



Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France

dgcis PROSPECTIVE

PIPAME
Pôle interministériel de prospective et d'anticipation
des mutations économiques

dgcis

direction générale de la compétitivité
de l'industrie et des services

Date de parution : 12 avril 2012

Couverture : Nathalie Palous, Brigitte Baroin
Édition : Nicole Merle-Lamoot, Gilles Pannetier



Le pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME) a pour objectif d'apporter, en coordonnant l'action des départements ministériels, un éclairage de l'évolution des principaux acteurs et secteurs économiques en mutation, en s'attachant à faire ressortir les menaces et les opportunités pour les entreprises, l'emploi et les territoires.

Des changements majeurs, issus de la mondialisation de l'économie et des préoccupations montantes comme celles liées au développement durable, déterminent pour le long terme la compétitivité et l'emploi, et affectent en profondeur le comportement des entreprises. Face à ces changements, dont certains sont porteurs d'inflexions fortes ou de ruptures, il est nécessaire de renforcer les capacités de veille et d'anticipation des différents acteurs de ces changements : l'État, notamment au niveau interministériel, les acteurs socio-économiques et le tissu d'entreprises, notamment les PME. Dans ce contexte, le PIPAME favorise les convergences entre les éléments microéconomiques et les modalités d'action de l'État. C'est exactement là que se situe en premier l'action du PIPAME : offrir des diagnostics, des outils d'animation et de création de valeur aux acteurs économiques, grandes entreprises et réseaux de PME / PMI, avec pour objectif principal le développement d'emplois à haute valeur ajoutée sur le territoire national.

Le secrétariat général du PIPAME est assuré par la sous-direction de la prospective, des études économiques et de l'évaluation (P3E) de la direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS).

Les départements ministériels participant au PIPAME sont :

- le Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie/direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services ;
- le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement/direction générale des infrastructures, des transports et de la mer et direction générale de l'aviation civile ;
- le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire/délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale, direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires ;
- le Ministère de la Défense et des Anciens Combattants/délégation générale pour l'armement ;
- le Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé/direction générale de l'emploi et de la formation professionnelle, direction générale de la santé ;
- le Ministère de la Culture et de la Communication/département des études, de la prospective et des statistiques ;
- le Conseil d'analyse stratégie (CAS), rattaché au Premier ministre.



direction générale de la compétitivité
de l'industrie et des services

Avertissement

La méthodologie utilisée dans cette étude ainsi que les résultats obtenus sont de la seule responsabilité du cabinet Erdyn et n'engagent ni le Pipame, ni la direction générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIS) qui ont commandé cette étude. Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant, à faire part de leurs commentaires à la DGCIS.

Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France

Membres du comité de pilotage

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Frédéric Karolak | DGCIS/SDP3E3 |
| Noël Le Scouarnec | DGCIS/SDP3E3 |
| Mireille Campana | DGCIS/STIC/SDRU |
| Benjamin Leperchey | DGCIS/STIC/SDRU2 |
| Anne-Lise Thouroude | DGCIS/STIC/SDRU1 |
| Thierry Triomphe | DGCIS/STIC/SDRU1 |
| Dominique Naud | DGCIS/STCAS/MSP |
| Damien Cocat | DIRECCTE Île-de-France |
| Michèle Spata | DIRECCTE Île-de-France |
| Pierre-Alexandre Bliman | ministère de la Recherche |
| Alain Michard | ministère de la Recherche |
| Philippe Bidaud | GdR Robotique/ISIR |
| Bruno Bonnell | SYROBO |
| Jean-Christophe Gougeon | OSEO |
| François Hanat | Cap Robotique |
| Jean-Luc Hannequin | Novincie |
| Philippe Roy | Cap Digital |

La conduite des entretiens et la rédaction du présent rapport ont été réalisées par le cabinet de conseil :

Erdyn Consultants

23 rue Vergniaud

75013 Paris

Tél. : +33 (0)1 44 16 86 00

Fax : +33 (0)1 44 16 86 01

<http://www.erdyn.fr>

Consultants :

Olivier Fallou, associé ;

Robert Millet, consultant expert ;

Simon Creuchet, consultant ;

Tsiresy Ranaivondrambola, consultant ;

Raja Chatila, directeur de recherche, CNRS.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres du comité de pilotage pour leur contribution effective à la conduite de l'étude et à l'enrichissement du questionnement. Nous remercions également l'ensemble des acteurs de la filière que nous avons sollicités au cours de ces travaux, et qui se sont attachés à se rendre disponibles pour répondre à nos questions.

RÉSUMÉ

La robotique de service est un champ d'application de la robotique de plus en plus médiatisé. L'action des entreprises du secteur en France comme celle d'autres pays est de plus en plus forte pour promouvoir des applications et des robots plus ou moins technologiquement perfectionnés, de l'aspirateur personnel au robot d'assistance militaire. Afin de fournir à la filière et aux pouvoirs publics une vision claire de la réalité de cette industrie et de ses marchés, ainsi que de leur potentiel à moyen terme, en France et dans le monde, le PIPAME a confié au cabinet Erdyn une étude couvrant ces différents aspects. L'étude est articulée en deux parties : une première partie sur l'état des lieux de la filière, une seconde sur la potentiel de marché de la robotique de service, en particulier sur trois segments définis au démarrage des travaux :

- La robotique d'assistance à la personne en perte d'autonomie,
- La robotique personnelle et le robot compagnon,
- La robotique de surveillance et de gardiennage.

Comme point de départ de l'étude, nous avons retenu une définition consensuelle de ce qu'est un robot : c'est un *dispositif mécanique permettant de réaliser des tâches, en autonomie de décision pour une partie des actions élémentaires qui la composent*. Le niveau d'autonomie doit être présent, mais ne porte pas nécessairement sur l'ensemble de la tâche : la capacité à induire un comportement sur la base de ces informations et une interaction avec son environnement – et donc un certain niveau d'« intelligence » – est une caractéristique essentielle du robot. Cependant, le périmètre observé dans la deuxième partie de l'étude repose sur des choix qui excluent par le marché de l'automobile ou celui de la défense. Cela n'implique évidemment pas que ces marchés ne sont pas importants pour la filière.

La robotique de service s'est développée en premier lieu autour de la robotique d'intervention, notamment dans le domaine nucléaire dès les années 1950 avec des mobiles téléopérés. Depuis, la robotique d'intervention a gagné en autonomie, et s'est déployée dans quelques marchés très spécifiques tels l'intervention sur catastrophe naturelle ou la défense. Aujourd'hui, les développements techniques matériels, algorithmiques et en traitement du signal rendent envisageable la commercialisation de robots en grande quantité, pour servir des marchés professionnels ou domestiques en environnement beaucoup plus ouvert que la robotique industrielle déjà bien implantée dans les grandes entreprises industrielles. Notamment, quelques marchés portent aujourd'hui le développement du chiffre d'affaires de la filière : les robots de défense (drones notamment), les robots agricoles (trayeuses) ou logistiques (en continuité de la robotique industrielle), les robots domestiques (aspirateurs) ou encore les robots médicaux pour l'assistance à l'intervention chirurgicale.

Un écosystème mondial en construction

Les réussites commerciales sont cependant le fait de quelques entreprises dans le monde. L'espoir du développement d'un robot domestique « à tout faire » bute encore aujourd'hui sur des écueils tant techniques qu'économiques. Les démonstrations faites dans des entreprises japonaises ou des laboratoires européens et états-uniens sont loin de leur déploiement à grande échelle. Malgré cela, les compétences en robotique sont largement développées dans un grand nombre de pays, avec des spécialités plus ou moins marquées selon la zone géographique. La France, par exemple, est reconnue pour son excellence dans le domaine du logiciel et de la robotique humanoïde notamment, l'Allemagne sur la mécatronique et la capacité d'industrialisation, les États-Unis sur la robotique militaire, etc. L'étude détaille l'état des lieux dans les principaux pays dans lesquels se développe une filière de la robotique de service.

Les points saillants de l'analyse sont :

- Une volonté politique affirmée pour un développement de la filière dans quelques pays, dans lesquels des plans stratégiques ont été définis pour le supporter. L'exemple emblématique en est la Corée du Sud, qui a pour ambition de devenir le leader mondial dès 2018. Mais on peut citer également le Japon ou les États-Unis qui portent la filière, par exemple à travers un investissement massif dans la défense pour les États-Unis, irriguant l'ensemble de la chaîne de valeur ;
- La France est reconnue comme un acteur important de la robotique sur la plan académique, et a vu naître quelques entreprises reconnues sur le secteur comme Aldebaran Robotics ou Robopolis. Elle se caractérise cependant par une industrie composée principalement de petites entreprises, relativement jeunes, qui n'ont pas encore trouvé leur marché. À la différence de l'Allemagne, cette industrie ne se construit pas sur le terreau de la robotique industrielle, secteur dans lequel la France est absente, mais sur la base de la valorisation de travaux de laboratoire ;
- Les grands groupes industriels français ne communiquent pas aujourd'hui autour de la robotique, qui reste pour la plupart d'entre eux un objet de veille plus qu'un sujet d'actualité ;
- En France, le capital-risque ne s'était pas réellement saisi de cette problématique. Associé à des visions d'entreprises essentiellement tournées vers la technologie plutôt que vers les marchés, cela conduit aujourd'hui à un manque chronique de fonds propres des PME pour conduire leur développement. Un fonds, Capital Robolution, vise cette filière spécifiquement depuis début 2012.

En France, le nombre d'entreprises dont l'activité principale est la conception ou la fabrication de robots de services serait compris entre 30 et 60 pour un nombre d'emplois de quelques centaines de personnels très qualifiés : chercheurs, ingénieurs et techniciens majoritairement.

Des marchés en émergence

Le marché global de la robotique de service est aujourd'hui porteur d'un potentiel très important. Il est accepté par tous les analystes que les marchés sont – pour beaucoup – en émergence, et que l'incertitude porte sur le rythme de développement de ces marchés. À ce titre, il est difficile de considérer la robotique de service comme un seul marché ; il s'agit plutôt d'une juxtaposition de marchés de volume, de niche ou de spécialité.

Nous estimons aujourd'hui que les marchés de robotique de service personnelle comme professionnelle devraient doubler entre 2010 et 2015. Cette tendance est déjà bien avancée dans des domaines comme le robot domestique monotâche (aspirateur notamment), les robots jouets, la robotique de défense et de sécurité, ou encore la robotique de logistique industrielle. Ainsi on table – en hypothèse prudente – en 2015 sur un marché mondial de 8 Mds\$ pour la robotique de service personnelle et de 18 Mds\$ pour la robotique de service professionnelle.

Pour la plupart des segments de marché envisagés pour la robotique de service, les applications en sont au stade de l'identification et de l'expérimentation. Pour chaque domaine applicatif, les déterminants des marchés sont très différents : ils peuvent être de l'ordre de l'acceptabilité, techniques, économiques et sociétaux. Ces différences font qu'il n'est pas possible de parler du marché de la robotique comme d'un ensemble homogène aujourd'hui, tant que les robots ne sont pas uniformément implantés dans les environnements de travail et personnels.

Notamment, le marché qui suscite sans doute aujourd'hui le plus de communications est le marché de l'assistance aux personnes en perte d'autonomie. Dans ce document, nous proposons donc une vision de trois marchés spécifiques :

- Le marché de l'assistance aux personnes en perte d'autonomie est vu de plus en plus comme un champ d'applications prometteur pour la robotique de service. Ce champ couvre des applications aussi diverses que la télésurveillance, la télé médecine, l'aide à la rééducation, l'assistance de vie pour les personnes peu autonomes. Force est de constater qu'aujourd'hui, peu d'applications commercialement viables existent, et qu'un vaste champ d'expérimentation reste à explorer, en partant des usages, et en validant l'acceptabilité des systèmes et le modèle économique de leur déploiement. Nous évaluons le marché mondial de la robotique d'assistance aux personnes en perte d'autonomie entre 1, et 2,5 Mds€ à l'horizon 2018, réparti entre des systèmes lourds (fauteuils robotisés par exemple) et des robots compagnons légers et à bas coût.
- Le marché des robots domestiques et robots compagnons est composé de multiples champs d'application : entretien (aspirateurs principalement aujourd'hui), jeux et jouets, applications domestiques diverses... D'un marché de machines monotâches, il s'élargira avec le temps vers des systèmes plus flexibles. Le marché des robots domestiques pourrait représenter un volume de 11 millions d'unités entre 2011 et 2015.
- Le marché des robots de surveillance et de gardiennage est également un terrain d'expérimentations avec des initiatives dans le domaine pénitentiaire en Corée, des projets de surveillance de sites étendus ou de frontières aux États-Unis, en Europe ou en Israël, des robots de surveillance de locaux (Jazz de Gostai), des tentatives de robots de surveillance domestique (Wowee), etc. mais aucun système n'a aujourd'hui trouvé son marché. Les robots de surveillance pourraient également aborder le marché de la surveillance environnementale. Les enjeux que ces systèmes peuvent aborder concernent les coûts d'exploitation, l'efficacité ou la sécurité des intervenants ; ils se heurtent cependant encore à des contraintes techniques notamment. On estime que les ventes de robots de surveillance pourraient représenter des volumes de 3 500 systèmes en 2016 pour les applications professionnelles, de 50 000 pour les applications domestiques.

Des opportunités pour les entreprises françaises

Les marchés de la robotique de service sont de trois types :

- Des marchés de masse, très orientés vers le grand public, tirés par les coûts, sur lesquels l'industrie française n'est aujourd'hui pas armée pour être présente sur l'ensemble de la chaîne de valeur. La France peut cependant afficher des compétences fortes sur la conception, le développement des applications, la fourniture de composants clés. Il manque dans les entreprises françaises actuellement présentes sur ces marchés de réelles compétences pour l'industrialisation des robots.
- Des marchés de niche, caractérisés par de petites séries, pour des marchés professionnels. Sur ces marchés, l'écosystème français a de véritables atouts en termes d'expertise, de donneurs d'ordres et de financement de l'innovation. Il manque là encore la capacité (financière et en compétences) à industrialiser un robot conçu dans le cadre d'une expérimentation.
- Des marchés de robots spécifiques, pour lesquels les robots sont produits en très petites quantités, de manière artisanale, et pour lesquels la France est d'ores et déjà un acteur visible au niveau international.

Sur l'ensemble de ces marchés, il est indispensable de garder à l'esprit que la chaîne de valeur, lorsqu'elle n'est pas déjà en place, doit se construire de manière complète. Notamment, le

déploiement des robots passe par la création de services, du SAV au service à la personne intégrant l'utilisation du robot. Ces activités de service sont principalement des activités de proximité, et constituent à terme un vivier d'emplois significatif.

Nous estimons que les emplois directs induits par la robotique de service à l'horizon de 5 à 10 ans sont de quelques milliers à quelques dizaines de milliers. Aujourd'hui, les expérimentations en cours ne conduisent pas à envisager des impacts négatifs sur l'emploi, s'agissant d'un critère d'acceptabilité majeur pour le déploiement des robots.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| PREMIÈRE PARTIE : ÉTAT DES LIEUX | 17 |
| 1. INTRODUCTION – CADRAGE DE L’ÉTUDE | 18 |
| 1.1. HISTORIQUE | 18 |
| 1.2. TENTATIVES DE DÉFINITION | 19 |
| 1.3. L’INTRODUCTION DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE | 20 |
| 1.4. PÉRIMÈTRE DE L’ÉTUDE | 20 |
| 1.5. DÉTAIL DES TRAVAUX | 21 |
| 2. LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE | 23 |
| 2.1. LES DOMAINES APPLICATIFS | 23 |
| 2.2. CHAÎNE DE VALEUR DE LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE | 30 |
| 2.3. LE MARCHÉ DE LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE EN 2011 | 36 |
| 3. L’ÉTAT DES LIEUX DE LA TECHNOLOGIE | 39 |
| 3.1. ÉTAT DES LIEUX PAR TECHNOLOGIE | 40 |
| 3.2. SYNTHÈSE | 50 |
| 4. L’ÉCOSYSTÈME FRANÇAIS DE LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE | 51 |
| 5. LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE DANS LE MONDE | 61 |
| 5.1. INTRODUCTION GÉNÉRALE | 61 |
| 5.2. ALLEMAGNE | 62 |
| 5.3. ROYAUME-UNI | 68 |
| 5.4. ITALIE | 70 |
| 5.5. ÉTATS-UNIS | 76 |
| 5.6. CORÉE DU SUD | 83 |
| 5.7. JAPON | 88 |
| 5.8. TAÏWAN | 92 |
| 5.9. CHINE | 96 |
| 5.10. LE RESTE DU MONDE | 99 |
| 6. CONCLUSIONS | 102 |
| 6.1. DES CONCENTRATIONS RÉGIONALES DIVERSES | 102 |
| 6.2. DES SPÉCIFICITÉS RÉGIONALES | 103 |
| 6.3. UNE STRUCTURATION DE LA FILIÈRE DYNAMIQUE | 106 |
| 6.4. SOUTIENS À LA FILIÈRE | 107 |

| | |
|--|-----|
| DEUXIÈME PARTIE : ANALYSE DES TENDANCES DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE | 109 |
| 7. ÉVOLUTIONS DU MARCHÉ DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE ET PERSONNELLE | 110 |
| 7.1. LE FUTUR DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE | 110 |
| 7.2. LES DÉTERMINANTS DU MARCHÉ DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE | 114 |
| 8. L'ASSISTANCE AUX PERSONNES EN PERTE D'AUTONOMIE | 121 |
| 8.1. APPLICATIONS COUVERTES | 121 |
| 8.2. CONTEXTE ET ENJEUX | 129 |
| 8.3. LES DÉTERMINANTS DU MARCHÉ | 132 |
| 8.4. POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DE CES SEGMENTS DE MARCHÉS | 134 |
| 9. LE ROBOT « COMPAGNON » ET LES ROBOTS DOMESTIQUES | 143 |
| 9.1. APPLICATIONS COUVERTES | 143 |
| 9.2. CONTEXTE ET ENJEUX | 145 |
| 9.3. PERTINENCE & VALEUR AJOUTÉE | 147 |
| 9.4. LES DÉTERMINANTS DES MARCHÉS | 149 |
| 9.5. ÉVOLUTIONS DU MARCHÉ | 155 |
| 10. LA SURVEILLANCE ET LE GARDIENNAGE | 161 |
| 10.1. APPLICATIONS COUVERTES | 161 |
| 10.2. CONTEXTE ET ENJEUX | 167 |
| 10.3. LES DÉTERMINANTS DU MARCHÉ | 169 |
| 10.4. ÉVOLUTIONS DU MARCHÉ | 170 |
| 11. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES, JURIDIQUES, NORMATIVES | 174 |
| 11.1. L'ÉTHIQUE ET LA DIFFUSION DES ROBOTS DE SERVICE | 174 |
| 11.2. LA QUESTION DU DROIT | 175 |
| 11.3. LA ROBOTIQUE DE SERVICE DANS LES NORMES | 177 |
| 12. CONCLUSIONS | 179 |
| 12.1. TROIS TYPES DE MARCHÉS | 179 |
| 12.2. L'ÉCOSYSTÈME FRANÇAIS | 180 |
| 12.3. COMMENT LEVER LES VEROUS ? | 182 |
| 13. SIGLES | 185 |
| 14. INDEX DES TABLEAUX | 186 |
| 15. INDEX DES FIGURES | 188 |
| 16. LISTE DES PERSONNES CONSULTÉES DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE | 192 |
| 17. BIBLIOGRAPHIE | 194 |

PREMIÈRE PARTIE : ÉTAT DES LIEUX

1. INTRODUCTION – CADRAGE DE L'ÉTUDE

1.1. HISTORIQUE

Sans remonter aux premiers concepts de machine remplaçant l'homme dès le XVII^e siècle, la robotique est née, dans les années 1950, du croisement des besoins et des disponibilités de nouvelles technologies développées durant la seconde guerre mondiale : l'électronique, l'automatique, l'informatique... Les deux premières orientations de ces machines étaient de répondre aux besoins de l'industrie manufacturière et aux besoins de l'industrie en milieux hostiles à l'homme.

La robotique industrielle a répondu dans un premier temps au besoin de manipuler de manière répétitive et automatique des objets entre les machines de fabrication proprement dite. Ce robot devait donc avoir au minimum un organe de saisie des pièces pouvant suivre des trajectoires programmables. Le robot industriel est maintenant un produit majeur et répandu à plus d'un million d'exemplaires, utilisé dans de nombreuses étapes de fabrication (manipulation, peinture, soudure) ; il est complété maintenant dans le domaine manufacturier par des robots mobiles de transport ou d'assistance (AGV, *picking*, assistance au montage) qui ont beaucoup de points communs avec les robots de service. **La robotique est par ailleurs considérée comme un élément clé de la compétitivité des entreprises industrielles**, au point de susciter des soutiens publics massifs, en Europe comme aux États-Unis¹.

