars "LAMA", Alcatel Espace, Toulouse, 1996.*

sociétés européennes et mondiales font peser des contraintes toujours plus lourdes sur notre modèle de société, lequel est menacé par la compétition économique acharnée à laquelle se livrent les grandes régions du monde. Pour préserver ce modèle social et, par là-même, conserver la qualité de vie élevée qui caractérise l'Europe actuelle, il est donc important que cette même Europe investisse dès à présent dans les technologies susceptibles de répondre à ces défis. Le développement et la diffusion des applications robotiques sont un élément déterminant de la réponse à apporter.

LES PRIORITÉS FRANÇAISES POUR LE FUTUR PROGRAMME DE RECHERCHE ET D'INNOVATION EUROPÉEN

Pour réaliser des tâches toujours plus complexes, les robots de demain devront être dotés de capacités critiques qu'ils ne possèdent pas encore ou alors seulement sous une forme encore trop primitive.

Les principales capacités à développer sont :

- Des capacités mécatroniques : au niveau de la dextérité dans la préhension et la manipulation des objets, dans l'adaptation à des environnements complexes, dans la résistance à des environnements défavorables, etc. ;
- Des capacités d'auto-apprentissage permettant au robot de s'adapter tout seul à de nouvelles situations et/ou à de nouveaux environnements ;
- Des capacités à se mouvoir dans des environnements non structurés, inconnus, non prédéterminés ou précontraints, et surtout au milieu des humains, et cela dans des conditions de sécurité maximales pour tout le monde ;
- Enfin, des capacités à coopérer efficacement entre robots, et entre robots et humains.

Le développement de ces capacités critiques a servi de base à la définition des priorités devant figurer dans le 8^{ème} PCRDT. C'est pourquoi les autorités publiques françaises recommandent que le futur programme-cadre de R&D intitulé « Horizon 2020 » soutienne plus particulièrement les cinq défis scientifiques et technologiques suivants :

- **La perception, l'intégration et l'interprétation d'informations hétérogènes** : signaux divers (RFID, GPS,...), informations visuelles, sonores (y compris verbales), proprioceptives (3). Un défi, encore non relevé, est celui d'arriver à une interprétation sémantique de combinaisons de signaux prélevés par des canaux différents.
- **La conception de robots capables d'acquérir de nouvelles capacités** par apprentissage dans des environnements initialement inconnus, soit de façon complètement autonome, soit en interaction avec d'autres robots ou avec des humains.
- **La robotique en essaim** : la planification spatio-temporelle des actions au niveau du robot individuel

devant alors prendre en compte les actions possibles des autres robots pour permettre des actions collectives « intelligentes » d'un essaim de robots. Le modèle est celui des insectes sociaux, qui réalisent collectivement des actions beaucoup plus complexes que ce que pourrait réaliser un individu isolé (par exemple, la construction d'un nid à alvéoles).

- **Les plateformes de développement et d'expérimentation.** Même si elle peut jouer un rôle pour les recherches en laboratoire, la simulation « cognitive » de robots ne peut se substituer aux expérimentations physiques réelles. Les plateformes d'expérimentation en robotique doivent nécessairement être fondées sur des robots réels, physiques. Ces plateformes physiques d'expérimentation incluant les capteurs, les actionneurs et les unités de traitement et le système logiciel *open-source*, sont nécessaires à la réalisation des expérimentations de recherche dans des conditions économiques acceptables.

- **La programmation et la validation de robots.** Il existe un fossé entre une démonstration en laboratoire visant à prouver un concept théorique et un robot validé, que l'on peut certifier d'opérationnel dans un environnement de production et ce, dans de bonnes conditions de sécurité et de fiabilité. Le développement de la robotique nécessite la mise au point de méthodes formelles de validation. Ce point est étroitement lié à l'automatisation de la programmation des robots. Plus la robotique industrielle se complexifie, plus elle a besoin de méthodes et d'outils efficaces comme par exemple d'intégrer, dès la conception assistée par ordinateur d'objets, le fait que, sur ces objets, des robots interviendront.

LES ACTEURS CONCERNÉS

L'analyse des participations aux activités robotiques du PCRDT montre deux choses : d'une part, la participation de la France est étonnamment faible et d'autre part, elle est essentiellement le fait d'académiques. Ainsi, dans le classement des vingt premiers bénéficiaires (4) du programme, on ne trouve que le CNRS en dixième position et l'INRIA en vingtième position. Plus inquiétant encore : aucun industriel, qu'il soit français ou européen, ne figure dans ce classement. On trouve bien sûr d'autres acteurs français dans cette participation mais plus bas dans le classement, comme l'université Pierre et Marie Curie, Thales, l'Inserm, Sony, Elda, le CEA, Gostai et Supelec (voir la figure 3).

