

Prospectives S.MART Feuille de route 2018

1. Robotique

1.1. Positionnement thématique et industriel, objectifs, verrous scientifiques et technologiques

- Positionnement thématique

L'évolution des besoins de la société conduit à la création de systèmes et de services de plus en plus complexes qui nécessitent de plus en plus de capacités de décision, d'action et de perception afin de constituer des "systèmes intelligents". Ces systèmes complexes liés aux nouvelles technologies sont de plus en plus présents dans les produits et services actuels (maison intelligente, interaction virtuelle, systèmes embarqués, ...) et ils utilisent des robots mais aussi très souvent des technologies issues de la robotique (industrielles, mobiles, humanoïdes, ubiquistes).

Dans ce cadre, la robotique est centrale et pose de nouveaux défis car ces nouveaux systèmes doivent percevoir, décider et réaliser des actions concrètes dans un monde virtuel ou réel pour interagir avec leurs environnements.

Un robot est donc un système matériel possédant des capacités de perception, d'action, de décision et de communication, parfois capable d'améliorer ses propres performances par apprentissage automatique ou supervisé par des humains, pour :

- agir dans un environnement ouvert ou confiné, dynamique et imparfaitement modélisé, voire inconnu, à des échelles allant du nano-monde au macro-monde ;
- exécuter de façon autonome ou en relation avec un humain, des tâches d'observation, d'exploration, de modélisation, de manipulation et/ou d'intervention sur l'environnement ;
- interagir le cas échéant avec d'autres machines ou avec des humains, matériellement ou virtuellement.

Le développement de ces systèmes robotique est complexe car :

- Ils nécessitent une programmation orientée « tâche robotique » qui doit prendre en compte la boucle perception-décision-action ;
- ils croisent de nombreuses autres disciplines à l'intérieur des sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie ;
- ils interagissent avec des environnements variables et évolutifs (humain, systèmes mobiles, ambiants) ce qui implique de prendre en compte l'interaction dès la conception ;
- ils nécessitent une intégration sur des systèmes robotiques et interactifs qui associent le monde virtuel de l'informatique au monde réel des robots ;
- ils sont pluridisciplinaires mais avec des **compétences et des savoirs propres à la robotique.**

- Positionnement industriel

Le plan national « France Robots Initiatives » lancé en mars 2013 par le ministère du Redressement productif et celui de l'Enseignement supérieur et de la Recherche vise à placer la France dans les cinq nations leaders du secteur de la robotique d'ici à 2020. Il souligne notamment la performance de laboratoires académiques mais aussi la mise en place de cluster autour de la robotique (« Robotics Place à Toulouse, Aquitaine Robotics à Bordeaux, Cluster de Robotique en Nord Pas de Calais). La Robotique apparaît encore comme un des 34 plans nécessaire à la création de la nouvelle France industrielle

Au niveau mondial, il est estimé que le secteur de la robotique passera de 3.5 milliards de dollars en 2010 à 100 milliards en 2020, avec de nombreux emplois à la clé. Dans ce contexte, les marchés de la robotique, notamment industrielle¹ et de services à l'humain², sont en plein essor; on est donc aujourd'hui au démarrage d'une industrie de grande ampleur, à couverture mondiale et qui diffusent déjà sur des secteurs variés. Le secteur de l'automobile constitue un marché de masse pour la robotique de services car les fonctions robotique vont diffuser dans le domaine du transport (exemple du véhicule « link and go » dans le grand Toulouse, véhicule autonome intelligent pour le transport du fret dans des zones confinés portuaires et logistiques au NPdC³ à travers le projet InTraDE⁴). La robotique, via ses capacités embarquées de perception et de décision, concerne aussi les systèmes interactifs ambiants virtuels ou réels (environnement humain instrumenté en capteurs, voire actionneurs). Ces systèmes robotiques sont un enjeu pour le secteur de la production au travers du plan « usine du futur » (Cobotique). Comme on peut le constater les techniques et méthodes robotiques diffusent largement hors du champ de la robotique et les marchés sous-jacents sont nombreux et sont dès à présent des secteurs d'emploi qui ne peuvent que se développer.

Il est difficile d'estimer les taux de croissance des nombreuses applications qui constituent le marché de la robotique. Cependant, la plupart des analystes consultés ou ayant publié sur la question s'accordent à penser que le début des années 2010 est un tournant sur ces marchés, et constitue le démarrage réel de leur développement. Un consensus se fait aussi sur l'ampleur que prendra la dissémination des robots dans les environnements professionnels et personnels dans les années à venir, même si le rythme de démarrage des marchés fait débat. On est donc aujourd'hui au démarrage d'une industrie de grande ampleur, à couverture mondiale. La figure 1 montre à titre indicatif une projection à 2025 du marché mondial de la robotique de service. Les besoins en ingénieurs du domaine vont suivre logiquement la tendance (Cf. lien url <http://www.ifr.org/robots-create-jobs/> pour des statistiques associées). Le contexte socio-économique actuel et futur est donc très favorable pour développer la robotique au sein de S.MART.