La robotique en milieu hostile répond aux besoins de manipulation d'objets à distance du fait de leur dangerosité (chimie, explosif), de la nocivité du milieu pour l'homme (nucléaire) ou de la difficulté à s'y rendre (espace). Les premières réalisations ont été justifiées et financées par l'industrie nucléaire dans les années 1950. Ces robots sont des systèmes électromécaniques, téléopérés. Les développements de l'électronique et de l'informatique ont permis d'introduire dans ces équipements l'assistance à l'opérateur sous diverses modalités (retour d'effort, mouvement automatique sur commande de haut niveau) afin d'améliorer la précision, la vitesse d'exécution et d'enrichir les domaines d'application (démontage, lutte contre le terrorisme, intervention post-accident). Depuis une vingtaine d'années, des moyens importants en R & D ont été mis en place pour étendre les applications robotiques sur les théâtres d'opérations militaires.

Après la robotique industrielle et la robotique d'intervention, une troisième orientation est apparue avec les progrès en miniaturisation, microélectronique et micromécanique et les nouvelles capacités des systèmes de traitement de l'information et de communication qui ont créé les conditions technologiques favorables au développement de robots mobiles autonomes ou semi-autonomes pour réaliser **des applications de service professionnel et de service personnel** à des coûts et tailles raisonnables à moyen terme.

Les progrès en sciences cognitives et ceux réalisés dans la compréhension du vivant ouvrent également la porte à de nouvelles avancées sur les capacités d'apprentissage et d'intelligence d'entités artificielles, matérielles et à leur introduction dans des environnements en forte interaction avec l'homme. Ces applications de la robotique de service sont très larges car elles peuvent couvrir des domaines très variés du monde professionnel (agriculture, médical, nettoyage...) et du monde grand public (jeux, éducation, tâches domestiques...).

¹ National robotics initiative, 70 M\$, couvre aussi la recherche sur le travail en commun humain/robot.

1.2. TENTATIVES DE DÉFINITION

Robot

Le terme « robot » découle de langues slaves et signifie textuellement « esclave ». La définition précise d'un robot, et en contrepoint de la robotique, est complexe. L'article de Wikipedia en français propose « *assemblage complexe de pièces mécaniques et de pièces électroniques, le tout piloté par une intelligence artificielle. Lorsque les robots autonomes sont mobiles, ils possèdent également une source d'énergie embarquée.* ». L'article en anglais : "A robot is a mechanical intelligent agent which can perform tasks on its own, or with guidance. In practice a robot is usually an electro-mechanical machine which is guided by computer and electronic programming". D'autres définitions complètent celle-ci par les usages des robots. L'IFR propose : "A robot is an actuated mechanism programmable in two or more axes with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks".

Ces définitions, notamment la dernière, retracent l'essentiel de ce qu'est un robot dans l'acception qui sera la nôtre. Ainsi, une définition simple qui pourrait convenir aussi bien à un robot industriel qu'à un robot de service serait : **un dispositif mécanique permettant de réaliser des tâches, en autonomie de décision pour une partie des actions élémentaires qui la composent.** Le niveau d'autonomie doit être présent, mais ne porte pas nécessairement sur l'ensemble de la tâche. On peut la définir comme la capacité à réaliser ces actions élémentaires sur la base d'une consigne simple, après une prise d'information par le robot sur son environnement. Ainsi, la capacité à induire un comportement sur la base de ces informations et une interaction avec son environnement, et donc un certain niveau d'« intelligence », est une caractéristique essentielle du robot.

Dans la pratique, si tout le monde s'accorde dans les grandes lignes sur ces définitions, chacun pourra avoir un avis différent sur ce que n'est pas un robot. On se posera la question pour une voiture (partiellement) automatique – qui correspond à la définition d'un robot, mais n'est en général pas considéré comme tel ; un dispositif télécommandé – à partir de quel niveau d'autonomie un système mécanique est-il un robot ? etc.

Robotique de service

La robotique personnelle et de service ne constitue pas en tant que telle une chaîne de valeur dont la validité est générique. À l'instar d'Internet dans les années 1990, la robotique constitue aujourd'hui un cadre de développement d'outils et de produits qui répondront dans l'avenir à des demandes très variées, donc à des marchés dont les caractéristiques diffèrent fortement. Notamment dans sa partie commerciale, le modèle économique sur les différents marchés varie fortement suivant que l'on parle de marchés domestiques ou de la diffusion de robots d'assistance aux personnes en situation de handicap. Les contraintes d'exploitation, les coûts de fabrication, les niveaux de fiabilité, voire les modes de financement du déploiement des robots varieront du tout au tout.

La robotique personnelle et de service recouvre des systèmes très différents, tant dans leurs fonctionnalités que dans leurs applications. Quelques points communs peuvent cependant être dégagés, qui permettent de les qualifier au-delà d'une énumération de fonctions ; nous les énumérons ici dans un ordre qui nous semble mettre en avant les facteurs les plus saillants de cette définition :

- **Une capacité d'opération dans un environnement conçu pour l'homme, et en interaction avec l'homme**, qu'elle soit active (le robot interagit avec l'humain par le biais d'une interface spécifique, pour échanger de l'information ou agir ensemble à la réalisation d'une action) ou passive (le robot agit en présence de l'humain sans solliciter son attention) ;

- **Une certaine autonomie dans les déplacements**, pour des systèmes sur plate-forme mobile dans la grande majorité des cas ;
- Des prix de vente et des coûts de fonctionnement compatibles avec une diffusion relativement large ;
- Pour les mêmes raisons, une fréquence de maintenance faible, une robustesse et une sécurité de fonctionnement permettant le fonctionnement en présence d'un public éventuellement large, et souvent non professionnel.

Cette définition est discutable, mais regroupe les grandes caractéristiques communes de la robotique de service, telle que nous l'abordons dans le présent document. Elle n'est cependant aujourd'hui pas standardisée. Notamment, certaines définitions de la robotique de service incluent la robotique d'intervention et la robotique de défense. C'est le cas notamment de la classification proposée par l'*International Federation of Robotics* (IFR) dans son étude annuelle du marché de la robotique.

1.3. L'INTRODUCTION DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE

La robotique est classée en différents domaines ; cette classification est discutable selon le point de vue que l'on adopte, mais nous choisissons ici de considérer les champs suivants :

- La robotique industrielle, qui 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. On met en général dans cette catégorie des robots principalement à base fixe. Cependant, la robotique de logistique, qui se développe actuellement, pourra dans certains cas être intégrée à ce segment ;
- La robotique d'intervention comprend l'ensemble des systèmes robotiques qui permettent une projection – pour reprendre une dénomination militaire – sur un lieu d'intervention, sans intervention humaine physique directe. Initialement développée pour les milieux hostiles, avec une délégation de l'initiative humaine (systèmes commandés en environnement difficile ou dangereux : chimique, nucléaire, etc.), la robotique d'intervention voit ses champs d'application progressivement étendus à des applications plus courantes (robots agricoles, drones de surveillance civils, etc.) ;
- Du point de vue de cette définition, la robotique militaire entre pleinement dans le champ de la robotique d'intervention ; cependant, les caractéristiques de sa chaîne de valeur et des acteurs qui la composent militent pour en faire un segment distinct. Par ailleurs, elle se différencie également du segment précédent par des contraintes de mise en œuvre tout à fait spécifiques : contexte de guerre, furtivité, intégration poussée dans une chaîne de commandement et de contrôle... À la différence des autres segments, les considérations éthiques et réglementaires prennent une place moins importante dans son développement (des drones armés sont mis en œuvre par l'armée américaine, par exemple) ;
- La robotique de service peut être définie comme le pan de la robotique qui assiste l'homme dans ses activités professionnelles comme dans sa vie courante, contribuant à améliorer ses conditions de travail, sa sécurité, son bien-être, etc. Selon les typologies utilisées, on distinguera la robotique de service professionnelle, la robotique de service domestique et la robotique personnelle. Ce pan de la robotique est l'objet de la présente étude, et mérite qu'on s'y attarde dans la suite du texte. À ce titre, la robotique ludique dans toutes ses composantes fait partie du champ considéré dans le cadre de cette étude.

1.4. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

Ainsi, sans nier les liens entre les différents pans de la robotique, voire la filiation technologique qui existe entre eux, **le cœur de la présente étude est la robotique personnelle et de service** et les

écosystèmes qui se développent autour de ces domaines d'application de la robotique. L'objectif des travaux dont le premier volet est restitué ici est d'éclairer les pouvoirs publics et les acteurs de la filière sur le potentiel de développement de ces marchés, les atouts et faiblesses des entreprises et laboratoires français pour y répondre, et les mesures à prendre qui seraient susceptibles de soutenir la filière naissante.

Ainsi, le cadre de l'étude est la robotique personnelle et de service. Ce cadre demande à être précisé avant d'aller plus avant dans l'analyse. La définition de la robotique de service sera complétée dans le chapitre 2, mais on peut d'ores et déjà tenter de définir le périmètre de l'étude par l'exemple, en classant les applications selon trois grandes catégories :

- Les applications cœur de cible, qui sont de manière évidente et consensuelle classées dans cette catégorie d'outils :
 - ✓ Robot de surveillance et de sécurité sur site industriel
 - ✓ Robot domestique (nettoyage, surveillance...)
 - ✓ Robot éducatif (domestique)
 - ✓ Robot compagnon (domotique, éducatif, ludique...)
 - ✓ Robot d'assistance aux personnes en perte d'autonomie (tous milieux)
- Les applications qui ressortent de la robotique personnelle et de service, mais ne sont pas au cœur de l'étude. Ces applications sont cependant pleinement prises en compte dans le présent volet des travaux sur le benchmark :
 - ✓ Robot de relations publiques
 - ✓ Robot jouet et ludique
 - ✓ Robot éducatif (en milieu scolaire)
- Les applications hors périmètre, mais qui intéressent l'objet de l'étude par les relations qui peuvent exister – *via* des acteurs ou des technologies – avec les applications cœur de cible :
 - ✓ Robot agricole
 - ✓ Robot de nettoyage industriel
 - ✓ Construction/démolition
 - ✓ Robot logistique et véhicules automatiques
 - ✓ Robot d'assistance au chirurgien
 - ✓ Robot militaire

Notamment, on souligne que l'automobile, bien qu'utilisatrice de plus en plus de technologies robotiques, n'entre pas de plein champ dans le sujet de ces travaux. De la même manière que pour la robotique militaire par exemple, il est pourtant exclu de les oublier dans l'analyse : la robotique est et restera un secteur défini par une certaine vision de l'autonomie et du mode de fonctionnement des systèmes (largement alimenté dans l'imaginaire collectif par la littérature et le cinéma de science-fiction, des technologies constitutives, mais non exclusives, enfin et surtout par un développement à travers des marchés d'opportunité. Il est donc difficile) voire impossible – de fixer des frontières nettes à l'objet de nos travaux.

1.5. DÉTAIL DES TRAVAUX

Les travaux ont été menés en trois volets répondant à la demande du PIPAME.

Un premier volet est orienté sur une analyse comparée de l'écosystème français et des quelques zones géographiques en pointe sur le sujet de la robotique de service. Ce benchmark montre les atouts de la France, ainsi que ses faiblesses, pour profiter de l'essor attendu de la robotique de service dans les 5 à 10 années qui viennent. Ce volet est l'objet de la première partie du rapport de synthèse.

Un deuxième volet s'intéresse plus spécifiquement à l'analyse des marchés de la robotique personnelle et de service. Au-delà d'une approche globale, le rapport de synthèse livre des conclusions et scénarios de développement sur trois segments – larges – de ce marché, proposés dans le cahier des charges de l'étude :

- Les robots pour l'assistance à la personne en perte d'autonomie. Ce segment s'intéresse à la situation de handicap, qu'elle soit temporaire ou définitive, liée à l'âge, la situation, l'accident, etc. ; dans tous les milieux de vie : domicile, milieu hospitalier, déplacements... ;
- Les robots compagnons ou robots domestiques : allant de l'aspirateur au « majordome », du robot jouet à la plate-forme programmable, les robots compagnons sont un segment fertile en idées nouvelles, mais extrêmement varié en termes d'applications... ;
- Les robots de surveillance et de gardiennage : la surveillance et le gardiennage sont vus comme un marché de démarrage de certaines catégories de robots de service. Ils concernent la surveillance des sites à vocation professionnelle, mais présentent également des recouvrements avec les robots domestiques pour la surveillance du domicile. Le périmètre exact de l'un et de l'autre des segments sera précisé dans le deuxième document.

Un troisième volet des travaux, quant à lui, est consacré à des recommandations à destination des pouvoirs publics et de la filière pour asseoir le développement de la robotique personnelle et de service française dans les meilleures conditions. Il est notamment la conclusion de deux ateliers de travail menés à la fin de l'année 2011 et regroupant, pour le premier, les industriels et chercheurs du secteur, pour le second, les acteurs publics et de l'accompagnement de l'industrie. Ces recommandations décrivent un cadre de travail pour les acteurs publics notamment, et ne sont pas publiées dans le présent rapport.

2. LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE

2.1. LES DOMAINES APPLICATIFS

Pour cadrer au mieux le périmètre de la robotique personnelle et de service, telle que nous l'entendons dans la présente étude, il nous paraît important de l'illustrer par l'exemple.

Les robots d'intervention

La robotique d'intervention (traduction de *field robotics*) n'est pas – globalement – au cœur de nos travaux ; elle est cependant souvent incluse dans la robotique de service dans la littérature.

Les robots d'intervention sont en général des robots téléopérés (opérés à distance) par des commandes directes (joysticks, bras maître et autres organes de commande physiques ou virtuels), ou en semi-autonomie par des ordres de haut niveau pour réaliser et enchaîner des tâches (« va à telle position », « prends cette pièce désignée sur un écran »)... L'opérateur est donc systématiquement dans la boucle de commande du robot afin d'interagir et l'aider à réaliser sa mission en fonction des évolutions de l'environnement matériel et humain.

À ce titre, cette catégorie de robots d'intervention comprend des dispositifs qui sont en limite de la définition que nous pourrions donner d'un robot (cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Les robots d'intervention sont en général utilisés pour remplir des tâches dans des environnements difficiles d'accès ou dangereux pour les humains, ou encore lorsque l'absence d'humain rend l'exploitation plus aisée ou plus efficace. Historiquement, du moins en France, les robots d'intervention ont notamment été développés pour l'industrie nucléaire ; ils sont cependant utilisés dans bien d'autres milieux :

- **Défense**, théâtre d'opérations (reconnaissance, déminage, surveillance de zone, logistique...) avec des robots terrestres et des drones aériens. Les robots militaires entrent pour la plupart dans le champ des robots d'intervention. Ils portent des fonctions de reconnaissance, de surveillance, de déminage ou de destruction. La décision de tir sur les robots armés est pour l'instant, pour des raisons d'éthique, sujette à la décision de l'opérateur humain.

Figure 1 : Robot de déminage Packbot 510 EOD



Source : ROBOSOFT/ROBOT.

- **Sécurité civile** (sauvegarde, dépiégeage...). La robotique de sécurité civile est mise en œuvre notamment lors des interventions sur catastrophes naturelles. Des robots d'exploration, notamment, permettent d'explorer des lieux inaccessibles à la recherche de victimes. Dans ce champ, on trouve également les robots utilisés par les forces de l'ordre pour le désamorçage ou la destruction des colis piégés ; dans ce dernier cas, la qualification de « robot » pourrait cependant être discutée à la lumière de la définition que nous proposons.

- **Nucléaire** (intervention postaccidentel, inspection, réparation...). Le nucléaire est, en France, un domaine précoce de développement de la robotique d'intervention. Notamment, il semble que l'expertise initiale du CEA sur la robotique se soit construite sur ce type d'application. Elle concerne essentiellement l'intervention en environnement irradié, nocif pour l'opérateur humain. Elle a donné lieu au développement de technologies « durcies » pour résister à des niveaux plus ou moins élevés de rayonnement.
- **Sous-marin** (exploitation offshore, application militaire, exploration). La robotique sous-marine est également un champ de développement important pour des applications militaires (surveillance sous-marine), pétrolières (exploration, exploitation), de recherche (exemple de la recherche des boîtes noires d'avions accidentés), etc. Les robots sous-marins, comme pour l'exploration spatiale, ont l'avantage de ne pas nécessiter l'emport d'opérateurs humains, générateurs de contraintes d'exploitation coûteuses (espace vital, air, maintien de la pression, etc.).
- **Inspection et maintenance** en milieux spécifiques (canalisation...). L'inspection en milieux spécifiques s'intéresse à l'intervention à des endroits où l'homme ne peut matériellement pas intervenir à un coût acceptable. Notamment, la réparation de fuites sur les canalisations est une application relativement courante de la robotique, qui évite des travaux de génie civil pour une intervention humaine

Figure 2 : Robot d'inspection et réparation de canalisation KASRO 4.0 DN200-DN600



Source : PROKASROMechatronik GmbH.

- **Exploration spatiale.** Les robots sont aujourd'hui le moyen privilégié de l'exploration spatiale. Les missions vers Mars en sont un exemple significatif : les délais de transmissions de l'information n'autorisent pas une téléopération en temps réel par un manipulateur distant (sur Terre). Ce type d'applications est porteur d'innovations importantes en termes de perception, de locomotion, de robustesse, etc.

La robotique d'intervention fait appel à des technologies spécifiques pour résister à un environnement difficile (radiation, température et autres agressions environnementales) et pour se mouvoir dans un milieu spécifique. Elle doit être capable d'adapter sa mission très rapidement et de modifier l'enchaînement de ses tâches, ce qui justifie notamment la présence continue de l'opérateur dans la boucle de commande. Ce point est un facteur limitatif de la distance d'intervention car il nécessite le maintien d'une communication à haut débit avec l'opérateur (vidéo, télécommande, télémessure). Les développements futurs en intelligence artificielle permettront de limiter au strict nécessaire ces interactions (de manière identique à un responsable de mission transmettant des ordres brefs aux équipes sur le terrain).

Les robots de cette famille, du fait de leurs spécificités technologiques, sont le plus souvent des systèmes coûteux et fabriqués en petite série. Cependant leur coût n'est pas l'élément majeur sur la décision de développement et d'acquisition, car leur fonction primordiale est de sauver ou préserver des vies humaines, ou de remplir des fonctions qui seraient plus coûteuses sans cette technologie (par exemple, une intervention sur canalisation évite des travaux d'excavation pour une intervention humaine). Cette famille est intégrée dans la robotique de service car elle est souvent couverte au niveau recherche académique et développement industriel par les mêmes acteurs que les 2 autres familles du fait d'une part commune de développement technologique.

On peut citer à ce stade un nouveau type de robot qui pourrait se développer dans le domaine militaire : les exosquelettes. Ce type de système entre dans une catégorie un peu à part du fait de ces interfaces directes avec l'utilisateur. Ils seraient assez proches des systèmes d'assistance à l'homme dans le domaine médical et dérivés de ces systèmes en cours d'élaboration dans les laboratoires, mais avec des contraintes de performance nettement plus élevées (vitesse, poids...) et des contraintes environnementales plus fortes. L'exosquelette tel qu'il est développé est de plein champ dans le cadre de la robotique.

Robotique de service professionnelle

La robotique de service professionnelle intervient en assistance au travailleur dans un cadre professionnel. Ses fonctions sont principalement de soulager les professionnels de tâches répétitives ou dangereuses (dans une optique proche de la robotique industrielle), ou de les assister dans des interventions qui requièrent un niveau de précision ou des qualités inaccessibles à l'opérateur humain.

- **Robot agricole** (terrestre et drone, trayeuses...). John Deere développe avec iRobot et la Carnegie Mellon University des engins autonomes pour l'agriculture et la défense. Les trayeuses automatiques sont classées par l'*International Federation of Robotics* dans la robotique de service, bien que, par ses fonctions et ses technologies, elles s'apparentent plus à la robotique industrielle. Sur le terrain agricole, hors trayeuses, les déploiements commerciaux sont aujourd'hui émergents.
- **Robot de nettoyage** (sol, verrière difficilement accessible). Ces robots constituent une part importante de la robotique de service professionnelle. Ces robots sont mis en œuvre notamment dans les espaces publics. Ils sont le fruit de développements spécifiques, et n'ont aujourd'hui que peu de liens – tant sur le plan des technologies que sur celui des acteurs – avec les robots de nettoyage domestiques.
- **Construction et démolition**. Les robots de construction sont utilisés de plus en plus pour des opérations spécifiques dans le bâtiment et le génie civil. Ils sont en général associés à une technique particulière de construction (projection de béton par exemple). Ce sont dans tous les cas des machines spéciales développées pour une application particulière. Les principaux fabricants et concepteurs de robots de construction sont également des professionnels du BTP et du génie civil (par exemple Tasei Corporation ou Fujita Corporation) ; les missions possibles vont de la construction à la reconstruction en passant par le déblaiement dans des opérations de secours. La démolition en tant que telle est surtout robotisée sur le démantèlement d'installations dangereuses (nucléaires notamment).
- **Robot logistique** (véhicule de transport automatique de personnes et de biens, tortues dans les hôpitaux...). Les robots logistiques sont également une voie de développement intéressante, notamment en raison de la possibilité de développer des machines produites en

série : la logistique est un secteur vaste, qui met en œuvre des procédures et équipements pour partie standardisés. Notons que l'on inclut dans la logistique des robots de tri et de préparation de colis qui n'entrent pas pleinement dans la définition que nous avons donnée de la robotique de service.