L'Allemagne apparaît en revanche comme le grand gagnant du domaine. Cette situation est probablement liée au fait que si l'Europe représente plus de 30 % du marché mondial des robots industriels, l'Allemagne en est le premier marché (voir la figure 4).

Les grands utilisateurs français de robotique des secteurs de l'aérospatial (EADS, Dassault,...), de l'indus-



© Massimo Brega/LOOK AT SCIENCES

« La planification spatio-temporelle des actions au niveau du robot individuel devrait prendre en compte les actions possibles des autres robots pour permettre des actions collectives « intelligentes » d'un essaim de robots. Le modèle est ici celui des insectes sociaux, qui réalisent collectivement des actions beaucoup plus complexes que ce que pourrait réaliser un individu isolé. » *Mini-robot Alice, prenant modèle sur les fourmis, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse, avril 2010.*

trie automobile et des applications militaires sont hélas quasiment absents. Pourtant, en robotique, la France dispose de nombreuses compétences, comme celles des entreprises Aldebaran Robotics, BA Systèmes, Cybernetix, Dassault Aviation, EADS, ou Cassidian, Ekium, Easyrobotics, ERI, Hexagone, Gostai, Intempora Robotics Concept, Pob, Robosoft, Sagem, Sorobot, Thales, et de bien d'autres encore.

Selon le dernier rapport du « groupement de recherche en robotique », la recherche en robotique industrielle et de service aurait bénéficié en 2009 de 30 millions d'euros de concours publics émanant de financeurs multiples (Agence Nationale de la Recherche, Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation, Direction Générale de l'Armement, Fonds Unique Interministériel, Fonds Communautaires). Ce chiffre est à

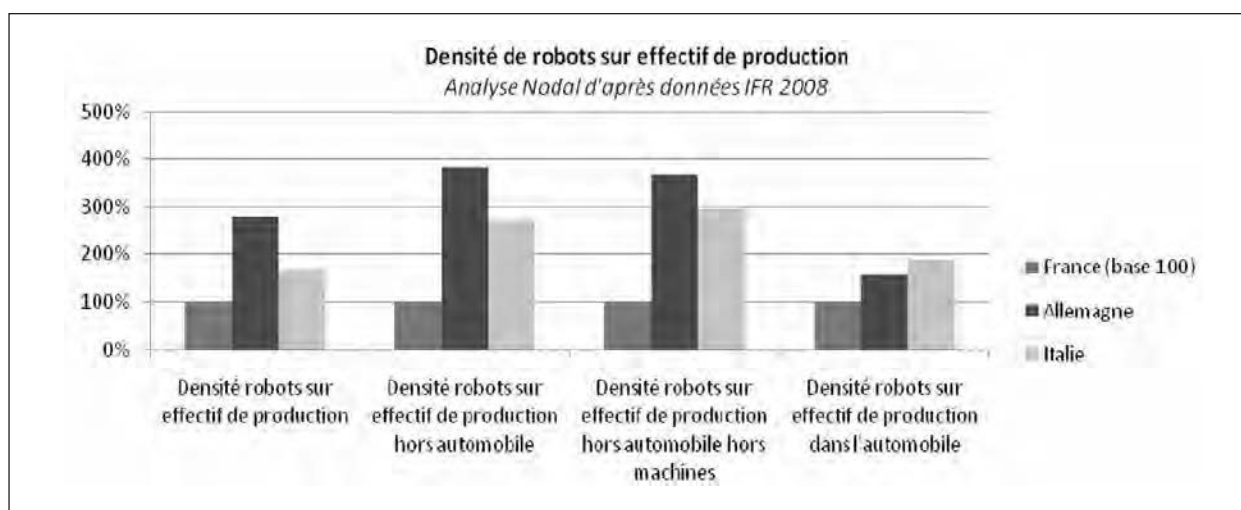


Figure 3 : Densité de robots sur effectif de production.