Il en résulte un besoin de personnels de haut niveau, compétents en robotique pour relever un défi stratégique national.

Dans la suite, les principaux objectifs du déploiement de la robotique sont dégagés avant d'identifier les principaux verrous scientifiques et technologiques associés.

¹ La robotique industrielle comprend l'ensemble des systèmes et automates susceptibles de prendre en charge des manipulations ou opérations de production en lieu et place d'un opérateur humain.

² La robotique de service se définit comme le pan de la robotique qui assiste l'homme dans ses activités professionnelles (cobotique, etc.) comme dans sa vie courante (robot compagnon, etc.), contribuant à améliorer ses conditions de travail, sa sécurité, son bien-être, etc.

³ Nord Pas de Calais

⁴ www.intrade-nwe.eu

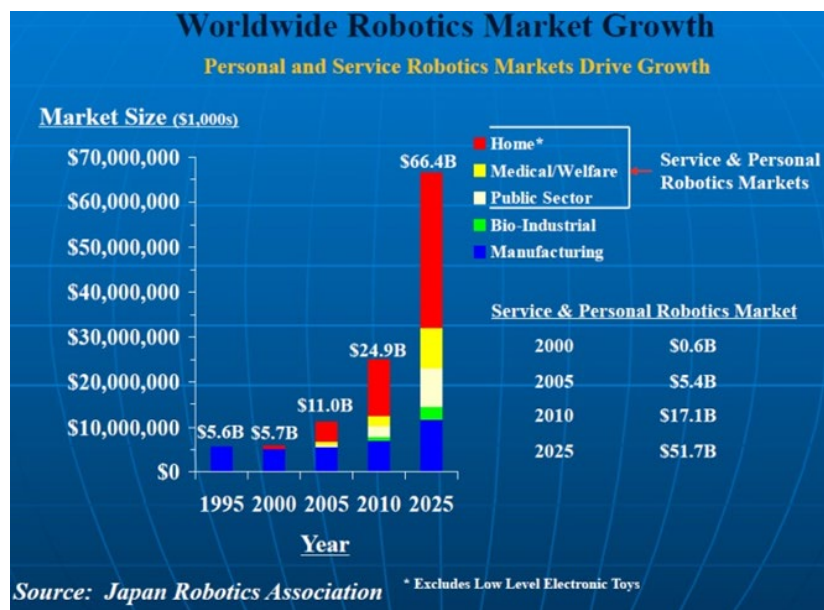


Figure 1 : perspectives du marché international en robotique

Objectifs

- Robotique de production : répondre aux défis de la robotisation des moyens de production industriels dans le cadre de l'usine du futur.
- Robotique mobile : favoriser le déploiement de robots fiables dans le cadre d'applications pour les véhicules de transport intelligents, la robotique tout-terrain ou encore les mini-drones
- La robotique humanoïde : savoir contrôler les mouvements des systèmes mécaniques anthropomorphes afin de permettre leur intégration au sein d'applications.
- Interactions naturelles : prendre en compte l'environnement pour permettre des interactions naturelles entre les robots et les êtres humains.
- La robotique médicale : améliorer les performances des gestes cliniques pour des spécialités médicales basées sur la technique, telle que la Radiothérapie Adaptative.

Comme nous pouvons le noter ces objectifs ne sont pas disjoints et possèdent de fortes interactions.

Verrous scientifiques et technologiques

- Développer des systèmes de contrôle sensori-moteurs basés sur les systèmes physiques ;
- Développer des capacités cognitives de décision, d'anticipation, d'apprentissage pour pouvoir accomplir des tâches complexes sur l'environnement ;
- Développer des approches méthodologiques basées sur la modélisation et l'optimisation pour traiter ces systèmes complexes (redondants, sous actionnés, ...) ;
- Prendre en compte le rôle de l'humain impliqué dans la définition et l'exécution de la tâche robotique ;
- Prendre en compte l'interaction avec l'homme qui pose des défis en termes de complexité et de variabilité de l'environnement ;
- Intégrer les divers traitements (perception, action, décision) de données au sein d'un même système ;

- Concevoir de nouvelles modalités d'actionnements afin de développer l'interaction (actionneurs compliants, commande en effort,...) ;
- Adapter les architecture de contrôle et de supervision à l'évolution du monde de la communication (systèmes décentralisés, potentialité du « cloud »,...);
- Passer d'une programmation robotique bas niveau à une programmation niveau tâche robotique.
- Développer le concept de système de systèmes robotisés, composé de composants systèmes hétérogènes, indépendants opérationnellement et managérialement, pouvant communiquer pour réaliser des missions communes, tout en étant dispatchés géographiquement.