- **Robot de relations publiques** (accueil, guide, transport de personne en visite interactive...). Les robots d'accueil ou d'assistance dans les lieux publics sont aujourd'hui l'objet d'expérimentations plus que d'un réel développement commercial à l'échelle d'une filière. Les robots de relations publiques sont mis en œuvre dans des lieux tels que des musées ou des centres commerciaux, pour aider les visiteurs à s'orienter, leur fournir des renseignements, voire apporter un aspect ludique à la muséographie du lieu.
- **Robot médical** (assistance à l'intervention chirurgicale, intervention/examen à distance, assistance à la personne en manque d'autonomie dans sa rééducation et/ou la vie courante...). Le domaine médical est également un marché important pour le développement de la robotique de service professionnelle. Il s'agit là d'un marché ouvert aux innovations, en forte demande et avec des attentes précises des professionnels de santé et des patients. Les axes de développement visent à l'assistance des médecins (robots d'assistance chirurgicale par exemple), du personnel paramédical (assistance à la manipulation des personnes alitées, fauteuils roulants robotisés), des patients (aide à la rééducation, prothèses ou orthèses robotisées – dont exosquelettes à terme). Ces dernières catégories de systèmes robotisés (fauteuils robotisés, orthèse, exosquelette...) étant plus à classer dans les robots de services personnels du fait de leur utilisation directe par le patient dans sa vie courante.
- **Robot de surveillance et de sécurité** sur site industriel ou tertiaire (terrestre, drone, maritime). Ces robots constituent clairement l'un des trois segments qui seront étudiés dans le cadre du volet 2 de ces travaux. Ils reposent sur deux types d'actions : d'une part la surveillance au sens de gardiennage, c'est-à-dire la prévention des intrusions physiques ; d'autre part la surveillance au sens de *monitoring*, qui assiste l'opérateur humain dans la surveillance environnementale ou industrielle des sites. Le premier champ d'applications est aujourd'hui le plus développé. Un exemple de produit sur ce segment est le Jazz Security de Gostai, vendu près de 10 000 euros.

Figure 3 : Robot d'inspection de surveillance Jazz Security



Source : Gostai.

- **Robot d'assistance au geste** dans le milieu du travail. Également appelés cobots pour robots collaboratifs, il s'agit de systèmes robotiques assistant le geste du professionnel en environnement de travail (atelier, hangar de stockage...). Le principe de leur fonctionnement est d'assister le geste de la personne en apportant une force complémentaire (diminution des efforts, une précision accrue, etc).

Figure 4 : Robot d'assistance au geste (ou cobot) RB3D



Source :RB3D.

Au-delà des applications décrites ci-dessus, il n'est pas possible d'établir une liste exhaustive des applications potentielles. Des fournisseurs de technologies développent les briques nécessaires à la conception de robots, que les intégrateurs et bureaux d'études s'approprient au cas par cas pour des usages répondant à une demande ponctuelle dans diverses utilisations...

Robotique de service personnelle

La robotique personnelle constitue un champ potentiellement aussi foisonnant que la robotique de service professionnelle. Les utilisations sont possibles pour répondre à un grand nombre de besoins et d'attentes. À travers la description suivante, on tente d'en dresser un inventaire fourni.

- **Robot domestique** (réalisant des tâches domestiques d'entretien de la vie courante) : il constitue aujourd'hui le principal marché domestique pour des robots évolués. Deux fonctions sont aujourd'hui des réalités commerciales : l'aspirateur d'une part, avec des ventes croissant exponentiellement dans le monde, et un panel de fournisseurs relativement important, même si l'un d'entre eux, iRobot (US), semble dominer le marché ; d'autre part les robots de lavage des sols, qui sont aujourd'hui émergents sur le marché avec peu d'acteurs ayant mis un produit sur le marché (iRobot Scooba et Royal Appliance International GmbH – marque DirtEvil – par exemple). Le marché est ouvert par les aspirateurs, permettant d'envisager le développement de nouvelles applications en fonction des développements techniques et des choix marketing des fabricants. Ainsi devraient apparaître dans les prochaines années des robots laveurs de vitres, des robots majordomes ou des assistants personnels ...
- **Robot thérapeutique.** Derrière cette appellation se groupent un grand nombre de fonctions possibles. Dans le cadre de ces travaux, on y placera les robots qui permettent de simuler une présence. Ces robots « affectifs » trouvent aujourd'hui de réels débouchés, notamment au Japon. On citera pour l'exemple le robot Paro, en forme de bébé phoque, qui trouve sa place chez les personnes âgées au Japon, et auquel on prête des vertus dans le cadre des syndromes d'Alzheimer. Au-delà de cette réussite commerciale annoncée, le robot Kaspar fait l'objet de travaux de recherche dans le cadre de l'assistance à l'apprentissage des

relations sociales chez des enfants autistes. Des robots comme Paro trouvent leur place chez le patient et sont donc groupés dans les robots personnels. On voit cependant sur ce cas précis la difficulté à établir des frontières entre les grandes catégories de robots de service.

Figure 5 : Robot thérapeutique Paro



Source : Paro Robotics.

- **Robot d'assistance aux personnes en perte d'autonomie** (personnes handicapées, personnes âgées, malades). Ce secteur sera traité spécifiquement dans le volet 2 des travaux. Cette catégorie est connexe à la précédente, bien qu'assistant les personnes sur un autre plan. La perte d'autonomie est aujourd'hui un problème humain et économique : humain à travers la dégradation des conditions de vie des personnes, économique *via* le coût de l'accueil des personnes dans des structures spécialisées. Elle a pour origine des causes extrêmement diverses, et peut-être aussi bien momentanée que permanente. La conséquence en est que les applications d'assistance couvrent potentiellement des fonctions très larges, allant du système d'alerte ou de téléprésence pour des personnes valides mais présentant un risque d'accident, à des systèmes d'assistance physique pour des opérations de la vie courante ou les déplacements. En anticipant sur le volet 2, on peut d'ores et déjà présumer que les systèmes de téléprésence et de télédiagnostic sont une voie de développement commercial de ces applications à débouchés relativement rapides : les premières offres commerciales existent, mais ne sont pas intégrées dans les prestations d'alerte et d'assistance à domicile. Les systèmes robotisés d'assistance physique pour les personnes dépendantes représentent également un challenge important de développement pour l'amélioration de la vie courante des personnes handicapées mais le développement commercial de ses systèmes est plus difficile du fait des petites séries produites.
- **Robot éducatif.** Le robot éducatif se conçoit selon deux approches distinctes. D'une part dans une fonction d'assistance à l'éducation des enfants, en créant une réelle interaction pour des activités à caractère pédagogique. C'est par exemple le cas du robot iRobiQ de Yujin, qui équipe les jardins d'enfant en Corée. D'autre part, comme support à l'éducation à la robotique. Dans ce cas, on parle plutôt soit de kits de robotique, soit de robots programmables. Les robots Lego Mindstorm constituent un support pédagogique courant.
- **Robot de jeux ou robots jouets.** Les robots ludiques présentent des caractéristiques très variées, dépendant de la gamme du produit : depuis le robot-peluche très simple dans ses fonctionnalités, jusque – à l'autre extrême – l'Aibo de Sony (aujourd'hui plus commercialisé), entièrement programmable, en passant par les Lego Mindstorm (robots à construire).
- **Robot de surveillance domestique.** Les robots domestiques de surveillance sont envisagés pour couvrir plusieurs types d'applications : la première d'entre elles, en termes de temps d'accès au marché, est certainement la surveillance anti-intrusion. Les prémices de tels robots sont présentes par exemple sur les derniers-nés des aspirateurs LG, qui donnent accès à travers un *smartphone* aux images acquises par le système vidéo de l'appareil. D'autres

fonctions pourront être proposées pour la surveillance ; elles seront détaillées dans le volet 2 des travaux : détecteurs de fumée, surveillance d'enfants (échéance plus lointaine)...

Le cas spécifique de l'automobile

L'automobile est aujourd'hui un champ de développement particulièrement actif de technologies robotiques. Elle n'est communément pas considérée comme un secteur de la robotique en raison de son caractère traditionnellement très « mécanique ». Cependant, il est indéniable qu'elle constitue sans aucun doute le premier marché de masse pour la robotique de service personnelle. Les systèmes de stationnement autonome (Park4U de Valeo) sont l'exemple commercial le plus récent et le plus parlant de robotique automobile. Ils sont nombreux à être mis en œuvre dans les véhicules : AFIL (assistance au suivi de voie), aide au freinage d'urgence, boîte de vitesses robotisée, ESP, etc. sont toutes des fonctions de haut niveau apportant une assistance directe au conducteur, pour améliorer son confort ou sa sécurité, voire l'économie de sa conduite.

L'automobile est également le support de nombreuses recherches dans le domaine des assistances à la conduite et de la conduite automatique, tant sur des aspects purement techniques que sur la sûreté de fonctionnement, la fiabilité, l'évolution en environnement complexe, l'interaction avec le conducteur ou des systèmes externes, etc.). En France, certains laboratoires impliqués dans la robotique sont également au premier plan de ces recherches : LASMEA, CAOR, INRIA, etc.

Sur tous les systèmes de navigation, de cartographie, de suivi de cible (perception), d'aide à la décision, etc., l'automobile constitue un terrain d'expérimentation à grande échelle et un marché important pour les *technoproviders* de la robotique (logiciels, capteurs, mécatronique, etc.).

Selon notre interprétation, les robots personnels exécutent des tâches autonomes dans le logement ou ont une relation directe avec les occupants, sans nécessiter de services complémentaires distants pour effectuer ces tâches et missions de base (hormis les services de base d'une connexion internet) ; c'est-à-dire que la décision ou la commande est intégrée, et non dépendante d'une connexion à un appareil domestique (ordinateur, tablette, smartphone...).

De la même manière, le robot d'assistance aux personnes en perte d'autonomie, bien qu'entrant pleinement dans notre définition de la robotique de service personnelle, s'approche également, par ses modes éventuels de mise en œuvre, de la robotique de service professionnelle (faisant le lien entre la personne particulière et le milieu médical, dans le cadre d'une proposition de service). Ses fonctions de base sont (exemple du robot Kompaï de Robosoft) : la socialisation, la stimulation cognitive, l'actimétrie et la levée de doute. Les deux premières fonctions (socialisation et stimulation cognitive) sont liées au robot lui-même ou à des services distants sur le Web ou accessibles *via* des services web comme Skype (lien distant avec la famille, le médecin généraliste...). Les deux dernières nécessitent des services « professionnels » distants pour assurer toutes leurs fonctionnalités :

- Actimétrie : service de gériatrie équipé d'applications de traitement des données d'actimétrie (activités de la personne) pour en déduire l'évolution et les tendances de l'état de santé du patient ;
- Levée de doute : plate-forme d'assistance médicalisée prenant le contrôle du robot à distance pour le mouvoir vers la personne et assurer une téléprésence réelle pour prendre la décision d'intervention ou apporter des conseils si cela est jugé suffisant.

Ces deux familles de robots ont des points communs au niveau technologique comme par exemple les fonctions de navigation/localisation, sécurité et perception. Par contre les solutions

mécatroniques utilisées peuvent être plus légères pour les robots personnels en partant du principe que ces robots auront des performances de mobilité moindre et un taux d'utilisation plus faible (notion de MTBF inférieur). Les fonctions applicatives du robot (logiciel, IHM, capteurs et ou actionneurs) sont, elles, spécifiques à chaque type de robot, qu'il soit professionnel ou personnel.

En résumé, les critères distinctifs entre les robots professionnels et personnels peuvent être :

- **l'usage du robot** : le robot personnel exécute des tâches rendant un service à la personne particulière dans son cadre de vie (domicile, espaces publics, hôpital, etc.). *A contrario*, le robot professionnel rend un service à la personne dans l'accomplissement des tâches de son métier ;
- **le critère d'accessibilité économique** : un robot personnel est un robot « abordable » économiquement pour les particuliers. Ceci n'implique pas nécessairement que le prix du robot lui-même soit bas, mais que le mode de financement de son utilisation (soutien financier au titre de l'assurance maladie, location, abonnement à un service, etc.) le rende accessible ;
- une analyse de rentabilité d'exploitation et d'utilisation distinctes (dissemblable sur un achat professionnel et un achat grand public) : un calcul purement économique pour le robot professionnel, éventuellement basé sur ces critères de confort ou de divertissement pour le robot personnel ;
- des modes d'interaction différents : le domaine professionnel se caractérise notamment par une capacité à déployer des systèmes nécessitant une formation de la part des opérateurs. Ceci est beaucoup plus difficile à accepter du point de vue du consommateur ;
- un aspect supervision d'ensemble et une association ou non avec un service distant pour remplir une part de ses tâches : le robot professionnel est souvent partie prenante d'un système plus large ;
- Éventuellement, une quantité de fabrication en série très différente, impliquant des choix distincts de conception et fabrication.

De fait, si certains acteurs de la filière trouveront des marchés sur les deux créneaux, les différences sont suffisantes pour justifier que des entreprises se spécialisent sur l'un ou l'autre, les modèles économiques étant tout à fait différents (en règle générale).

Les classifications par famille de robots présentées dans ce document sont basées notamment sur les sources suivantes :

- Classement de l'IFR (International Fédération of Robotics) qui intègre la robotique d'intervention dans la robotique de service professionnelle
- Le découpage réalisé lors des travaux de la Plate-Forme Européenne « Europ » (european robotics technology platform) et du projet CARE (Coordination Action for Robotics in Europ).

2.2. CHAÎNE DE VALEUR DE LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE

2.2.1. Description de la chaîne de valeur

La filière de la robotique personnelle et de service s'articulera selon les zones géographiques autour d'un écosystème issu de la robotique industrielle (Allemagne), de la robotique de défense (États-Unis), de l'automobile (États-Unis), de l'électronique et l'électrotechnique (Corée du Sud), de l'informatique, de la biomécanique, voire de l'industrie nucléaire (France), etc.

De plus, en termes de chaîne de valeur, il est impossible ici de tracer des frontières imperméables avec les autres champs de la robotique, de l'automatique, de l'informatique.

Ainsi, la chaîne de valeur de la robotique de service est composée des acteurs suivants :

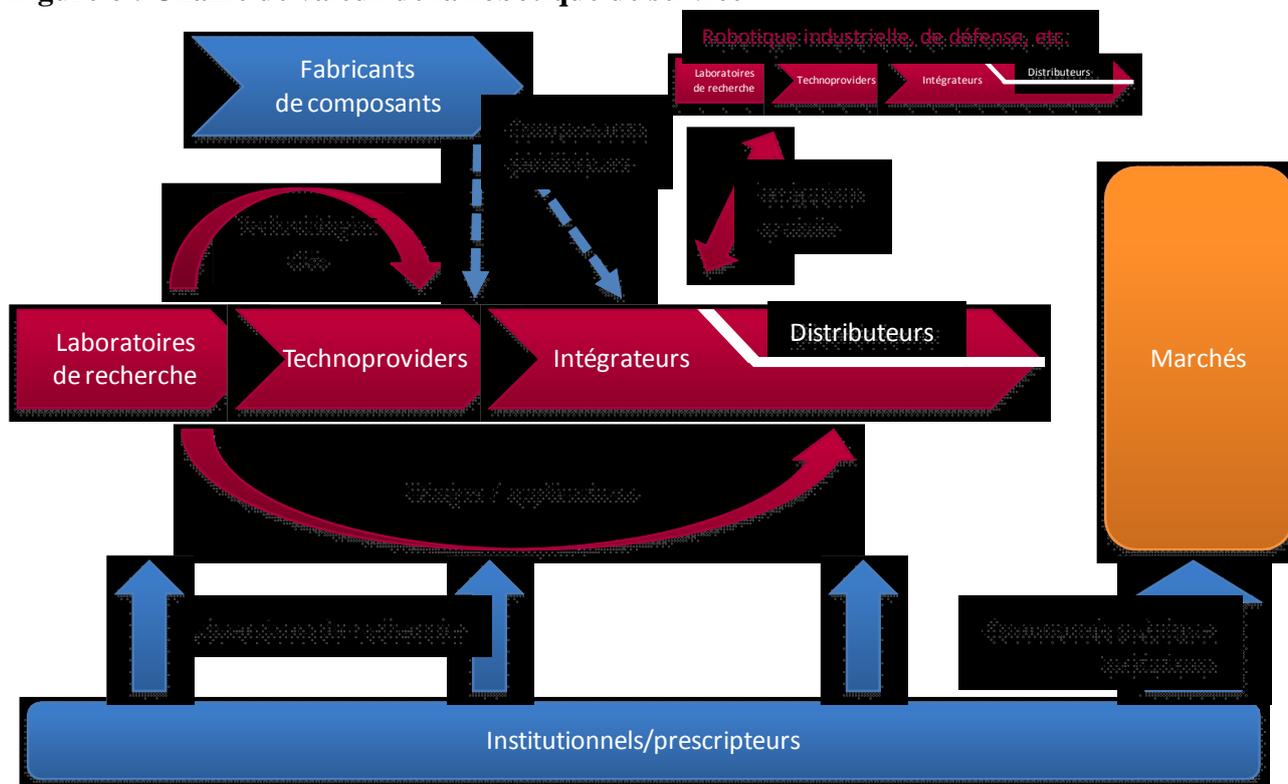
- En amont, les **équipes de recherche**, académiques ou industrielles, sont à la base de tous les développements de la robotique de service, que l'on parle du développement des technologies, des applications, des études sur les impacts, sur l'acceptabilité, sur les considérations éthiques. La robotique de service étant un secteur émergent, les équipes de recherche sont aujourd'hui au plus près des industriels, des usages et des marchés. Les nouveaux usages sont issus en grande partie de laboratoires académiques ; les start-up de la robotique en sont issues pour la plupart. Les équipes de recherche ou les associations d'équipes sont largement pluridisciplinaires. La robotique nécessite par essence la mobilisation de disciplines touchant au matériel (mécanique, mécatronique, électronique, capteurs...), au logiciel (applications, système, fiabilité, sûreté de fonctionnement...), à l'humain (biomécanique, ergonomie, psychologie, voire médecine...), aux sciences juridiques et sociales (acceptabilités, éthique, modèles économiques, etc.).
- Les **technoproviders** (fournisseurs de technologies) sont le plus souvent des PME, voire des TPE, qui fournissent à leurs clients des composants, et de plus en plus souvent des fonctions complètes, comme dans le domaine automobile (ils correspondent dans ce cas aux équipementiers de rang 1). On ne considère pas dans la chaîne de valeur les fournisseurs « génériques » de composants individuels, trop éloignés de l'application spécifique pour être qualifiés de fournisseurs de la robotique. Les technoproviders sont très présents dans la chaîne de valeur de la robotique, fournissant des fonctions aussi complexes que la navigation associée à la cartographie et à la perception de l'environnement, les actionneurs (bras robotisés par exemple), des plates-formes mobiles complètes, etc.
- Les **intégrateurs** sont, selon le domaine d'application considéré, des PME ou entreprises de grande taille. Si les laboratoires et technoproviders constituent en grande partie un tronc commun de la robotique de service, les intégrateurs sont de caractéristiques variées, en raison de leur historique dans ou vers la robotique de service :
 - ✓ Dans le domaine de la défense, les intégrateurs vont du groupe d'armement, maîtrisant notamment l'intégration dans la chaîne de commandement, à la PME plus récente, entrée sur ces marchés de la défense à travers des programmes de recherche spécifiques. Le cas le plus emblématique de ces derniers est la société étatsunienne iRobot, connue du grand public pour ses robots aspirateurs, qui réalise l'essentiel de son chiffre d'affaires sur des contrats de défense ;
 - ✓ Dans la construction et le génie civil, les acteurs les plus en vue sont des conglomérats japonais du bâtiment et des travaux publics, amenés à développer des robots dans le cadre de la mise au point de leurs process de construction ;
 - ✓ Les robots domestiques, là encore, sont développés soit par de grandes entreprises de l'électroménager (LG, Samsung), soit par des PME issues de la recherche en robotique (iRobot).

D'une manière générale, quatre voies de développement des intégrateurs sont constatées sur les différents marchés de la robotique de service :

1. Des acteurs déjà implantés sur le marché applicatif : LG sur le marché domestique, DCNS ou John Deere sur la défense, Fujita Corp. sur la construction, Lego sur le marché du jeu, etc. ;

2. Des acteurs d'autres domaines de la robotique, diversifiant leurs activités vers la robotique de service : Kuka (robotique industrielle) par exemple en Allemagne ;
 3. Des *pure players* de la robotique de service, PME issues notamment de la recherche et travaillant à des plates-formes plus ou moins génériques, avec – souvent – une stratégie de pénétration des marchés par opportunités. C'est le cas notamment de certaines des entreprises les plus visibles en France : Aldebaran Robotics, Robosoft, etc. ;
 4. Certains technoproviders, comme Gostai en France, deviennent également intégrateurs.
- Les **distributeurs** spécialisés ont une place importante dans la chaîne de valeur. Outre leur rôle de négoce, des entreprises comme Roboshop (États-Unis) ou Robopolis (France) contribuent à la visibilité des innovations dans le domaine de la robotique de service, personnelle et professionnelle.
 - Les **institutions** sont à la source du développement technologique de certains pans de la robotique à travers le financement de contrats de recherche ciblés (contrats de recherche du DARPA aux États-Unis ou de l'ANR² en France), et également à l'origine du démarrage commercial de certaines entreprises (la commande publique en Corée a permis à Yujin de passer en régime « industriel » sa production de iRobiQ). Les commandes publiques plus restreintes portent également le développement de la robotique de défense notamment.
 - Les **prescripteurs** : il convient de souligner le rôle dans la dynamique de la filière que pourraient avoir dans l'avenir les prescripteurs potentiels que seraient les organismes de financement de la santé : mutuelles, assurances privées, assurance maladie, associations, etc.