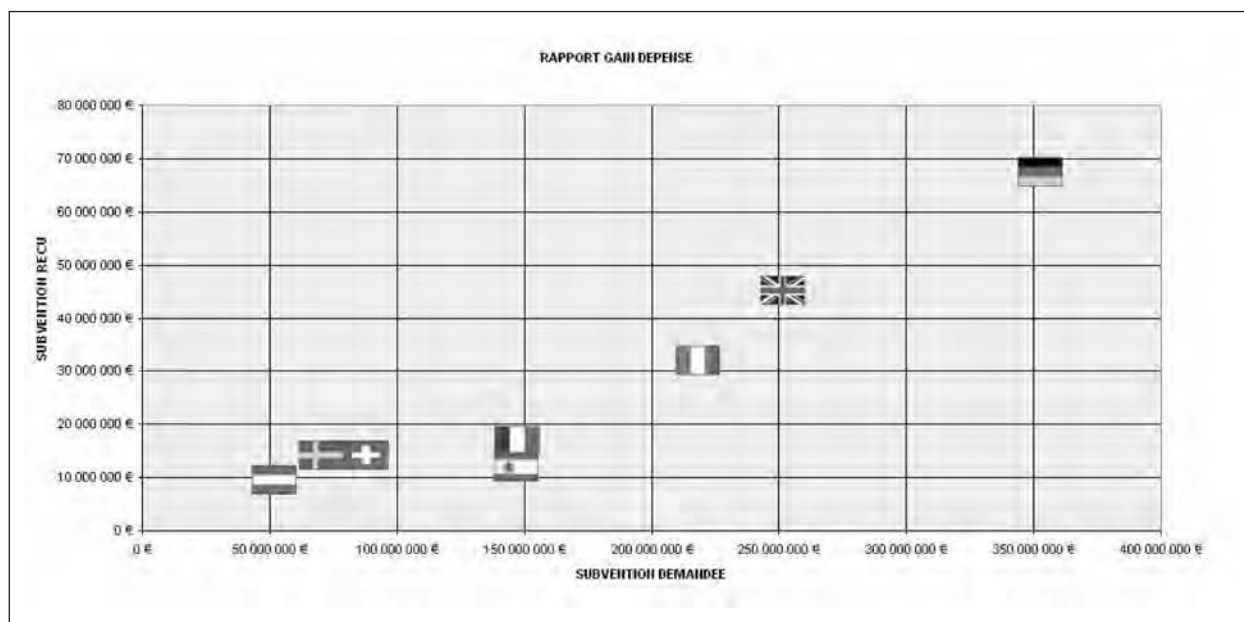


Figure 4 : Rapport Gain - Dépense.

mettre en regard des 12 millions d'euros « perdus » annuellement par la France, ces dernières années, dans le domaine de la robotique au niveau du PCRDT (5).

Les cinq *défis scientifiques et technologiques* que nous avons mentionnés plus haut constituent les priorités de la recherche française en robotique, car ce sont des défis susceptibles de donner lieu à des participations dans le futur programme de recherche européen.

Les trois premiers (perception et intégration d'informations hétérogènes, apprentissage, robotique en essai) sont en effet des défis scientifiques pour lesquels les chercheurs français ont une forte compétence, ce qui est susceptible alors de les inciter à participer avec succès à des projets européens.

Le quatrième (plateforme d'expérimentation) est un domaine fortement concurrentiel (aux Etats-Unis, l'entreprise Willow Garage propose la plateforme PR2 comme base de R&D destinée à tous les acteurs de la R&D en robotique), mais pour lequel la France dispose néanmoins d'un atout certain. En effet, la communauté de la recherche académique en robotique s'est bien structurée autour du groupe de recherche (GDR), qui regroupe environ 800 chercheurs, répartis entre une soixantaine d'équipes, parmi lesquelles : le Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS, Toulouse), le Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM), l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR, Paris), l'Institut de Recherche en

Communications et Cybernétique de Nantes (IRCCyN), l'équipe Systèmes Robotiques Interactifs (SRI – Institut Prisme, Orléans), le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (LISV), Heudyasic (Compiègne), le Groupe Images, Signal, Parole et Automatique (GIPSA, Grenoble), le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG), le laboratoire Techniques de l'Imagerie Médicale et de la Complexité (TIMC, Grenoble), l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), l'École nationale supérieure de techniques avancées (ENSTA, Mines-Paristech), mais aussi des organismes comme CEA List, le Cemagref, le CNES, l'Ifremer, l'Inserm et l'Onera. On peut raisonnablement espérer que ce GDR sera le creuset d'où sortiront de nombreux projets collaboratifs français et européens.

Dans le même temps, l'entreprise française Aldebaran Robotics propose Nao, un robot humanoïde d'expérimentation considéré par les experts comme plus évolué que PR2. Nao pourrait être une des plateformes de référence pour les recherches européennes en robotique.

Enfin, le cinquième défi technologique (celui des méthodes formelles de validation) répond à un besoin des industriels utilisateurs. On peut donc espérer que si ce défi apparaît dans le programme de travail de l'Horizon 2020 sous un instrument adéquat, les groupes précités sauront se mobiliser pour y répondre.