1.2. Etat des lieux national et international versus des expertises du réseau

1.2.1. Enseignement

Au niveau national, plusieurs formations universitaires/ingénieur orientées « automatique, mécanique » affichent la robotique à divers niveaux de leur programme : UEs électives, option, majeure, voire spécialité. A titre d'exemple on peut citer :

- UPMC ciblée automatique et mécanique appliquées à la robotique,
- IFMA/Clermont Ferrand qui se focalise t sur la mécanique et mécatronique,
- Nantes, via un département « Automatique et Robotique »,
- -USTL-Polytech'Lille/Montpellier offre une mention « électronique, robotique, infor. industrielle »,
- Orléans propose une option « mécatronique et conception de systèmes »,
- Telecom Physique Strasbourg propose une spécialité ciblant la robotique médicale,
-

Quelques formations couplent robotique et interaction comme par exemple UPMC qui ouvre sur quelques UEs électives sur l'interaction en dernière année, et SUPELEC/Metz qui propose une majeure de dernière année en « systèmes interactifs et robotique », Polytech-Lille/USTL propose un module transversal en fin de cycle ingénieur sur 'Système de systèmes robotisés'. Il faut enfin mentionner quelques formations « informatique » qui ouvrent sur les métiers de la robotique (exemple l'ENSEIRB/Bordeaux, qui vient d'ouvrir, en dernière année une option orientée « robotique et apprentissage »).

Quelques masters sont focalisés sur la robotique et l'interaction sur un cursus long. Par exemple le Master SIR/Toulouse se focalise sur l'instrumentation, le développement puis l'intégration de fonctionnalités logicielles embarquées sur diverses plateformes (bras manipulateurs, robots mobiles, robots humanoïdes, robots ubiquistes).

Il faut noter que la DGIS dans son étude et rapport de juin 2012 mentionne que « la robotique étant une science de l'ingénierie système et d'intégration de technologie, très peu d'écoles d'ingénieurs proposent une formation en robotique. De nombreuses écoles se limitent à l'automatique et à d'autres disciplines nécessaires en robotique sans les rassembler. »

En 2014, la maison pour la Science au service des professeurs de Midi-Pyrénées en collaboration avec S.MART de Toulouse va offrir une session de formation à la robotique pour les professeurs de Technologie en classe de 3ème afin de comprendre le fonctionnement d'un système robotique.

Depuis quelques années, certaines classes préparatoires utilisent des robots pour illustrer des concepts fondamentaux (physique, mathématique).

A l'international nous trouvons des masters « Robotics » ou « Intelligents Systems ».

1.2.2. Recherche

Le Groupement de Recherche (GdR) en Robotique a été créé en 2007 par le CNRS afin :

- animer et structurer la communauté scientifique du domaine d'une part,
 - promouvoir, faciliter et dynamiser les échanges entre la recherche et d'industrie d'autre part.
- Aujourd'hui, plus de 1300 chercheurs et ingénieurs relevant de différents établissements publics et privés sont membres du GdR Robotique et participent aux travaux de groupes de Travail organisés autour de grandes thématiques correspondant à des enjeux particuliers pour la recherche et l'innovation.

Des journées nationales de la robotique (JNRR) se tiennent annuellement en alternance avec les journées de la robotique humanoïde (JNRH) et les travaux de la communauté française sont reconnus au niveau international.

La recherche en robotique est valorisée par des participations à des congrès internationaux et dans des revues internationales. Parmi les congrès annuels clés, nous pouvons citer :

- IEEE International Conference on Robotics and Automation ;
- IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems ;
- IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots ;
- Robotics: Science and Systems Conference

Les revues de référence sont :

- International Journal of Robotics Research (IJRR)
- Journal of Field Robotics (JFR)
- IEEE Transactions on Robotics (TRO)
- IEEE Robotics and Automation Magazine (RAM)
- Autonomous Robots (AURO)
- Bioinspiration and Biomimetics
- Robotics and Computer-Integrated Manufacturing

Concernant les projets de recherche nationaux l'ANR a identifié les thèmes de la robotique comme un des vecteurs majeurs de croissance et d'innovation, en particulier dans le domaine de l'usine du futur. Dans sa programmation 2014, apparaît un programme spécifiquement consacré aux systèmes de production lié à la robotique.

Il faut noter la création de ROBOTEX qui est un réseau national de plates-formes expérimentales de robotique qui constitue un « équipement d'excellence » - (N° ANR-10-EQPX-44-01) - financé dans le cadre des investissements d'avenir.