Figure 6 : Chaîne de valeur de la robotique de service



² Agence Nationale de la Recherche

Dans son étude World Robotics Service Robots 2011, l'IFR recense 224 entreprises industrielles dans la robotique de service. Des analystes interrogés dans le cadre de l'étude évaluent à 350 le nombre d'entreprises européennes impliquées dans la robotique de service sur l'ensemble de la chaîne de valeur (technoproviders, intégrateurs, distributeurs). En se basant sur ces chiffres et la vision que nous avons pu construire sur les différentes zones géographiques, **nous estimons que le nombre d'entreprises dont l'activité principale concerne la robotique de service dans le monde est compris entre 1 000 et 2 000³**. Majoritairement, ces entreprises sont des start-up.

2.2.2. Une chaîne de valeur ouverte

Dans le paysage actuel de la robotique de service, qui est en cours de définition comme le montrera le volet 2 de l'étude, la chaîne de valeur de la robotique de service est par essence perméable :

- La robotique de service et sa diffusion à des applications de plus grande diffusion sont permises par une certaine maturité technologique. Cette maturité a bénéficié des premiers développements de robots mobiles pour la robotique d'intervention et de défense, et des développements continus de la robotique industrielle. Ainsi, par essence, la robotique de service présente des intersections significatives avec ces secteurs d'application, et se nourrit de développements communs entre les différentes applications. Un exemple emblématique de cette interconnexion est par exemple la société américaine IRobot, qui a développé en parallèle une activité de robotique de défense à travers des contrats de recherche importants avec la DARPA, et une production de robots domestiques (premier fabricant mondial de robots-aspirateurs).
- Le marché émergent de la robotique de service est aujourd'hui constitué pour bonne partie de niches, issues d'opportunités identifiées par des laboratoires ou des industriels. Cette émergence des opportunités est rendue possible par une collaboration étroite entre des développeurs d'une part, des prescripteurs d'autre part. Cette relation contribue à orienter les développements d'applications nouvelles.

2.2.3. Les acteurs industriels sur le marché de la robotique de service

Dans le monde, de nombreuses sociétés travaillent au développement et à la fabrication et distribution de robots de service professionnels et personnels. Ces sociétés sont très majoritairement des PME, petites sociétés ou des start-up issues de laboratoires de recherche, surtout dans le domaine de la robotique personnelle.

Des sociétés importantes, actrices de la robotique industrielle, sont en en veille très active sur certaines applications de la robotique de service, soit en direct, soit *via* des start-up de laboratoire (par exemple Kuka en Allemagne, Fanuc au Japon).

Il existe également de nombreux fournisseurs de composants matériels et logiciels, intégrés dans les robots.

La liste ci-dessous ne prétend pas à l'exhaustivité, mais permet d'illustrer la chaîne de valeur. Les différentes zones géographiques sont traitées spécifiquement dans la suite du document.

³ Ces chiffres ne comprennent pas les entreprises de service qui exploitent les robots.

- **Les précurseurs :**
- Honda avec le robot humanoïde Asimo, plate-forme démonstratrice de haute technologie *a priori* sans objectif de commercialisation à moyen terme du fait de son coût et des moyens de programmation nécessaires aux démonstrations.
- Sony avec le chien Aibo, des robots humanoïdes de petite taille (la danse des robots par Sony). Sony a abandonné à ce jour ce marché en se recentrant sur ses métiers de base pour des raisons économiques. En revanche le concept du robot Aibo a été repris par plusieurs sociétés coréennes (Genibo de Dasatech) et américaines.
- **Les leaders et les sociétés établies**
- Aux États-Unis, iRobot sur le marché de la robotique de défense (Packbot, SUGV...) et sur la robotique domestique (aspirateur autonome), Foster Miller sur la robotique de Défense, Hoaloha Robotics sur la robotique d'assistance à la personne... ;
- Adept Technology, qui se renforce dans les applications de services avec l'acquisition de Mobilerobots ;
- De multiples sociétés coréennes sur les robots aspirateurs (par exemple iclebo de Yunin Robot vendues sous licence par Philips, Ottoroion de Hanoool Robotics...) et sur des robots humanoïdes ou semi-humoïdes (tronc, bras et tête sur base roulante) ;
- Au Japon de nombreuses sociétés autour du laboratoire de robotique d'Osaka, des sociétés de grande taille comme Nec (Papero), Toyota (Mechadrid C3), Mitsubishi (Wakamaru loué comme hôtesse d'accueil) ;
- En France, Robosoft qui est présent sur la défense, le nettoyage industriel, le transport, la fourniture de plates-formes de recherche et qui a des développements en cours sur les robots d'assistance à la personne. ECA Automation sur la défense, BA System, acteur important sur les AGV, qui s'intéresse de très près à ce domaine (médical...), Aldebaran avec le robot humanoïde Nao, Wany Robotics sur le domaine éducation et plate-forme de recherche, Robopolis, etc. ;
- En Europe d'une manière générale, on peut citer par exemple Bluebotics en Suisse, Neobotix (start-up du Fraunhofer IPA) en Allemagne...
- **Les start-up et nouvelles venues (en France pour exemple)**
Nous nous limitons à citer ici les sociétés françaises : Gostai (plate-forme logicielle Urbi et robot Jazz), Eos Innovation (eOne), Robopec (Reety). L'étude approfondira au niveau mondial en tentant de faire ressortir les grandes tendances par pays (au niveau activités et potentiels suivant les applications visées de la robotique de service).

Le paysage des entreprises de la robotique⁴ présente aujourd'hui des faiblesses notables, qui conduisent à de récurrentes défaillances d'entreprises. C'est le cas récemment pour Wany Robotic (en liquidation judiciaire depuis juillet 2011), Pob Technology (en redressement en août 2011, puis en plan de cession depuis fin septembre). Également, une analyse rapide de quelques acteurs français montre une faiblesse quant au financement du développement de l'entreprise ; une PME française de la robotique a par exemple été recapitalisée huit fois en cinq ans...

2.2.4. La recherche scientifique mondiale

En France, le programme Robea du CNRS en faveur de la robotique a débuté en 2001, avec en parallèle la création du département Stic (département Sciences et technologies de l'information et de la communication). En 2003, le CNRS a initié un programme sur la robotique humanoïde en partenariat avec le National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, créant deux

⁴ On parle ici des entreprises dont l'essentiel de l'activité est orienté vers la robotique.

centres de recherche (l'un au Japon, l'autre à Toulouse). Le CNRS a également acheté une plate-forme HRP-2 (ouverte à tous) pour faciliter les travaux de multiples laboratoires du CNRS sur la robotique humanoïde.

Le Groupe de recherche robotique (GDR Robotique) a succédé au programme Robea afin de poursuivre l'animation et la structuration des laboratoires du domaine robotique et proche de la robotique et de promouvoir et faciliter les échanges entre la recherche et l'industrie.

Un Club des industriels du GDR robotique a également été mis en place depuis 3 ans afin de faciliter les échanges avec l'industrie. On peut noter cependant que les transferts technologiques des laboratoires vers l'industrie sont trop faibles en France et le dynamisme du secteur repose souvent sur des PME non issues du monde de la recherche. Des projets fédérateurs comme ROMEO et d'autres essayent de pallier ce manque en aidant au transfert technologique.

On peut citer parmi les principaux laboratoires de recherche : l'ISIR, le LAAS, le LIRMM, différents laboratoires de l'INRIA et du CEA LIST...

En Allemagne, l'institut de cognition et de robotique (CoR-Lab), créé en 2007 à l'université de Bielefeld, travaille en coopération avec le groupe Honda sur le robot Asimo. Un programme en robotique de service MORPHA a été mis en place avec un soutien fédéral et un deuxième projet, couvrant plus largement la problématique des robots humanoïdes, a démarré. De multiples instituts ont des axes de recherche importants sur la robotique : GPS, FZI, DLR, DFKI, les Fraunhofer IPA... L'initiative des universités d'excellence, lancée récemment, doit permettre d'aider à la structuration de la recherche.

En Italie, plusieurs organismes concentrent ce domaine de recherche : la *Scuola superiore Sant'Anna* (Pise), la *Scuola di Robotica* (Rome), les universités de Catania, de Padoue et de Milan. L'université de Gênes coordonne le projet européen Robotcub qui a donné vie au robot Icube, un robot humanoïde destiné aux chercheurs.

Il existe également de multiples laboratoires dans les autres pays européens sur ce domaine. Le réseau Européen EURON (European Robotics Research Network) a été récemment regroupé avec la plate-forme robotique « European Robotics », et une action de coordination euRobotics coordonne les activités de cette plate-forme technologique, regroupant maintenant les laboratoires académiques et des industriels du domaine.

Le Japon, la Corée du sud et Taïwan représentent également un potentiel très important de recherche sur le domaine en sachant que ces pays sont plus orientés sur la robotique humanoïde et les relations entre les laboratoires académiques et les industriels semblent nettement plus fortes qu'en Europe. La Chine développe également des programmes sur ce domaine et pourrait devenir un acteur important compte tenu de ses marchés domestiques potentiellement très importants.

Les États-Unis disposent d'une organisation sur la recherche en robotique assez différente de l'Europe. C'est le secteur de la défense, avec ses liens particuliers avec le secteur public, qui est le principal investisseur en recherche et développement : la DARPA organise des concours largement dotés ; elle finance directement (ainsi que d'autres organismes de recherche de l'armée) les grandes universités (Carnegie Mellon, Stanford, MIT, Berkeley...) et des sociétés leaders comme IROBOT et des start-up de ses universités. Par exemple les travaux sur les exosquelettes pour des applications militaires ont des retombées dans le domaine civil sur le développement de robots humanoïdes (robot Domo destiné aux tâches ménagères) et sur des robots d'assistance à la personne âgée ou

handicapée (aide à la marche, à la préhension...). La recherche sur le robot assistant/compagnon n'est pas négligée par ailleurs : aide cognitive, surveillance, etc.

2.2.5. Une filière en cours de structuration

En France, le pôle de compétitivité Cap Digital a créé une communauté de domaine robotique appelée Cap Robotique qui dépasse maintenant largement le rôle de développement régional initial. Le syndicat Syrobo, créé sous l'impulsion de Bruno Bonnell (Robopolis), joue un rôle important dans la structuration de cette filière.

D'autres pôles ont des actions plus ciblées sur certaines applications de la robotique de service ; par exemple le pôle Alsace Biovalley sur l'imagerie et la robotique médicale et chirurgicale. Des réseaux en grappe auront également un rôle. Certains viennent d'être labellisés par la DATAR : SOLIAGE dans le domaine de l'autonomie et les gérontechnologies, MECATRONIC dans le domaine de la mécatronique avec le regroupement du réseau MIREM et du réseau Mecatronic.

Au Japon, le METI (ministère de l'économie, du commerce et de l'industrie) finance de nombreux projets en structurant la recherche et le développement industriel. La ville d'Osaka aide à une concentration importante d'universités et d'instituts de recherche disposant de moyens importants. Elle s'implique dans des aides pour attirer des chercheurs et des sociétés à Osaka et dans la province du Kansai (Kyoto, Kobe, Nara...). Le Laboratoire Robotique d'Osaka, financé par la ville, administre toutes ces actions avec le réseau d'entreprise RooBO et la création de RoboCity CoRE (pôle de recherche et d'expérimentation pour la robotique de nouvelle génération).

En Corée du sud, il existe une forte implication de l'État comme le montre la feuille de route du *National Science and Technology Council*. L'État amène de fortes incitations aux développements d'un marché local pour soutenir la création d'entreprises (robots éducatifs dans les écoles par exemple).

2.3. LE MARCHÉ DE LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE EN 2011

Il s'agit dans cette section de dresser un tableau rapide du marché de la robotique personnelle et de service aujourd'hui. Ces aspects seront approfondis dans le volet 2 de l'étude, consacré à l'analyse prospective de 3 segments de marché.

En 2011, le marché de la robotique de service est décrit notamment par l'*International Federation of Robotics*, qui chiffre les ventes sur la base des déclarations de ventes des industriels de la robotique. Dans les chiffres de ventes indiqués par l'IFR, on notera notamment les éléments suivants, qui montrent parfaitement l'incidence de la définition du périmètre étudié sur les volumes de marché dans un secteur industriel aussi émergent. Les observateurs font, de ce point de vue, un parallèle avec le développement des marchés de l'informatique personnelle au début des années 1980, puis de l'Internet au milieu des années 1990 :

- Les robots pour la défense, et notamment les drones d'observation et d'attaque, sont ici compris dans la robotique de service. Ces drones sont caractérisés notamment par des coûts élevés et un haut niveau technologique. La légitimité de la prise en compte des robots de défense dans la robotique de service, outre les finalités et les convergences technologiques, tient au rôle particulier que leur développement tient – notamment aux États-Unis – dans la mise en place de la filière. IRobot, leader mondial des robots domestiques, a ainsi financé son développement sur la base de contrats de recherche avec le département de la défense.

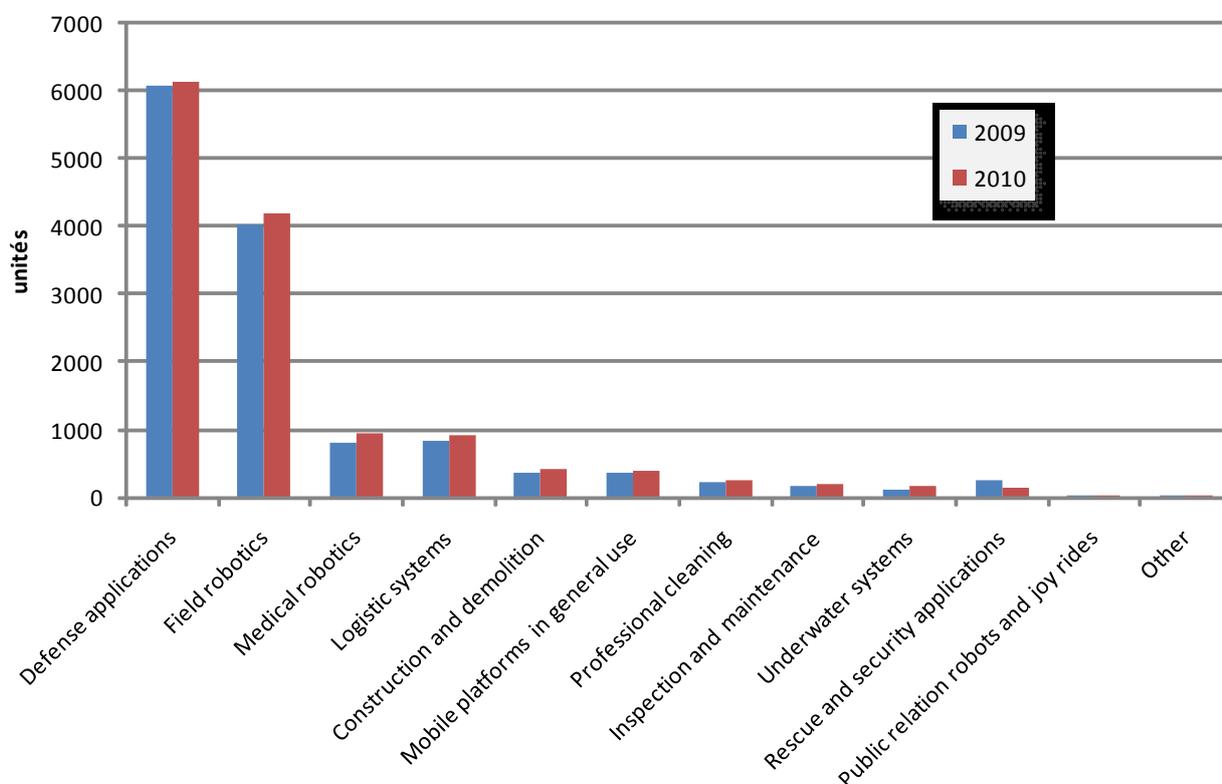
- Les robots pour l'agriculture sont aujourd'hui presque exclusivement des trayeuses automatiques (> 95%). D'un point de vue technique, on considère que ce type de robot ressort plus du secteur de la robotique industrielle, et n'est que peu représentatif de la pénétration de la robotique de service, notamment mobile, dans le domaine agricole.

Les chiffres de vente pour les robots de service professionnels, repris ci-dessous, démontrent clairement le caractère encore exceptionnel de l'usage des robots de service, tels que nous les regarderons dans l'ensemble de l'étude. Si la robotique de défense et la robotique d'intervention⁵ sont des segments relativement conquis aujourd'hui, les autres champs de la robotique de service professionnelle sont clairement émergents aujourd'hui. Parmi ceux-ci, on distinguera cependant deux segments qui se détachent :

- La **robotique médicale** constitue un marché important, couvrant des applications très variées, mais bien définies et répondant à une attente forte de la part des professionnels de santé et des patients. Le secteur, dans les pays fortement industrialisés, est très solvable.
- La **logistique** représente également un marché de grande ampleur. Cependant, les chiffres annoncés par l'IFR incluent des robots de tri ou de préparation de colis, qui à notre sens relèvent plus de la robotique industrielle.

Le marché de la robotique de service professionnelle est en croissance entre 2009 et 2010, mais a subi de plein fouet la crise économique entre 2008 et 2009, conduisant, sur certains segments, à une chute des ventes de robots, comme pour tous les investissements industriels à la même période. Le segment de la défense n'a, lui, pas été touché de la même manière.

Figure 7 : Ventes de robots de service professionnels en 2010 (en nombre d'unités et en M\$)



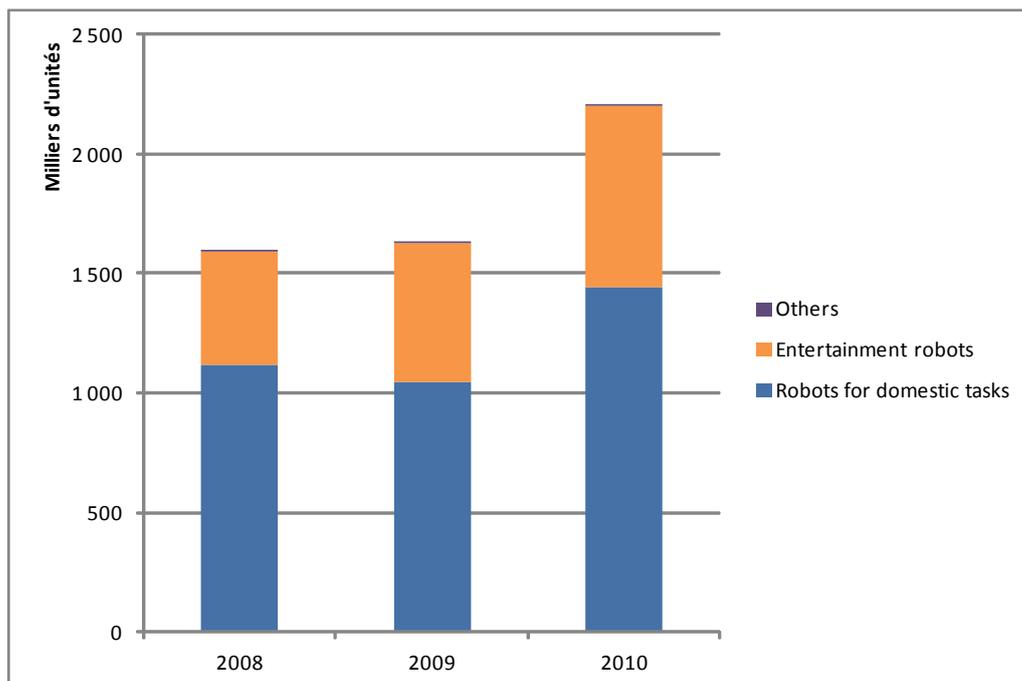
Source : IFR – World Robotics 2011, Service Robots.

⁵ La robotique d'intervention est cependant découpée en de nombreuses applications sur lesquelles les marchés sont plus ou moins mûrs.

Le marché de la robotique personnelle est, lui, encore plus émergent et éclaté. Il est tiré par la robotique de nettoyage (aspirateurs) qui constitue aujourd'hui l'essentiel des ventes réalisées : 1,4 million d'unités vendues en 2010, représentant 97 % de l'ensemble des robots vendus pour un usage domestique et 64 % des robots personnels⁶ – comprenant les robots ludiques, autres moteurs du développement de la robotique personnelle.

Sur la robotique de service personnelle, les industriels prévoient de vendre 14 millions de robots entre 2011 et 2014, 87 000 sur la même période pour la robotique de service professionnelle (y compris défense et robotique d'intervention).

Figure 8 : Le marché de la robotique de service personnelle en 2010 – un marché de 540 M\$



Source : IFR – World Robotics 2011, Service Robots.

⁶ Source : IFR.

3. L'ÉTAT DES LIEUX DE LA TECHNOLOGIE

Du fait de la constitution organique d'un système robotique, la robotique est en premier lieu une science de l'intégration et regroupe de nombreuses technologies nécessaires à la réalisation des robots industriels et de service. Ces technologies sont le plus souvent identifiées comme suit, en séparant celles qui sont devenues maintenant des technologies spécifiques à la robotique et celles qui restent des technologies fortement maintenues et développées dans d'autres domaines d'application technologique (spatial, aéronautique, automobile...) mais qui sont essentielles à la robotique.

Technologies « pilotées » par la robotique :

- Architecture système
- Coordination de robot (*swarm and ambient intelligence*)
- Interaction humain-robot
- Sécurité
- Actionneur et effecteur terminal (pince, main)
- Locomotion
- Navigation
- Planification
- Contrôle des mouvements
- Apprentissage
- Perception (proprioceptive et extéroceptive)

Technologies « pilotées » par d'autres domaines :

- Outils d'ingénierie système
- Communication temps réel
- Matériaux
- Gestion de l'énergie
- Modélisation
- Capteurs

L'étude, du fait des marchés visés, est orientée principalement vers les technologies nécessaires à la robotique de service mobile, en majorité dans un environnement intérieur ou du moins bien structuré. L'aspect manipulation d'objet avec un bras doit être cependant traité, car il reflète un besoin important de possibilité d'action du robot sur son environnement et sur des objets et des outils de la vie courante.

De ce fait et compte tenu de l'analyse pays (cf. § 4 et 5) et de notre vision sur le regroupement de certaines technologies dans les travaux de recherche et les développements industriels sur la robotique de service, nous proposons de présenter l'état des lieux selon le découpage suivant :

- Logiciel système (OS et environnement de développement pour la robotique)
- Navigation
- Logiciel haut niveau et sécurité (supervision, sécurité, apprentissage, planification de mission, asservissement de haut niveau)
- Capteurs de perception (sécurité, préhension) et de localisation pour la navigation
- Mécatronique
- Fonctions d'interaction homme/robot
- Communication / échange de données (supports physiques et protocoles logiques)
- Énergie

Les chapitres suivants donnent un état des lieux de ces technologies en présentant :

- Une description de la technologie (ou des technologies regroupées sur cet item) et des solutions techniques et performances actuelles
- Les sociétés et entreprises majeures sur ce domaine si il y a lieu (dans le cas où un pays ou des sociétés émergent de manière importante sur le sujet)
- Le niveau de criticité et de technicité de la fonction assurée au niveau développement et *robustification* pour les applications de robotique mobile de service.

Une section particulière est dédiée aux spécificités de certaines technologies pour la robotique humanoïde (par exemple les contraintes de perception proprioceptive et extéroceptive spécifiques pour le franchissement de marches, des contraintes d'intégration et d'énergie plus fortes,...).

Une autre section propose une analyse sur la coordination entre robot et le concept d'opération en essaim (*Swarm and Ambient Intelligence*).

3.1. ÉTAT DES LIEUX PAR TECHNOLOGIE

3.1.1. Logiciel système

Les premiers développements en robotique ont été réalisés autour d'*Operating Systems* temps-réel classiques (ou exécutifs temps réel) comme VxWorks, OS9, RTX... avec des langages comme le C afin de générer des applications les plus rapides possibles avec un minimum de taille mémoire.

Actuellement, l'augmentation des capacités en mémoire et de la puissance des processeurs permettent des évolutions importantes dans le domaine de la programmation des robots et des OS embarqués ; elle conduit à des outils puissants en termes de facilité de programmation et à une réutilisation aisée de modules et fonctions disponibles, avec une notion d'enrichissement rapide de ces outils par le jeu des logiciels libres.

Les outils dominants du marché sont :

- **Microsoft Robotics Developer Studio** (MRDS, États-Unis) est une plate-forme de développement pour des applications robotiques, basée sur l'OS Windows avec une architecture orientée service (SOE). Elle est constituée d'un *runtime* et des outils de développement et de simulation : la distribution est gratuite pour les développements, le *runtime* est payant pour les applications industrielles commercialisées.
- **URBI** (de Gostai, France) est une plate-forme logicielle open source (GPL) incluant des bibliothèques de composants en C++ (Uobjects) et un langage script parallèle et événementiel (Urbiscript). Elle est intégrée sur des robots tels que le Jazz (Gostai), l'Aibo (Sony), le HRP-2 (Kawada), le Nao (Aldebaran), les Pioneer, le Spykee (Meccano), le RMP (Segway)... La dernière version intègre le support de ROS et les développeurs peuvent utiliser les 2 systèmes ensemble.
- **ROS** (Robot Operating System, Willow Garage, États-Unis) est un OS open source (licence BSD) associé à des bibliothèques et outils permettant de créer des applications sur le robot sur lequel il est installé. Ces bibliothèques et outils sont enrichis par la communauté robotique utilisatrice. Willow Garage est entré en force dans le domaine avec ROS appuyé sur le robot PR2 ; ils l'ont distribué en dix exemplaires à des instituts de recherche aux États-Unis, deux en Allemagne et un à l'université de Tokyo, en contrepartie du développement de nouvelles

applications autour de ROS. ROS est actuellement porté sur de nombreux robots (Qbo, Lego NXT, care-O-bot, Nao d'Aldebaran, HRP2-V de Kawada...).

Les langages de programmation les plus utilisés sont le C++ et le Java ainsi que des langages libres de plus haut niveau comme LUA, Python, Ruby, Perl... Ils ne sont pas spécifiques à la robotique.

Ce domaine des logiciels systèmes est donc basé sur des systèmes ouverts (disponibles en open source mis à part MRDS qui comporte quelques limites), avec une domination des États-Unis ; mais la France a également une démarche importante sur ce point (URBI, développement de laboratoires...).

Les futurs produits dans ce domaine reposant sur des systèmes logiciels ouverts posent la problématique du modèle économique pour les fabricants, par opposition à des équipements qui étaient dans le passé le plus souvent fermés par le software. Cette ouverture donne par contre une importante dynamique au développement des applications en robotique, pris en charge par des partenaires.

L'aspect *hardware* sur les processeurs et microcontrôleurs est également très important dans le développement des systèmes robotisés, notamment avec l'augmentation régulière de la puissance de traitement et le niveau d'intégration de ces fonctions. Ces développements sont par contre essentiellement financés par d'autres marchés et ne sont donc pas pris en compte dans l'étude.

Pays leaders : États-Unis, puis France

3.1.2. Navigation

Les technologies de navigation permettent de déplacer un robot d'un point à un autre, cette technologie est associée à des équipements de localisation relative ou absolue par rapport à l'environnement. Elle est donc associée à des systèmes de perception pour assurer la localisation et intègre des fonctions spécifiques comme par exemple l'évitement d'obstacle ou l'asservissement du déplacement du robot vers un point donné (amer réel ou virtuel). L'acquisition de la cartographie d'un environnement inconnu est également une fonction intégrée de plus en plus, facilitant le déploiement des robots de service.

De nombreux algorithmes de navigation sont disponibles avec différentes solutions de capteurs (vision, laser, radio) associés à des capteurs inertiels :

Navigation en environnement intérieur :

- Technique du SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*) avec capteur laser 2D ou capteur vision : Karto (US) est utilisé par des industriels comme Robosoft et Gostai en France. Mais des produits très performants sortent actuellement de laboratoires français (Armines avec sa spin-off Corebots, France, par exemple) ;
- De multiples projets de R & D avec la caméra Kinect de Microsoft (accès *craké* et ensuite partiellement autorisé par Microsoft) – États-Unis, France et Europe ;
- Fusion multi-capteurs laser-vision et inertiel ;
- Magnétométrie en complément de localisation (Sysnav, France) ;
- Des technologies de GPS *indoor* (associé au wifi) apparaissent également sur le marché (Insiteo, ARC second...), portées également sur la localisation de personnes (notamment pour non-voyants). La précision reste à améliorer pour entrer dans les critères de la robotique France et États-Unis.

Environnement extérieur :

- Des solutions basées sur des balises radio ou laser, solutions maintenant dépassées avec la disponibilité de solutions GPS précise (quelques centimètres de précision de position) ;
- Des solutions basées sur le GPS sont disponibles au niveau industriel. Mais ce système doit supporter des masquages temporels et spatiaux qui ne peuvent pas toujours être contrés par la fusion avec des capteurs inertiels ;
- Fusion de données GPS et vision ou laser sont disponibles dans les laboratoires - problème de fiabilisation dont l'utilisation du laser et de la vision en extérieur (luminosité, conditions météo, portée...).

Sur ces technologies *outdoor*, il est difficile de discerner des différences importantes entre l'Europe, les États-Unis et l'Asie. Nous n'avons pas approfondi de prime abord cette recherche car les travaux les plus avancés sont le plus souvent intégrés sur des applications de robots de service en dehors de notre objectif d'analyse (logistique *outdoor*, transport de personne automatique, mines...).

Cette technologie est un point fondamental dans l'autonomie du robot. La robustesse des algorithmes de navigation et des capteurs associés, dont notamment de bonnes capacités d'évitement d'obstacle, sont un élément critique pour la fiabilisation des applications de robot de service mobile se déplaçant dans des milieux non spécifiquement adaptés et pouvant évoluer (mobilier divers dans une habitation, obstacles temporaires...).

Les solutions de base existent et doivent être robustifiées en les complétant par exemple par des mécanismes autoadaptatifs et perception réactive, qui restent encore des axes de recherche en laboratoire.

Pays leader : États-Unis, France en environnement indoor

3.1.3. Logiciel haut niveau et sécurité

Cet ensemble regroupe, dans le cadre de notre étude, tous les développements logiciels qui couvrent les besoins de :

- Supervision et contrôle à distance : par exemple dans le cas d'un robot de surveillance ou d'assistance à la personne à domicile, passant en mode télérobotique à la demande d'un opérateur afin d'être guidé dans une position ou faire une action de mesure ou contrôle spécifique. Ces fonctions sont assez classiques et sont déjà disponibles sur des robots de service
- Supervision globale embarquée du robot. Ces fonctions sont en général dépendantes des applications couvertes par le robot. Leur complexité est croissante en fonction du niveau d'autonomie visée sur le robot (cf. notion d'auto-apprentissage et planification réactive citées ensuite)
- Apprentissage et planification de tâches
- Asservissement de haut niveau suite à des demandes utilisateurs
 - ✓ Déplacement du robot vers un point donné à l'aide d'asservissement vision (ce mouvement étant différent d'un mouvement du robot vers un point ou une pièce désigné de manière symbolique dans la carte du robot qui est traité dans la technologie navigation)
 - ✓ Déplacement du robot en suivant une personne
 - ✓ Déplacement d'un organe préhenseur (main ou pince) et manipulation d'un objet à l'aide d'un asservissement vision...

Les notions de planification et d'apprentissage sur l'aspect mobilité du robot et mouvement de bras ou équivalent seront le plus souvent résolues dans les développements de robots de service par des techniques de navigation présentées auparavant et d'asservissement par vision.

Il reste par contre un large domaine d'autoapprentissage et de planification réactive de tâches du robot personnel suivant les applications visées et le degré d'autonomie attendu. Ce domaine qui rejoint les travaux sur l'Intelligence Artificielle est à notre connaissance encore très amont, ou du moins très loin des orientations de développement de produits court et moyen terme. La notion de planification de tâches doit notamment aller au-delà de la gestion de tâche de mobilité avec notamment sa réactivité dans l'interprétation d'une scène non répertoriée (par exemple réaction vis-à-vis d'une personne en difficulté et gestion d'une alarme justifiée ou mieux, action urgente nécessaire).

Par ailleurs les solutions mises en œuvre pour l'aspect sécurité regroupent d'une part des choix d'architecture (puissance et limitation de l'effort des actionneurs, capteurs de détection de présence et contact indépendant du logiciel...) mais aussi des fonctions logicielles spécifiques et des capteurs à différents niveaux de l'architecture du robot pour garantir une sécurité au-delà des normes actuelles de sécurité utilisées dans l'industrie.

Il est difficilement envisageable, pour des raisons de coût de développement et de production, d'utiliser des solutions classiques de redondance issues de technologies aéronautiques ou ferroviaires. Mais l'exploitation des travaux, par exemple, sur la sécurité des logiciels et sur les fonctions de détection de défauts ou aléas, en cours de développement dans l'industrie automobile pour des aides à la conduite, pourrait être considérée comme un axe de travail.

La sécurité est un point critique du développement de la robotique personnelle, et plus généralement de la robotique de service appelée à être exploitée au milieu du public (robot de nettoyage industriel, de surveillance, robot guide...). Ce point ne semble que peu approfondi à ce jour par les acteurs au niveau mondial.

Pays leader : pas de leader qui ressorte sur cet aspect très diversifié et lié aux applications

3.1.4. Perception et capteurs

La perception est la capacité d'un système robotisé de se construire une représentation du monde physique à partir de données perçues par différents types de capteurs : vision 2D et 3D, laser 2D (nappes laser) et 3D (imageur laser), radar, ultrasons, voire tactiles... Ces données de perception sont utilisées pour la navigation, la reconnaissance d'objet en tant qu'obstacle ou d'objet à identifier, déplacer, manipuler...

Les capteurs les plus souvent utilisés dans un système robotisé sont :

- Les capteurs pour la navigation cités au chapitre ci-dessus
- Les capteurs utilisés dans la mécatronique (le plus souvent des capteurs proprioceptifs du type capteur de position, d'effort, de couples)
- Les capteurs anticollision sécuritaires (ultrason, infrarouge, laser... et par contact)
- Les capteurs utilisés pour le contrôle de haut niveau (vision, laser...);

Associés dans un traitement de perception ou d'asservissement de haut niveau, on parle dans ce cas de traitement par fusion multicapteurs. L'ensemble capteurs-fusion de données peut être fourni par certains technoproviders comme un seul métacapteur.

En règle générale, les besoins en amélioration sur ces différentes technologies de capteurs sont la miniaturisation, la précision et l'aspect coût : certains capteurs (notamment ceux utilisés pour la navigation) représentent une part non négligeable du coût du robot.

Les développements technologiques sur les capteurs sont portés par de nombreux marchés autres que la robotique de service. On peut citer notamment :

- Les capteurs vision et inertiel dans le multimédia et la téléphonie mobile
- Les scanners lasers et les capteurs mécatroniques dans la robotique industrielle et l'automatisation en règle générale...

Parmi les acteurs :

- Les sociétés Sick (Allemagne) et Hokuyo (Japon) sur les lasers 2D pour la robotique (Sick propose également une gamme de capteurs IR et laser de sécurité),
- Les sociétés Microsonic et Pulsotronic (Allemagne) sur les capteurs à ultrasons,
- Le capteur laser 3D (imageur) Velodyne de HDL (Canada) et d'autres produits proches en Allemagne,
- De multiples fabricants de caméras et CCD ou CMOS au Japon et autres pays d'Asie.

Les pays leaders dans le développement de ces différents types de capteurs sont les États-Unis (mécatronique, vision), l'Allemagne (mécatronique, laser...) et le Japon (capteurs vision et mécatronique).

Pour mémoire nous pouvons également citer les travaux de recherche sur la perception bio-inspirée (ou vision bio-inspirée) de plusieurs laboratoires français, qui semblent encore relativement en amont. Cependant, la société française Brain Vision Systems (BVS) a une forte expérience sur des outils de perception visuelle (très proche de ces concepts), qui semblent très innovants et dignes d'intérêt par les acteurs de la robotique.

Pays leaders : Japon, Allemagne, puis Asie et États-Unis

Mécatronique

Cette technologie regroupe un ensemble de matériels tels que les actionneurs, effecteurs et capteurs de position et d'effort, ainsi que des fonctions logicielles de contrôle bas niveau et asservissement.

L'aspect matériaux utilisés est un point également important, mais les développements et améliorations dans ce domaine ne sont pas supportés par les marchés de la robotique, et ne sont donc pas traités dans cette étude.

Ce groupe de technologies peut être découpé en trois applications distinctes :

- Application à la locomotion (roues, jambes, chenilles...)
- Application à la manipulation/préhension (bras)
- Système bio-inspiré et micro-nano assemblage

La première application englobe tous les besoins nécessaires à la mobilité de base d'un robot avec ses actionneurs et capteurs associés ainsi que les asservissements de contrôle de ces actionneurs. Les systèmes à roues et à chenilles sont bien maîtrisés et les principaux besoins d'évolution sont plus liés à de la mobilité sur des terrains difficiles (déplacement en tout terrain à vitesse nominale par exemple). Des prototypes mécatroniques ont été développés sur le concept roues/jambes visant à permettre le franchissement de marches et obstacles avec les jambes et à permettre une mobilité

plus aisée et rapide sur un terrain sans obstacle important avec les roues (e.g. travaux de l'ISIR, France).

La mobilité assimilable à de la marche ou de la course (avec des jambes) relève de nombreux travaux de recherche, aussi bien sur le rapport poids/taille et puissance des actionneurs que sur les algorithmes d'asservissement et contrôle des multiples actionneurs et capteurs utilisés dans ces boucles de contrôle (inertiel, position, effort...). Les pays les plus avancés sur le sujet sont les pays asiatiques avec en premier lieu le Japon et la Corée qui disposent de prototypes opérationnels. Des travaux sont également menés par exemple aux États-Unis sur les exosquelettes (projet HULC pour l'US Army), et des mules quadrupèdes robotisées (le BigDog de Boston Dynamics). On peut citer également les travaux sur des systèmes d'aide à la marche pour la rééducation en France (CEA) et des robots quadrupèdes (produits Aibo de Sony, concept repris par la société coréenne Dasatech) et sextupèdes (divers prototypes). Un bref aperçu des positions des acteurs mondiaux est présenté en section 0.

La deuxième application (la manipulation) englobe tous les besoins pour la manipulation et la préhension d'objet à l'aide d'un bras robotisé. Cela inclut le bras proprement dit (avec plusieurs axes comme un bras humain) et le poignet et pince en bout de bras. Des travaux plus avancés sont en cours sur l'équivalent de la main humaine, représentée sous une forme plus ou moins complète suivant la cinématique du poignet, le nombre de doigts et le type de matériau utilisé pour la préhension. Ces projets sont destinés pour partie au robot, mais également à la conception de prothèses de main.

La première priorité pour la robotique de service est un bras compact, dextre et sécurisé pour équiper des robots mobiles dédiés à l'assistance à la personne âgée ou handicapée. Ce besoin est assez éloigné d'un bras robotisé de type industriel car il doit être léger, puissant et sécuritaire au niveau vitesse et détection d'effort, et disposer de modes de commande les plus intuitifs possibles pour l'utilisateur (commande de haut niveau). On peut citer notamment le bras canadien Jaco de la société Kinova (polyarticulé avec une pince terminale à 3 doigts). Il existe également des travaux approchants en Allemagne.

Au niveau des recherches plus en amont (bras issu de travaux sur les humanoïdes) on peut citer l'Italie qui mène des travaux importants sur le sujet : le robot iCub (projet européen piloté par l'université de Gênes), de multiples projets sur des mains artificielles (Scuola Superiore Sant'Anna, laboratoire de biorobotique), la France avec des projets de recherche sur la robotique humanoïde ainsi que le Japon et la Corée.

Pays leaders : Allemagne et Asie sur les actionneurs, pas de leader sur l'intégration mécatronique. France, Allemagne, Japon, Corée, États-Unis, Italie... se partagent relativement ces travaux et réalisations.

3.1.5. Interaction homme-robot

L'interface homme-robot doit répondre à différents besoins de relation avec un être humain :

- interaction avec un opérateur spécialisé qui assure sa maintenance (en local ou à distance);
- interaction avec un opérateur plus ou moins spécialisé qui en assure l'exploitation directe (télérobotique), la supervision à distance (suivi d'exploitation et programmation de mission) ou qui exploite à distance les données qu'il fournit (télé-surveillance de locaux, télé-mesure sur une personne assistée...).

Ces deux premières interfaces sont le plus souvent déportées sur des postes distants et utilisent des interfaces homme-robot classiques (écran tactile, interface graphique, clavier, souris...) ou des interfaces plus spécifiques (organe de commande haptique, réalité virtuelle et réalité augmentée...). Le smartphone peut également servir d'interface.

Le troisième type d'interface assure l'interaction avec un utilisateur non spécialisé, parfois âgé, ou handicapé sur une fonction sensorielle, ou du moins souhaitant une relation simple et intuitive avec le robot.

Cette interface peut utiliser

- la synthèse vocale,
- la reconnaissance vocale,
- l'écran tactile,
- la reconnaissance et l'interprétation de mouvement (suivant par exemple le principe de la Kinect)...

De multiples travaux de développement en cours apporteront à court et moyen termes des interfaces utilisant :

- la commande à distance *via* des objets communicants (technologie RFID, infrarouge...),
- le corps tactile du robot (suivant la zone touchée),
- l'expression d'émotions du système robotisé *via* un canal visuel ou sonore,
- l'expression d'émotion suite à une demande de l'utilisateur sur un visage affiché *via* un écran ou des mouvements sur une tête artificielle du robot (mouvement d'yeux, hochement de tête, mouvement de lèvres...).

Et à plus long terme :

- la reconnaissance de l'émotion de l'utilisateur par le robot (INRIA...)
- toutes les technologies d'échange de sensation *via* le toucher, l'odeur...
- l'interaction directe avec le réseau nerveux de l'humain *via* des points de contact externe au niveau du cerveau ou d'un membre (besoin typique sur les exosquelettes du futur). Ces technologies sont aujourd'hui développées pour des assistances aux personnes paralysées.