1.3. Analyse SWOT sur la thématique concernée

Cette analyse s'effectue sur l'expertise actuelle et future du réseau S.MART en Robotique.

- Points forts
- Les membres du réseau sont impliqués au sein des GDR et dans les structures régionales des clusters robotique ;
- Plusieurs pôles régionaux soutiennent le développement de la thématique Robotique au travers d'appel d'offre projet ;

- Les formations et les laboratoires de recherche développent des compétences fortes et reconnues au niveau international ;
 - De par son histoire, le réseau S.MART couvre un large spectre de compétences. L'AIP avait pour but initial le développement de la productique, de l'automatique et de la robotique et PRIMECA de développement de la mécanique et des outils informatiques associés. La collaboration de ces deux entités en fait un acteur « naturel » de la robotique ;
 - S.MART offre la possibilité de valoriser certaines recherches à travers ces plateformes technologiques de qualité.
- Points faibles
 - La robotique est vue comme transversale mais elle doit développer ses propres méthodes et techniques afin de résoudre ses défis. Elle ne doit pas être perçue comme un domaine applicatif des champs disciplinaires (Automatique, Electronique embarquée, ...) mais comme un nouveau champ disciplinaire;
 - L'intégration des techniques sur des plateformes nécessite la généralisation de standard (type ROS) ;
 - L'implication des équipes pédagogiques reste très concentrée, des individus moteurs mais manque d'adhésion collective ;
 - Manque de visibilité au niveau des formations véritablement étiquetés Robotique, il faudrait une mention de master libellée « Robotique » ;
 - Les recherches transversales sont difficiles à valoriser par section CNU (thématique).
 - Opportunités
 - La baisse des coûts liés à la technologie permet d'envisager la démocratisation de plateforme robotique grand public (on peut faire le parallèle avec les Smartphones) ;
 - Nouveau secteur d'activité en robotique de service et industrielle qui implique la conception de systèmes et de services à forte valeur ajoutée ;
 - Des besoins croissants en personnels qualifiés sont nécessaire pour accompagner le plan de robotisation français que ce soit au niveau des grands groupes industriels ou des PME, y compris en formation tout au long de la carrière ;
 - La création du réseau national de plates-formes expérimentales de robotique qui constitue un « équipement d'excellence » va accélérer le transfert technologique laboratoire/industrie.
 - Menaces
 - Robotisation réalisée par des industriels non français ne favorisant pas la création de PME;
 - Faire une projection trop futuriste des robots et des applications (forte autonomie) impliquant une non commercialisation grand public ;
 - Rattachement de la Robotique aux domaines thématiques classiques ne lui permettant pas d'émerger comme un nouveau champ disciplinaire ;
 - Recherches pilotées seulement par projet sans laisser la place à des travaux de recherche à risque.

1.4. Synthèse et conclusion

Le développement de la thématique Robotique au sein du réseau S.MART se justifie:

- Par le besoin industriel de personnels de haut niveau compétents en Robotique pour relever un défi stratégique national ;

- Par la volonté d'affirmer l'expertise des enseignants-chercheurs en Robotique (point de vue des équipes pédagogiques) ;
- Par la maturité acquise dans la formation en Robotique au niveau Master, confortée et adossée à une recherche active ;
- Par l'opportunité que représente la Robotique pour fédérer les expertises disciplinaires reconnues sur le territoire et au-delà (point de vue des enseignants-chercheurs) ;
- Par l'intérêt croissant des étudiants pour suivre une formation ou une initiation à travers des démonstrateurs issus de la robotique ou bio-inspirés.

Fort de ses compétences, de son implication et des actions déjà lancées, le réseau AIP-Priméca doit s'impliquer pleinement dans le développement et le rayonnement de la Robotique.

1.5. Liste des contributeurs et remerciement aux acteurs mobilisés

- Contributeurs principaux
Michel Taïx – MC Université Paul Sabatier/LAAS-CNRS – AIP-Priméca Toulouse
Rochdi Merzouki – Pr Université des Sciences et Technologie de Lille/ LAGIS-CNRS – AIP-Priméca Nord Pas de Calais.
- Remerciements
Frédéric Lerasle – Pr Université Paul Sabatier/LAAS-CNRS

1.6. Bibliographie et références

- [1] <http://equipex-robotex.fr>
- [2] <http://www.gdr-robotique.org>
- [3] http://www.dgcis.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/robotique/france-robots-initiatives.pdf
- [4] Pôle de compétitivité Aerospace Valley – www.aerospace-valley.com
- [5] Technologies clés 2015 – www.dgcis.redressement-productif.gouv.fr/politique-et-enjeux/technologies-cles-2015