Parmi les acteurs :

- le LIMSI et la société Voxler développent en France des solutions sur la synthèse et reconnaissance vocale et sur la représentation des émotions,
- l'université de Bielefeld en Allemagne et le laboratoire Memphis Affective Computing aux États-Unis (sur les émotions),
- le logiciel Kali de synthèse vocale du laboratoire CRISCO,
- les produits de contrôle haptique de la société Haption (bras Virtuouse – France) et le Phantom de Sensable (États-Unis),
- Etc.

Les outils de développement pour des IHM graphiques sur écran sont également à prendre en compte mais les outils utilisés par internet, les jeux et les téléphones mobiles offrent maintenant un panel important de solutions disponibles pour les développeurs d'IHM robotiques. De même l'industrie du multimédia et du jeu fournissent aux IHM robotiques des outils performants et à coût faible (Wii, Kinect...).

Les technologies d'IHM ne sont pas des éléments critiques vis-à-vis de la faisabilité mais représentent une attente importante des utilisateurs de futurs produits pour les rendre les plus

intuitifs possibles. Elles ont donc un impact majeur sur le développement des marchés de la robotique personnelle.

Par ailleurs, au-delà de l'interface physique, l'interaction entre le robot et l'humain fait l'objet de travaux importants en ergonomie et psychologie cognitive. À titre d'exemple symbolique, on peut mentionner le projet Kaspar développé par l'Université du Hertfordshire (UK), qui s'intéresse à l'échange entre un robot humanoïde et un enfant autiste, et son utilisation dans l'apprentissage des relations sociales.

Pays leaders : Japon, Corée et États-Unis sur les interfaces graphiques (tablettes, smartphones...). La France, les États-Unis et l'Allemagne sont assez innovants sur de nouveaux modes d'interface et sur l'étude de l'interaction.

3.1.7. Communication

Nous ne traiterons dans ce chapitre que les communications sans fil afin de répondre au besoin essentiel de robot mobile de service pour sa maintenance, sa supervision et son suivi (voire pour son téléchargement de mission).

Cette technologie est poussée par l'internet et les besoins de transmission multimédia (reportage, diffusion broadcast...), et est peu spécifique à la robotique.

Dans le cadre de la télérobotique (robotique d'intervention), le besoin en débit et transmission temps réel est important. Il était couvert il y a encore quelques années par des modems hertziens (liaison série à faible débit de quelques KHz et transmission vidéo analogique TV). On dispose maintenant de technologies de compression de la vidéo et du son et des réseaux sans fil (type wifi, IEEE811.X) qui permettent d'obtenir des transmissions temps réel, répondant aux besoins de la télérobotique et de la robotique de service d'une manière générale (supervision, maintenance, téléchargement...).

D'autres produits de communication sans fil : Bluetooth, ZigBee, liaisons courtes à portées directionnelles (laser, infrarouge), GPRS et UMTS (3G et 3G+) sont également disponibles.

Cette technologie n'est plus critique pour les applications en robotique de service, même si l'on souhaite dans certains cas déporter des traitements puissants sur un poste fixe indépendant du robot.

Pays leaders : États-Unis, Corée, Japon sur le hardware et logiciel, France sur le logiciel.

3.1.8. Énergie

L'énergie est un élément fondamental sur un robot de service qui sera dans la majorité des cas mobile, et donc non raccordé à une source d'alimentation extérieure hormis pour des périodes de transfert en énergie (sauf exceptions de certains robots d'intervention reliés par fil). Le stockage de l'énergie sur le robot et son rechargement en énergie sont donc les deux éléments à prendre en compte. Par ailleurs les développements et recherches pour minimiser la consommation en énergie des systèmes robotisés (rendement de moteurs, gestion active des mises en veille des capteurs et processeurs, unité de puissance...) sont également des aspects importants pris en compte dans le développement d'un robot.

Les technologies les plus souvent envisagées pour fournir de l'énergie au robot sont :

- La batterie et le système de gestion batterie associée (décharge, motorisation réversible, limitation...)

- La pile à combustible
- Le solaire
- L'air comprimé
- La biodigestion (recherche encore très amont)

Le thermique et l'hydraulique ne sont pas réalistes sur les systèmes robotisés visés par notre étude. Compte tenu des contraintes de taille et de prix, la technologie batterie est la plus performante pour des systèmes robotisés (rapport poids/énergie disponible, durée de vie et nombre de décharges, performance en débit de pointe, recharge rapide et utilisation immédiate...). Elle est de plus actuellement celle qui bénéficie des plus gros travaux de recherche et développement industriels, financés par d'autres secteurs industriels sur des marchés déjà existants (automobile, matériel électroportatif, informatique et téléphonie).

Les technologies de recharge de batterie sont également importantes (recharge rapide, autonomie du robot pour se raccorder à une source d'énergie, recharge sans contact...).

Le Japon et les autres pays d'Asie ont une position de leader (recherche et production) sur cette technologie. Des travaux importants sont menés en France et en Allemagne sur le domaine des véhicules électriques (batterie elle-même et gestion de ses batteries).

Pays leaders : Japon, Corée.

3.1.9. Spécificités technologiques de la robotique humanoïde

La robotique humanoïde met en jeu des technologies de mobilité et de perception relativement spécifiques. Elle s'est développée en premier lieu avec des actionneurs pneumatiques ou hydrauliques pour des raisons de poids et de compacité, car les générateurs de puissance étaient déportés hors du robot. Cette solution n'était bien entendu viable que dans un laboratoire et pour une mobilité limitée du robot. Les développements actuels utilisent des actionneurs électriques développés spécifiquement, mais la gestion de l'énergie reste un problème important si l'on conçoit un robot de la taille d'un homme...

De même les algorithmes d'asservissement et contrôle des multiples actionneurs associés aux capteurs utilisés dans les boucles de contrôle (inertiel, position, effort...) de la marche rassemblent des développements antérieurs de nombreux laboratoires.

La perception et la navigation font appel également à des développements spécifiques (par exemple la perception d'un obstacle, voire d'un escalier, pour le franchissement)

Le Japon, La Corée, sont leaders au niveau recherche laboratoire et industrie et de nombreux produits existent (prototypes, petites séries, démonstrateur technologique) mais sans des applications réelles autres que le divertissement et l'animation.

La France a une recherche académique (mécatronique et surtout logiciels) importante et visible sur la robotique humanoïde ; les compétences mobilisées peuvent conduire à sous-alimenter la recherche sur d'autres champs technologiques, tout aussi critiques pour l'industrie de la robotique de service à court et moyen termes. Sony et d'autres constructeurs asiatiques ont notamment collaboré avec des laboratoires français et un accord de coopération CNRS-MIT-Japon existe *via* un laboratoire commun franco-japonais et des travaux autour de la plate-forme robot HRP2, gérés en France par le LAAS. On signale également que les organismes étatiques coréens recherchent des accords de partenariat avec les acteurs français, que ce soit au niveau de laboratoires de recherche

ou du syndicat Syrobo. Enfin Aldebaran est un industriel français reconnu au niveau mondial avec le robot Nao et son implication dans le projet de recherche ROMEO.

De nombreux laboratoires européens travaillent sur la robotique humanoïde, avec notamment le projet européen iCub qui a permis de développer un petit robot fabriqué en plusieurs exemplaires pour poursuivre ces recherches. L'université de Gênes est leader de ce projet.

Il y a également de nombreux travaux sur le sujet aux États-Unis, notamment financés par la DARPA avec des objectifs de retombée militaire sur les exosquelettes (projet HULC pour l'US Army) et des mules quadrupèdes robotisées (BigDog de Boston Dynamics).

Pays leaders : Japon, Corée, France, Italie sur l'aspect recherche, États-Unis lié au marché défense.

3.1.10. L'exosquelette

L'exosquelette peut représenter également une technologie spécifique dans le sens où il nécessite la mise en œuvre de moyen mécatronique et perceptif très particulier avec une forte interaction avec l'homme. Le besoin technologique est spécifique sur les aspects suivants :

- Les actionneurs doivent être légers, peu encombrants, peu gourmands en énergie et d'une forme particulière pour s'adapter au mieux à la morphologie d'une personne.
- Du point de vue des capteurs de contrôle, deux solutions de commande sont développées actuellement. Une première, dite exogène, utilise des capteurs d'effort sur les membres des utilisateurs. Une deuxième, dite endogène, utilise des capteurs sur la peau et vit à terme des liens directs avec les nerfs.
- La première solution est relativement adaptée aux exosquelettes destinés à des applications civiles ou militaires dont l'objectif est d'aider l'utilisateur à réaliser des travaux pénibles et fatigants voire impossibles à réaliser sans cette assistance. La deuxième solution, plus complexe, est nécessaire pour développer des systèmes pour pallier le handicap physique de membre supérieur ou membre inférieur de personnes handicapées.

On peut citer entre autres des travaux menés sur ces technologies aux USA (HULC), en Nouvelle-Zélande (projet REX de RexBionics), au Japon (projet HAL de Cyberdyne) et en France (projet HERCULES de RB3D/CEA).

3.1.11. Coordination et essaim de robots

De nombreux travaux sont menés sur ce thème dans le monde, notamment aux États-Unis et en France. Ils visent à faire travailler ensemble des groupes de robots à la réalisation d'une même tâche. Le premier intérêt est pour des applications militaires avec des mini ou microdrones aériens ou terrestres. Ces concepts pourraient s'adresser à moyen terme également à la robotique de service civile (surveillance de site par exemple).

3.2. SYNTHÈSE

Tableau 1 : Synthèse des positions relatives des différents pays sur le développement des technologies clés pour la robotique de service

| | France | Allemagne | Royaume-Uni | Italie | États-Unis | Corée | Japon | Taiwan | Europe autres |
|-------------------------------|--------|-----------|-------------|--------|------------|-------|-------|--------|---------------|
| Logiciel système | | | | | | | | | |
| Navigation | | | | | | | | | |
| Logiciel haut niveau | | | | | | | | | |
| Perception et capteurs | | | | | | | | | |
| Mécatronique (hors humanoïde) | | | | | | | | | |
| Interaction homme-robot | | | | | | | | | |
| Communication | | | | | | | | | |
| Énergie | | | | | | | | | |
| Robotique humanoïde | | | | | | | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés).

4. L'ÉCOSYSTÈME FRANÇAIS DE LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE

Les premiers travaux sur la robotique en France prennent place durant les années 1970 : l'INRIA (à l'époque IRIA) et le CEA développent alors les premiers éléments de robotique industrielle à travers les projets SPARTACUS puis ARA (Automatique et Recherche Avancée). Le CEA y vise la réalisation de bras de manipulation pour le domaine nucléaire. Grâce à ses travaux, la France a rapidement occupé une place de choix sur la scène internationale en robotique. L'INRIA s'est affirmé comme étant en pointe sur certaines technologies comme la vision par ordinateur. HILARE, premier projet de robot mobile en France, est développé au LAAS en 1977.

Des acteurs privés ont rapidement suivi et se sont positionnés sur la robotique industrielle dans les années 1980, le plus emblématique étant ACMA (Renault Automation). Faute de contextes social et économique propices, l'effort n'a pas été soutenu et la filière française de robotique industrielle a lentement décliné pour pratiquement disparaître. La plupart des groupes ont été rachetés par des acteurs étrangers (le groupe helvético-suédois ABB ou l'italien Comau), seules quelques PME subsistent aujourd'hui comme SEPRO Robotique.

Des travaux sont menés dès les années 1980 sur la robotique d'intervention notamment par le CEA. En 1988 est créé le groupe INTRA à l'initiative de ce dernier, d'EDF et de la Cogema, l'objectif étant de proposer une force de robots et d'engins de chantier téléopérés pour faire face en cas de catastrophe nucléaire.

Toujours dans les années 1980, une première génération de PME voit le jour dans le domaine de la robotique de service avec des sociétés comme Cybernetix ou Robosoft. Ces acteurs se positionnent dans la réalisation de robots sur mesure pour des applications précises : assistance au handicap, nettoyage industriel, intervention et contrôle sur des installations nucléaires... Une petite série (20 exemplaires) de robots de nettoyage a notamment été construite pour la RATP. L'exploitation en a été arrêtée 3 ou 4 ans après pour des raisons économiques (coût de maintenance) et de difficultés d'acceptation par le personnel.

En parallèle, la France a continué à affirmer sa position en recherche académique avec plusieurs laboratoires portés par le CNRS, l'INRIA ou encore le CEA List. D'autres laboratoires traitant de problématiques appliquées se sont aussi intéressés à la robotique (CEMAGREF, INSERM, ONERA, IFREMER...) à travers des projets collaboratifs notamment. La recherche en automatique et en technologies de perception se développe considérablement dans le domaine des transports avec des laboratoires de l'INRETS, du LCPC, le LASMEA... En 2001, le CNRS met en place le programme ROBEA afin de financer des projets dans le domaine de la robotique. En 2003, un partenariat est noué avec l'organisme japonais de recherche AIST afin de créer un laboratoire commun en robotique : le *Join Robotics Laboratory* (JRL).

Cet essor de la recherche a fait naître dans les années 2000 une nouvelle génération de PME innovantes développant des technologies autour de la robotique de service : Aldebaran, Gostai, EOS...

Le secteur français de la défense s'est aussi intéressé dès le milieu des années 1980 à la robotique. Depuis, l'engagement de la France dans ce secteur est variable même si l'on note un regain d'intérêt ces 5 dernières années : des acteurs comme Dassault, ECA, Sagem ou Thales se positionnent essentiellement sur les drones, des robots sous-marins ou encore des robots d'intervention terrestres. Parmi ces acteurs, ECA est le seul *pure player* de la robotique.

Une filière française en voie de structuration

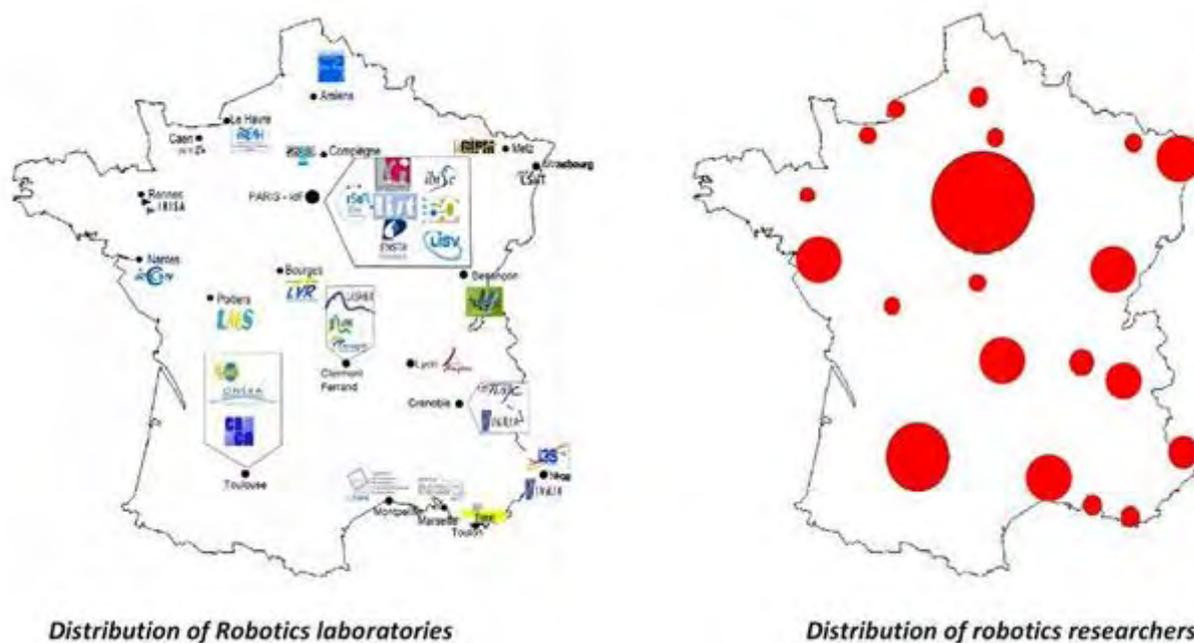
La structuration de la filière robotique française est un phénomène relativement récent. Le CNRS a formé en 2007 le Groupement de Recherche sur la Robotique (GdR Robotique) afin de regrouper les acteurs académiques : une soixantaine de laboratoires en sont aujourd'hui membres. Outre un certain nombre de laboratoires universitaires, des agences de recherche publiques comme l'INRIA, le CEA, le CEMAGREF, l'IFSTTAR (issu de la fusion de l'INRETS et du LCPC) ou encore l'ONERA travaillent sur des problématiques liées à la robotique. La Direction Générale de l'Armement (DGA), à travers la Mission pour la Recherche et l'Innovation Scientifique (MRIS), a défini en 2008 la robotique de défense comme étant un axe prioritaire de recherche pour ses services.

En 2010, une soixantaine d'équipes de recherche composées de 600 chercheurs permanents et 300 doctorants travaillaient sur la robotique dans le milieu académique français.

Quelques centres de recherche et laboratoires actifs dans le domaine de la robotique en France :

- Le Centre de Robotique : Conception Assistée par Ordinateur et Robotique (CAOR)
- L'INRIA avec différents laboratoires sur Rennes, Sophia-Antipolis, Grenoble, Bordeaux, Rocquencourt
- L'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) qui héberge notamment le Centre de Robotique Intégrée d'Île-de-France (CRIIF)
- Le Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS)
- Le Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM)
- Le Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies du CEA (CEA LIST)
- Le Laboratoire des Sciences et Matériaux pour l'Électronique et d'Automatique (LASMEA)
- Le laboratoire HEUDIASYC (HEURistique et DIAGnostic des SYstèmes Complexes)
- Le Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies (LIST) du CEA

Tous les acteurs de la recherche française sont membres du GdR Robotique.

Figure 9 : Répartition des forces académiques françaises en robotique

Source : IARP.

En 2007 a également été créé Syrobo, le syndicat professionnel français de la robotique de service, qui organise notamment le salon international de la robotique de service Innorobo, dont la première édition s'est tenue à Lyon en mars 2011. L'association comporte aujourd'hui une trentaine de membres, la plupart étant des PME technologiques.

À une échelle plus régionale, une communauté dédiée à la robotique est présente en Île-de-France : Cap Robotique. Créé en 2009 comme une extension du pôle de compétitivité Cap Digital, notamment sous l'impulsion de la PME Aldebaran, Cap Robotique vise à mettre en relation des acteurs venant d'horizons divers (académiques ou industriels) afin de réaliser des projets R & D. Même si un grand nombre d'acteurs industriels de la robotique sont présents en Île-de-France, il est à noter que le rayonnement de Cap Robotique est aujourd'hui d'envergure nationale.

Outre le dynamisme de la région francilienne, un certain nombre d'initiatives régionales sont à noter : le pôle de compétitivité Imaginove, qui regroupe déjà quelques acteurs en robotique, projette de créer une filière dédiée en région Rhône-Alpes ; le pôle Alsace Biovalley travaille sur des projets robotiques dans le domaine du médical (notamment robots pour la chirurgie), et enfin la région Midi-Pyrénées initie actuellement une réflexion pour créer une filière robotique locale autour du LAAS.

Au niveau industriel, les forces en présence en robotique sont bien plus minces en France que dans d'autres pays comme l'Allemagne. Le tissu industriel français se compose :

- d'un premier groupe de PME « historiques » de la robotique de service ou industrielle (Cybernetix, Robosoft ou BA Systèmes) ;
- de plusieurs PME récentes, pour certaines issues du monde académique présentant une capacité d'innovation et une dynamique importantes mais avec des moyens limités (Aldebaran, Gostai Wany Robotics...) ;
- et de quelques grands industriels de la défense (Dassault, Sagem, Thales...).

Les acteurs privés de la robotique en France sont ainsi essentiellement des petites et moyennes entreprises. Ces dernières se positionnent pour la plupart sur de la robotique spécialisée ou comme fournisseurs de technologies. Seule une dizaine d'entreprises ont la capacité de produire des robots complets et ont donc une position d'intégrateur final. L'industrialisation de la filière est encore limitée, et les robots sont produits en petites séries s'ils ne restent pas au stade de prototypes.

Tableau 2 : Les PME françaises de la robotique de service

| | |
|----------------------|-----------------|
| - Aldebaran Robotics | - RB3D |
| - Alpes Deis | - Robopec |
| - Assist Mov | - Robopolis |
| - Bioparhom | - Robosoft |
| - EOS innovation | - Robotswim |
| - Gostai | - Ubiquiet |
| - Meccano | - Voxler |
| - Mindscape | - Wany Robotics |
| - Parrot | - Withings |
| - Pob Technology | - Zodianet |

On peut citer également des acteurs ayant un rôle de fournisseurs de technologies pour la robotique comme BVS, Corebots, Effidence, Haption, Kineocam, Magellium, Nav On Time, Spirops, Sysnav, Voxler...

Une caractéristique partagée par un certain nombre de PME récentes réside dans leur faible capitalisation, qui leur permet difficilement de faire face à leurs coûts de développement. Ainsi, on constate pour telle entreprise une moyenne de deux recapitalisations par an sur cinq ans, pour telle autre une défaillance faute de pouvoir aller au bout de ses développements avant la mise sur le marché d'un produit. Cette fragilité de l'écosystème est due en partie à l'absence, jusqu'en 2012, de fonds spécialisés, les fonds généralistes ne s'intéressant pas à la filière (par manque de lisibilité et de perspectives) ; et en partie au profil des entreprises, qui sont pour la plupart des entreprises pilotées par la technologie et non par une vision marché, qui peine à s'imposer.

Outre ces PME, quelques grands groupes et entreprises de taille moyenne sont présents dans le domaine de la robotique d'intervention et de défense :

- ECA sur la défense et la protection civile,
- BA Systems sur la logistique et le médical,
- Adept Technology (filiale française de Adept aux États-Unis, R & D en France),
- EADS,
- Dassault,
- Sagem (groupe Safran),
- Bertin...,

ces quatre derniers acteurs s'investissant surtout sur des programmes de drones militaires.

De façon plus anecdotique, le groupe d'électroménager Seb s'intéresse de près à la robotique de service : un projet de robot aspirateur a été arrêté il y a quelques années faute de moyens financiers.

Plusieurs axes de travaux majeurs : robotique médicale et d'assistance, drones, robotique humanoïde, interactions...

Les acteurs de la robotique de service en France sont pour beaucoup académiques et les projets de robots ont longtemps relevé de l'expérimentation pour le développement de nouveaux comportements ou fonctions : interactions, perception, commandes d'humanoïde... Néanmoins, des

projets de recherche ayant des objectifs davantage portés sur l'applicatif ont émergé ces dix dernières années.

Il est intéressant de noter que le GdR Robotique a structuré son action en huit groupes de travail couvrant des méthodologies de développement, des champs d'application ou encore des domaines thématiques de la robotique :

- la robotique médicale ;
- les véhicules autonomes (terrestres et aériens) ;
- la manipulation robotisée à différentes échelles ;
- les architectures de commande avancée de systèmes robotiques ;
- les interactions entre les systèmes robotiques et les utilisateurs ;
- la conception d'architectures mécaniques et mécatroniques innovantes ;
- les robots humanoïdes ;
- la neurorobotique.

Au niveau applicatif, on peut citer de nombreux travaux de recherche réalisés dans le domaine médical : pour la rééducation ou les orthèses robotisées (CEA List ou LIRMM) ou encore pour la chirurgie (LSIT). Plusieurs projets sur des drones pour l'inspection ou la reconnaissance sont menés (Onera, HEUDIASYC, CEA List) et plus généralement des projets traitant de véhicules autonomes. Enfin quelques projets pour l'assistance à la personne sont aussi à noter (CEA List, LIRMM). Les autres gros projets de recherche se focalisent sur l'amélioration de technologies pour la perception ou pour la robotique humanoïde par exemple.

Quelques projets récents financés par l'ANR dans le domaine de la robotique

- ASSIST (programme PSIRob 2007) pour la réalisation d'un robot mobile équipé de deux bras et d'un système de vision pour l'assistance aux personnes handicapées
- BRAHMA (programme PSIRob 2006), exosquelette/orthèse robotisée pour le bras
- RobAutiSTIC (programme PSIRob 2006), conception d'un robot thérapeutique pour les enfants autistes
- ABILIS (programme CONTINT 2008), création d'une main robotique bio-inspirée
- EVA (programme CONTINT 2008), microdrone autonome
- MIRAS (programme TECSAN 2008 et 2009), robot pour l'assistance à la mobilité des personnes âgées
- HORUS (programme ARPEGE 2009), drone hélicoptère pour l'inspection
- R2A2 (programme ARPEGE 2009), robot humanoïde hydraulique

Figure 10 : Exosquelette Hercule de la société RB3D



Source : RB3D.

Enfin on notera les travaux de recherche récents de la société RB3D pour le compte de la DGA : l'exosquelette HERCULE qui peut supporter une charge (sac à dos) et qui laisse entrevoir des applications aussi bien militaires que civiles. La DGA a par ailleurs lancé en 2009 avec l'ANR et pour 3 ans le défi CAROTTE, l'objectif étant de financer des projets de robots autonomes pour la cartographie d'un environnement inconnu. Cinq projets sont aujourd'hui soutenus.

Pour ce qui est des acteurs industriels : Robosoft travaille sur le développement des robots d'assistance à la personne et au handicap *via* de multiples projets de R & D TECSAN (programme ANR Technologies pour la Santé), AAL (programme européen pour l'Assistance à la Vie Autonome), et FUI (Fonds Unique Interministériel), et vend des plates-formes robotiques de recherche (Kompai en très petite série et autres à l'unité). Gostai se positionne à la fois comme un fournisseur de robots d'accueil, de téléprésence et de surveillance, mais aussi comme un fournisseur de système d'exploitation libre et complet pour le développement d'applications robotiques indépendantes de toute plate-forme (avec le langage Urbi). Un certain nombre d'acteurs s'intéressent à la robotique pour la logistique ou le transport automatique (BA Système, Robosoft, Nav On Time). Quelques acteurs se positionnent sur le jouet (Parrot, Pob Technology⁷, Robotswim) et sur des robots pour l'éducation et la recherche (Wanny Robotics⁸). Enfin, la robotique de défense est un marché de choix pour la France et plusieurs grands industriels et PME sont présents, même si les développements sont encore expérimentaux.

La PME Aldebaran, avec sa plate-forme Nao, porte en grande partie la filière de la robotique humanoïde française et est aujourd'hui de notoriété internationale (avec un investissement significatif d'Intel au capital de la société). Aldebaran adresse aujourd'hui exclusivement des acteurs académiques pour des applications dans le domaine de la recherche, même s'ils projettent sous peu (2011-2012) de se lancer sur le marché grand public (*a priori* pour un usage loisir dans un premier temps). Ils coordonnent le projet ROMEO pour la réalisation d'un robot humanoïde d'assistance aux personnes, ce projet est labellisé par le pôle de compétitivité Cap Digital et financé par la région Île-de-France, la Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIS) et la Ville de Paris. D'un budget de 10 M€, le projet est subventionné à hauteur de 4,9 M€

Figure 11 : Robot Nao



Source : Aldebaran Robotique.

⁷ En dépôt de bilan.

⁸ Plan de cession en cours suite à redressement judiciaire.

Les robots français emblématiques

- **Nao, le robot humanoïde autonome d'Aldebaran**
- **Jazz, le robot d'accueil, de téléprésence et de surveillance de Gostai**
- **Kompaï, le robot d'assistance et de téléprésence de Robosoft**
- **Reeti, le robot expressif de Robopec**
- **PekeeII, la plate-forme robotisée de Wany Robotics**

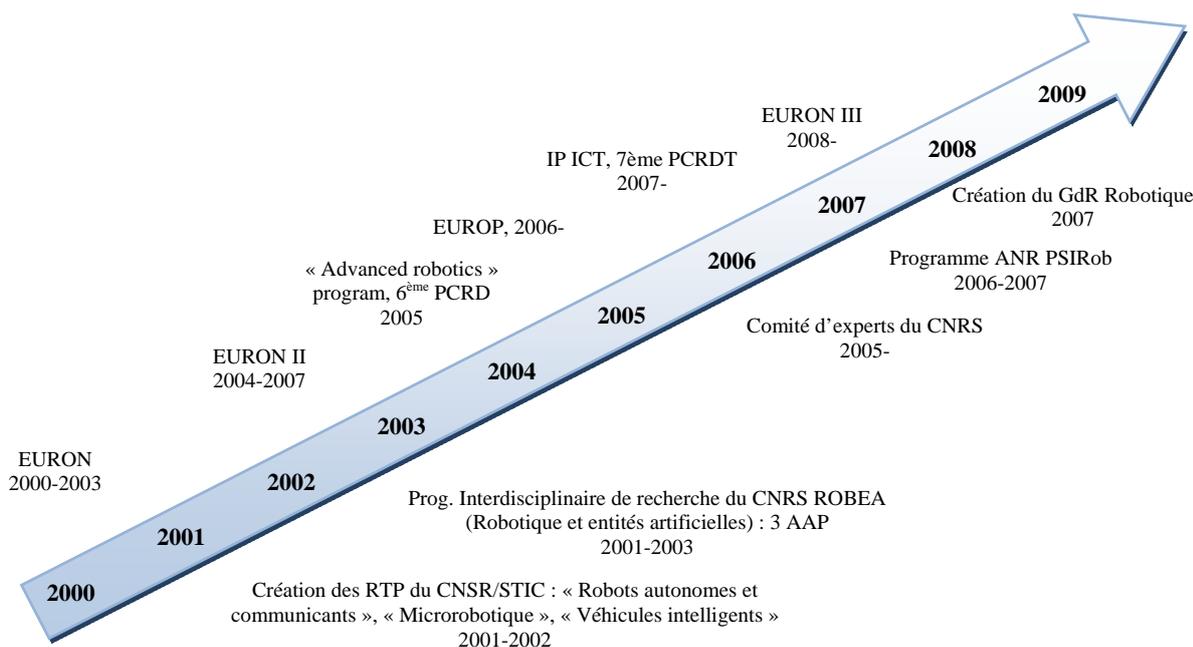
Peu d'actions publiques spécifiques

Plutôt réticents suite à l'échec de la robotique industrielle dans les années 1980 et faute d'une réelle culture dans ce domaine, les pouvoirs publics français se sont intéressés assez tard à la robotique.

Des programmes de financement dédiés à la robotique ont néanmoins été lancés ces 10 dernières années :

- le programme ROBEA initié par le CNRS en 2002 : 32 projets de recherche scientifique ont été financés à hauteur de 3,2 M€ sur trois ans (financement de matériel de laboratoire mais pas de prototypes) ;
- le programme franco-japonais du JRL pour travailler sur la plate-forme HRP2 en 2003 ;
- le programme ANR PSIRob en 2006 : 25 projets formés par 115 acteurs dont une vingtaine d'industriels ont été financés à hauteur de 15,2 M€. À noter que le thème de la robotique a été dispersé ensuite dans les programmes ANR plus récents traitant des TIC (Arpège, Contint) et un programme ASTRID (commun ANR/DGA) ;
- le défi DGA/ANR CAROTTE (Cartographie par Robot d'un Territoire) créé en 2009 pour une enveloppe de financement de 1,7 M€;
- l'Équipement d'Excellence Robotex, labellisé par les investissements d'avenir début 2011, qui permettra de financer entre autres l'équipement de 15 laboratoires en plates-formes robotiques partagées, pour un budget d'achat d'environ 2 M€; avec environ 40 % du budget sur la robotique médicale, 12 % sur la robotique mobile ; 13 % sur la robotique humanoïde et 35 % sur la nano et microrobotique.

D'autre part, la recherche industrielle en robotique s'intègre dans de multiples programmes applicatifs de R & D de l'ANR (CONTINT : Contenus et Interactions, TECSAN : Technologies pour la Santé, ARPEGE : Systèmes Embarqués et Grandes Infrastructures) et des appels à projets FUI et autres financements étatiques de R & D.

Figure 12 : Programmes nationaux et européens en robotique jusqu'en 2009

Source : GdR Robotique.

On notera aussi sur la figure précédente l'existence de programmes européens ayant encouragé le développement de projets en robotique :

- le programme européen EURON (*European Robotics Network*) initié en plusieurs phases dès 2000 ;
- le programme européen EUROP (*European Robotics Platform*) lancé en 2006 et financé à travers les actions de coordination CARE puis euRobotics en 2010.

Plus récemment, le projet d'équipement d'excellence ROBOTEX a été retenu dans le cadre du grand emprunt. Il vise à fédérer un réseau de quinze laboratoires sur le territoire français et a obtenu une dotation de 10,5 M€ Aucun Institut de Recherche Technologique (IRT) intégrant des travaux sur la robotique n'a été retenu dans la première vague des investissements d'avenir.

Toujours dans le cadre des Investissements d'Avenir, un appel à projets concernant les briques génériques du logiciel embarqué a été lancé fin 2011, les logiciels embarqués pour la robotique étant éligibles.

La formation en robotique en France

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 (École des mines de Nantes). De nombreuses écoles se limitent à l'automatique et à d'autres disciplines nécessaires en robotique sans les rassembler.

- Plusieurs écoles d'ingénieurs universitaires (Polytech'Paris de l'UMPC, l'ISTY mécatronique de l'UVSQ...) et des masters au sein de plusieurs universités (UPMC, Toulouse, UVSQ...).
- Des formations de DUT et BTS plus orientées sur les automatismes et la robotique industrielle (programmation et exploitation).
- La formation de haut niveau dans le domaine robotique passe le plus souvent par des doctorats en faible quantité ; on peut considérer que la France n'a pas une excellente

position sur ce point.

- On soulignera néanmoins la richesse du tissu associatif étudiant : de très nombreuses écoles en électronique et informatique possèdent des associations en robotique amateur qui s'affrontent lors de la Coupe de France de Robotique organisée depuis 1993 par l'association Planète-Sciences. Cette compétition engendrera une compétition similaire à un niveau européen, Eurobot, dès 1998.

La France en position de challenger, une expertise en « logiciel » reconnue

La France occupe clairement une position de challenger dans le domaine de la robotique personnelle et de service. Elle est dotée d'une force de recherche académique de très haut niveau : la France est ainsi la 3^{ème} nation en termes de publications en robotique avec 7 % des publications mondiales, contre 3 % en moyenne dans tous les domaines scientifiques confondus. L'écosystème industriel français est par contre bien plus restreint et fragile que ceux des grandes puissances de la robotique, et ce malgré quelques PME emblématiques dotées d'une bonne dynamique et ayant des marchés à l'étranger.

Technologiquement parlant, les experts reconnaissent que les points forts de la France se situent sur la partie logicielle, notamment dans le domaine de l'algorithmie.

Tableau 3 : Positionnement de la France sur les technologies clés de la robotique

| | Académiques | Technoproviders | Intégrateurs |
|---------------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Logiciels systèmes | | | |
| Navigation / localisation | | | |
| Logiciels haut niveau | | | |
| Perception et capteurs | | | |
| Mécatronique | | | |
| IHR | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés)

5. LA ROBOTIQUE PERSONNELLE ET DE SERVICE DANS LE MONDE

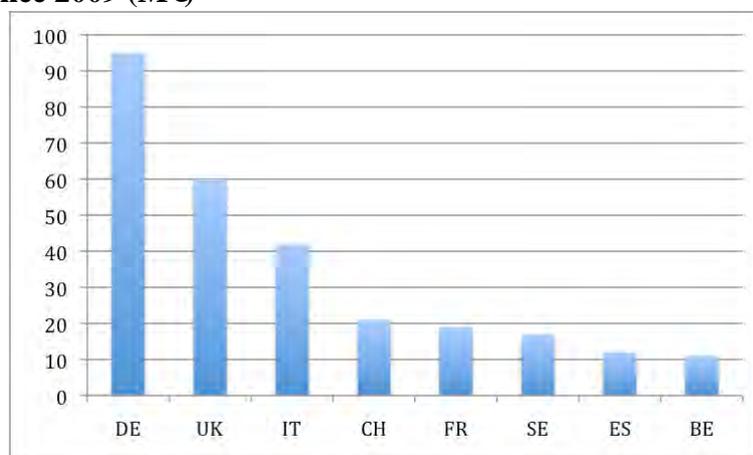
5.1. INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent chapitre détaille l'état des lieux du développement de la robotique de service dans les principaux pays en pointe sur le secteur, hors France. La dernière section repositionne la France en regard des autres pays sur certains critères du benchmark.

Les pays traités ont été définis en comité de pilotage. Ils couvrent les principaux acteurs dans les trois grandes zones géographiques.

En Europe, outre la France, trois pays sont particulièrement ciblés : Allemagne, Royaume-Uni et Italie. À titre d'illustration le graphique ci-dessous reprend la répartition des financements européens de projets de recherche sur la robotique en 2009.

Figure 13 : Financements relatifs des programmes-cadres européens en faveur de la robotique et la cognition – année 2009 (M€)



Source : Union européenne.

Ce tableau appelle deux commentaires :

- L'Allemagne apparaît comme dominante à juste titre en raison de son effort de recherche sur la question. Les chiffres, cependant, pourraient être légèrement surévalués en raison de la gestion par le TUV München d'une ligne de projets, pour laquelle un budget conséquent lui est spécifiquement affecté ; ces fonds sont redistribués aux entreprises et laboratoires européens membres des consortiums participants.

La position de la France ne reflète pas son effort de recherche réel sur le sujet. La France dispose de différents mécanismes de financement de la recherche, qui, présentant un meilleur rendement (taux de succès) que le PCRDT, détournent les acteurs français de la participation et surtout de la coordination de projets européens. La France est ainsi notoirement sous-représentée sur les projets du PCRDT. Cette tendance n'est pas propre à la robotique, mais y est particulièrement marquée.

Pour l'Asie, les pays leaders de la robotique de service sont, dans l'ordre, la Corée et le Japon. Taïwan et la Chine ont été examinés spécifiquement en raison de son ambition affichée sur la robotique de service pour le premier, de son ambition supposée pour la seconde.

En Amérique du Nord, seuls les États-Unis ont été étudiés.

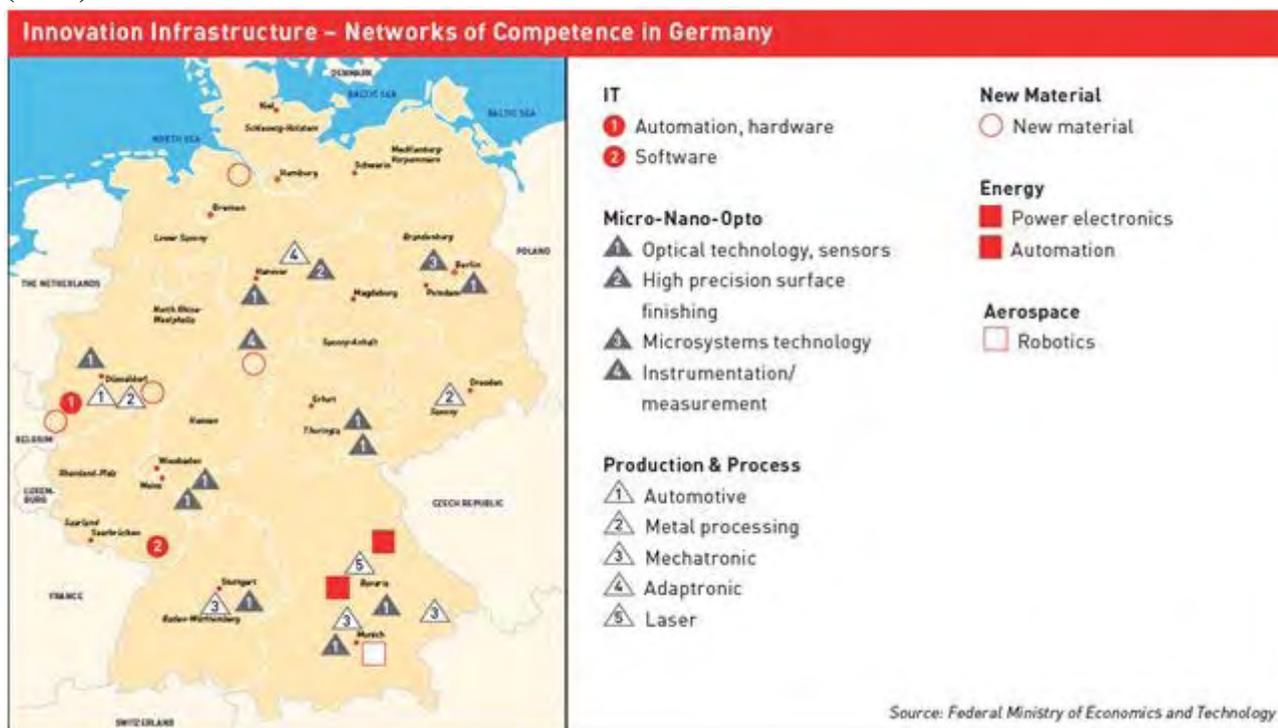
Enfin, les initiatives significatives dans d'autres pays du monde sont soulignées dans une section dédiée.

5.2. ALLEMAGNE

L'Allemagne est historiquement un des leaders mondiaux de la robotique industrielle. C'est un pays à forte vocation industrielle, notamment avec la présence d'industries puissantes dans l'aéronautique, le spatial, et l'automobile. Selon les estimations du département Robotics & Automation de la VDMA (*Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau*), la fédération d'ingénierie allemande, l'Allemagne a fourni en 2009 14 % des technologies de la robotique employées dans le monde. Cela positionne le pays en deuxième position, derrière le Japon.

Cette industrie est très structurée et devrait être structurante pour la robotique de service. Elle s'est développée sur l'ensemble du territoire allemand où la maîtrise des différentes technologies est répartie dans de grands clusters technologiques (voir la carte).

Figure 14 : Répartition des clusters technologiques allemands pour la robotique industrielle (2008)



Selon la VDMA, l'Allemagne possède de fait les structures et les technologies clés pour la robotique de service, particulièrement la mécatronique, ce qui lui procure un avantage concurrentiel. Par ailleurs, le développement de la filière Robotique industrielle a permis au pays de créer un réseau cohérent et efficace de distribution qui pourrait servir à la distribution de la robotique de service sur les marchés européens voisins. Des acteurs majeurs de la robotique ont compris cette position privilégiée et passent par l'Allemagne pour assurer la distribution de leurs produits.

L'industrie allemande de la robotique de service devrait ainsi, même si les experts ne sont pas tous d'accord, naturellement émerger en marge de la robotique industrielle.

Du point de vue académique, les deux zones géographiques les plus actives dans le domaine de la robotique allemande sont Munich et Stuttgart.

Le milieu académique à Munich s'articule notamment autour des compétences développées en mécanique et en capteurs/système optique dans cette région. Les technologies complémentaires qui y sont développées sont pour l'instant très orientées vers la robotique spatiale. Ce sont notamment les capteurs, les systèmes embarqués et la vision en temps réel. Les centres de recherche les plus représentatifs sont le DLR (*Institute of Robotics and Mechatronics*), l'Université de Ludwig-Maximilians, l'Université Fédérale Allemande des forces armées et l'Université technique de Munich.

Stuttgart compte deux centres de recherche ou d'enseignement à forte reconnaissance internationale : l'IPA Fraunhofer et l'Université de Stuttgart. Les travaux qui y sont menés portent respectivement sur la mobilité et les composants (dans le domaine de l'automobile) et sur la communication entre robots. Dans la région de *Baden Württemberg*, se trouve aussi l'« *Institute for Process Control and Robotics* » du KIT (*Karlsruhe Institute of Technology*) qui travaille principalement sur des thématiques industrielles avec des manipulateurs 1 ou 2 bras, des robots d'inspection et de sécurité mais aussi sur des approches personnelles, telles que des robots humanoïdes, et toutes les interfaces homme-machine.

Munich et Stuttgart sont très actifs nationalement et internationalement. L'Université technique de Munich et l'Université de Stuttgart participent ainsi par exemple à un consortium international (comptant PHILIPS APPLIED TECHNOLOGIE) autour du projet de recherche RoboEarth. Ce projet de réseau et de base de données, qui a débuté en 2010-2011, vise à permettre aux robots de « partager des informations et apprendre les uns des autres sur leur comportement et leur environnement ».

Les autres régions développent des activités robotiques moins intensives, le plus souvent toujours autour des activités historiques.

L'axe Bielefeld-Brême est actuellement très actif dans le domaine de la cognition et de la robotique de service. D'un côté, des travaux sont en cours à l'Université de Bielefeld dont l'expertise en informatique et en intelligence artificielle est importante. Ce projet est mené en collaboration avec HONDA pour la mise au point de robots éducatifs et des interactions homme-machine. De l'autre, l'Université de Brême possède plusieurs instituts et centres de recherche développant notamment des thématiques sur les systèmes autonomes de services (*Institute for Automation*) et la cognition (*Center for cognitive science*).

La région de Frankfurt est représentée par l'Université Technologique de Dresde et le laboratoire de robotique de l'Université Goethe. Ces centres de recherche travaillent activement sur les domaines de l'intelligence artificielle. Ils programment notamment activement sur la plate-forme NAO d'Aldebaran.

Berlin est une zone très orientée vers les capteurs et les microsystèmes. On y trouve quelques laboratoires à l'Université Technique de Berlin et l'institut *Daimler Chrysler Research and Technology* dont les thématiques de recherche portent sur la robotique. Les études les plus pertinentes pour la robotique de service concernent l'intelligence artificielle, la cognition, le langage et l'interaction Homme-machine. Cette région ne dégage toutefois encore aucun axe clair de spécialité.

Enfin, autour de Düsseldorf, se trouvent certaines universités très actives dans le domaine des machines autonomes bi/multipèdes. L'Université Gerhard-Mercator de Duisburg se développe ainsi autour des fortes compétences en systèmes autonomes, capteurs et automobile qui se développent dans cette région.

La filière académique allemande pour la robotique est considérée comme une des meilleures au monde : plusieurs centres ont une renommée internationale, comme l'*Institute of Robotics and mechatronics* de la DLR. Les universités allemandes nouent de nombreux liens à l'international pour profiter des synergies avec d'autres centres. Des projets de recherche sont ainsi menés en collaboration avec l'Italie, les États-Unis (UCLA, NASA...), Hong-Kong... Un partenaire privilégié est la France : il existe un institut germano-français pour la robotique de service et dont la thématique clé est la robotique intelligente et humanoïde ; des classes d'été sont régulièrement proposées au KIT pour des échanges franco-allemands sur la robotique.

La particularité des instituts de recherche en Allemagne est de travailler sur des projets ayant une visée applicative forte. Ils travaillent notamment beaucoup sur des systèmes complets, plutôt que des composants séparés. On peut par exemple citer les programmes de l'IPA Fraunhofer : Wimi-Care et Care-O-Bot sont des solutions robotiques destinées à exécuter des tâches simples auprès de patients dans les hôpitaux. Ces deux solutions sont pour l'instant encore loin du marché car elles mettent en œuvre des choix technologiques coûteux par rapport aux objectifs de marché visés. Les tâches qu'elles peuvent accomplir sont porter des boissons, détecter, prendre et transporter des objets usuels ou encore assurer l'accueil aux entrées. Les résultats de ces programmes expérimentaux servent par ailleurs aussi à proposer des plates-formes de développement à la communauté scientifique et industrielle.

Industriellement, depuis les années 1990, le panorama des entreprises spécialisées dans la fabrication robotique s'est drastiquement réduit. Selon le Pr. Dillmann du KIT, il y avait 10 ans auparavant entre 200 et 300 entreprises de tailles variables qui se positionnaient sur la robotique. Aujourd'hui, elles ne sont plus qu'une dizaine à vraiment produire de la valeur.

Les leaders de l'industrie allemande sont Kuka, Schunk et Festo. Chacune de ces entreprises dispose d'un programme à vocation personnelle ou à forte probabilité de transposition vers la robotique personnelle.

- **Kuka**, premier constructeur allemand de machines industrielles implanté dans la région de Munich, entame fermement une diversification de son activité vers les robots personnels de service. Les projets de la firme allemande demeurent encore principalement expérimentaux : on peut notamment citer l'exemple du bras léger et l'omniRob de Kuka qui sont développés au sein de la filiale Kuka Laboratories GmbH à Augsburg. La société participe à des groupes de réflexion, des incitations et des programmes de recherche multilatéraux sur la robotique de service : elle est par exemple membre coordonateur de la plate-forme EUROP et propose chaque année la *Kuka service robotics best paper award* qui récompense les meilleurs travaux de recherche sur la robotique de service (personnelle ou professionnelle) dans le monde.
- **Schunk** réalise des solutions complètes pour les plates-formes mobiles et des bras robotisés. Ils sont selon nos informations un des leaders des technologies de saisie par succion et des systèmes de préhension. Schunk est aussi membre de la plate-forme EUROP. La société organise parallèlement des manifestations annuelles centrées sur la robotique de service, on peut citer la *Schunk annual expert days on service robotics* destinée au partage d'informations sur les avancées de la recherche et des marchés.
- **Festo** réalise des systèmes automatisés et des composants pour la robotique industrielle. Ces derniers sont toutefois réutilisables dans certaines applications personnelles.

L'industrie allemande est très impliquée dans le développement de l'enseignement sur la robotique. Des entreprises comme Kuka et Volkswagen sont par exemple structurantes de la *Robotation Academy* à Hanovre, un institut de formation orienté vers la formation continue.

À ces tissus d'acteurs techniques, s'ajoutent des agences et institutions très actives sur la promotion et l'organisation de la filière robotique. Leur effort se fait toutefois plus insistant sur la robotique industrielle.

L'association allemande de robotique (DGR) assure la promotion de la filière. Elle a originalement été créée pour la filière de la conception et construction de machines industrielles. L'association organise chaque année l'ISR (*International Symposium on Robotics*), l'une des plus anciennes conférences sur la robotique.

Les fédérations et agences économiques nationales généralistes sont aussi très impliquées dans le développement de la robotique.

La VDMA (*Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau*), la fédération allemande d'ingénierie, possède deux départements dédiés à la robotique industrielle. Son rôle est de fournir de l'expertise à l'industrie et d'être un groupe de pression en faveur du monde industriel. Le département robotique est une association de manufacturiers de robots industriels et de systèmes intégrés. Le département de robotique et automatisations est une association composée des manufacturiers de robots de services industriels (aide aux gestes). Les actions menées en faveur de la robotique personnelle de service sont toutefois encore limitées.

La GTAI (*German Trade And Invest*) fait l'analyse et la promotion internationale des industries allemandes. Elle édite notamment la monographie « *The Robotics and Automation Industry in Germany : Market Leadership Powered by German Engineering* » pour inciter les investissements étrangers et nationaux dans la robotique allemande.

Enfin, le Ministère fédéral de l'éducation et la recherche (BMBF) est très impliqué dans le développement de la robotique personnelle de service. Il a lancé en 2005 une initiative nationale destinée à ce domaine (DESIRE) et dont l'objectif est de donner à l'Allemagne l'impulsion suffisante lui permettant d'accéder à une place dominante. Les axes de travail de ce consortium mêlant milieu académique et industriel étaient :

- d'imaginer et expérimenter des solutions technologiques de ruptures pour des composants destinées aux applications clés du quotidien ;
- générer une plate-forme de référence ;
- promouvoir la convergence des technologies ;
- créer une cellule de transfert de compétences vers les start-up allemandes de la robotique de service.

Les résultats de ce projet national qui s'est achevé en 2009 font l'objet de multiples présentations dans les différentes conférences mondiales (CEBIT, AUTOMATICA...) : ce sont notamment de nouvelles interfaces pour l'interaction Homme-Robot et des prototypes fonctionnels de systèmes de service.

Expertise allemande

De par sa culture importante dans le domaine des machines-outils, l'Allemagne a une forte expertise dans les domaines de la mécanique, des composants systèmes et des caméras/capteurs. À terme, le pays souhaite devenir un acteur de premier plan des systèmes intégrés.

Le logiciel est un axe secondaire dont le développement est rapide. L'Allemagne possède des entreprises d'envergure internationale, comme SAP, capables de lui donner du poids dans l'écosystème mondial. Le modèle suivi est celui des États-Unis où des acteurs majeurs tels que Microsoft, Google et Oracle sont engagés dans le développement des systèmes informatiques.

Les leaders de la robotique

Industriels : Kuka, Schunk, Festo...

Institutionnels : IPA Fraunhofer, KIT, Université de Stuttgart, DLR (*Institute of Robotics and Mechatronics*), Université de Ludwig-Maximilians, l'Université Fédérale Allemande des forces armées, l'Université technique de Munich...

Tableau 4 : Positionnement de l'Allemagne sur les technologies clés de la robotique

| | Recherche fondamentale | Technoproviders | Intégration |
|---|------------------------|-----------------|-------------|
| Logiciel système | | | |
| Navigation | | | |
| Logiciel haut niveau et sécurité | | | |
| Perception, capteurs (hardware et acquisition de données) | | | |
| Mécatronique et locomotion | | | |
| IHR (techno et ergonomie) | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés)

Les marchés prioritaires de cette technologie sont pour l'instant ceux des composants. Les types de marchés les plus développés sont encore principalement industriels, comme le montre par exemple l'activité de certains acteurs tels que Kuka demeurant majoritairement orienté vers la robotique industrielle.

La dissémination de la technologie allemande de la robotique de service pourra de toute façon profiter de l'important réseau de distribution et infrastructures logistiques qui ont été développés

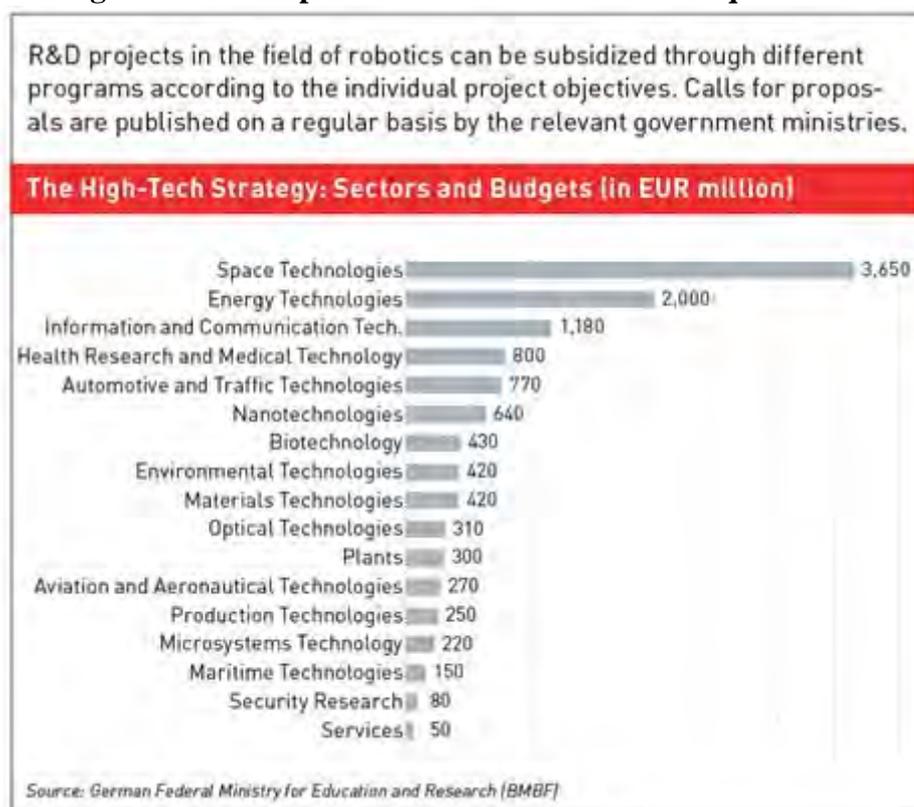
pour la robotique industrielle. La position centrale de l'Allemagne en fait par ailleurs aussi un lieu privilégié pour la production.

Financement

Il n'existe pas de marché interne dynamique favorisant le développement technologique de la robotique de service en Allemagne. Le financement se fait donc par les apports des différentes parties prenantes.

Les pourvoyeurs de fonds institutionnels sont nombreux. On trouve notamment l'Union européenne, le ministère de l'Industrie et celui de l'Éducation et de la recherche. Selon ce dernier, l'Allemagne était en 2008 le premier pays financeur des travaux sur la robotique en Europe, augmentant même ses budgets de près de 9 % par rapport à l'année précédente. Ces montants sont par ailleurs aussi plus élevés que ceux alloués dans des pays comme les États-Unis ou le Japon. Après analyse de la destination de ces enveloppes, on remarquera toutefois que la robotique de service demeurait la discipline la moins bien pourvue (voir graphique suivant).

Figure 15 : Les budgets allemands pour la recherche sur la robotique en 2008



Les financements alloués par l'État fédéral allemand sont aussi destinés à favoriser l'implantation d'entreprises étrangères. Selon une publication de la VDMA, il existe ainsi un certain nombre de dispositifs financiers mis en place pour l'incitation à l'investissement en Allemagne. Ces derniers n'ont initialement pas de spécificités pour la robotique, mais sont tout à fait applicables à la discipline de la robotique de service car, avec une des populations les plus vieillissantes d'Europe, le pays a bien compris l'importance que revêtira la robotique de service et d'assistance dans les années à venir. L'engagement important de l'État envers l'innovation est ainsi un fort moteur pour l'industrie robotique de service et permettra de maintenir la compétitivité de ce domaine en croissance.

Figure 16 : Les incitations financières fédérales en Allemagne, applicables à la robotique

Pour la recherche les financements industriels s'ajoutent aux efforts publics. Ils se matérialisent sous la forme de collaborations de recherche ou de financement de projets. Schunk, Kuka (components) ou encore ABB figurent ainsi parmi les industriels les plus actifs en Allemagne.

Enfin, l'Allemagne est le premier bénéficiaire des financements du 7^{ème} PCRD sur des programmes robotiques.

5.3. ROYAUME-UNI

Le Royaume-Uni n'est pas traditionnellement connu pour son industrie robotique. Le pays ne compte ainsi pas de fabricants significatifs de robots, se contentant alors d'être distributeurs et intégrateurs auprès de l'industrie.

Il existe toutefois des entreprises spécialisées dans la conception de technologies et de systèmes avancés pour la robotique, certains d'entre eux ayant une posture internationale. Les secteurs privilégiés pour le déploiement de ces solutions sont ceux présentant des risques majeurs pour l'intégrité d'un opérateur humain : le nucléaire, les milieux sous-marins, la sécurité et la défense.

Deux des entreprises les plus visibles de l'industrie robotique anglaise sont OC Robotics et Qinetics. OC Robotics crée des bras manipulateurs pour l'inspection et a une renommée mondiale. Qinetics crée des robots militaires défensifs (Talon) et s'est récemment illustré dans la catastrophe de Fukushima par les robots d'inspection qui ont été envoyés pour cartographier les régions à risque.

À leurs côtés se trouvent des entreprises de tailles et aux activités variées. Deux exemples sont Shadow Robot et Merlin Robotics. Shadow Robot est spécialisé dans le développement de la dextérité des mains de manipulateurs pour robots humanoïdes à destination principale du monde de la recherche en universités ou en entreprises (NASA, ABB, Lego). Merlin Robotics propose des robots humanoïdes de petite taille pour la recherche, l'éducation ou le loisir.

Sur le plan de la recherche, il n'y a aucun programme national pour le développement de la robotique, et *a fortiori* de la robotique de service. Les laboratoires anglais sont très dépendants des recherches européennes pour mettre en avant leurs compétences en robotique.

Les universités les plus représentatives sont :

- à Oxford où le groupe de recherche en robotique du département des sciences de l'ingénieur se concentre sur l'imagerie (médicale principalement) et les véhicules robotisés ;
- à Bristol où le laboratoire de robotique (BRL) développe des ensembles complets tels que pour l'assistance aux personnes âgées lors de leurs déplacements extérieurs, des sous-ensembles robotiques tels que des bras, troncs et têtes robotisés pour la robotique humanoïde. Ces composants devraient notamment permettre d'améliorer la communication non verbale et la gestuelle des robots afin de leur assurer une meilleure interaction avec l'humain. Le BRL noue de nombreuses collaborations nationales avec l'Université de Bristol et de l'Université de l'Ouest de l'Angleterre et internationales avec Robosoft par exemple ;
- à Essex des groupes de recherche se concentrent sur la robotique mobile autonome. Ils développent ainsi des compétences sur la robotique inspirée par l'humain, les capteurs (laser, vision, sonar, infrarouge et tactiles), le traitement de données, l'intelligence artificielle (apprentissage automatique, auto-organisation) et l'interaction homme-machine ;
- à Hertfordshire où le groupe sur les systèmes adaptatifs est engagé dans plusieurs projets robotiques européens (LIREC, ROBOSKIN, IROMEC, ITALK). Ces derniers sont principalement orientés vers la médecine et notamment vers le traitement des conséquences de l'autisme (robot Kaspar) ;
- à Londres où l'*Imperial College of London* a développé le robot humanoïde Ludwig servant à la recherche fondamentale en robotique cognitive ;
- à Plymouth où la recherche n'est pas très développée. Il existe toutefois un master spécialisé en robotique de service faisant le point sur la robotique intelligente et interactive, et l'accès à la robotique industrielle et humanoïde de pointe.

Le lien entre milieu académique et industriel n'est pas flagrant en Angleterre. Il existe ainsi peu de clusters dédiés à la robotique ou à la robotique de service. On peut citer deux d'entre eux :

- Bristol, où un centre d'affaires mêlant électronique et robotique (OC Robotics, Humanoid robotics et le laboratoire de l'université de Bristol sur les interactions sociales) mais dont l'activité robotique est limitée ;
- et Harwell, où un nouveau centre européen de l'ESA a été créé : le *Centre for Space Robotics*.

Ce manque de structures s'illustre par ailleurs par un faible réseau associatif pour la promotion de la robotique. La BARA (*British Automation & Robot Association*) est l'une des seules à servir et défendre les intérêts de la discipline auprès des institutions ou des industries utilisatrices. Cette association est toutefois essentiellement tournée vers la robotique industrielle.

Le moteur du développement de la robotique en Angleterre est la recherche collaborative européenne. Ce sont les deuxièmes bénéficiaires des financements PCRD sur des programmes robotiques. Au niveau des pouvoirs centraux, les discussions portent plus sur la bioéthique et la place du robot dans la société. Selon le British Council, le Royaume-Uni est ainsi très dépendant des programmes de recherche européens. Le pays y figure souvent en tant que partenaire, spécialiste de la cognition, plutôt que porteur de projets. La Figure 13 (p.61) donne, pour l'année 2009, les sommes perçues par les laboratoires et entreprises anglais pour financer les recherches sur la cognition en robotique.

On peut donc remarquer une faible visibilité des activités en lien avec la robotique de service en Angleterre. Les compétences les plus proches de ce domaine sont liées aux développements de logiciels portant notamment sur l'empathie, le gestuel, le toucher, la cognition et l'apprentissage (interaction homme-machine principalement). Ces recherches sont alors souvent complémentaires des solutions matérielles de préhension dont ils ont l'expertise.

Les leaders de la robotique

Industriels : OC Robotics, Qinetics, Shadow Robot...

Institutionnels : Universités d'Oxford, de Bristol, d'Essex, d'Hertfordshire, Imperial College of London...

Tableau 5 : Positionnement du Royaume-Uni sur les technologies clés de la robotique

| | Recherche fondamentale | Technoproviders | Intégration |
|---|------------------------|-----------------|-------------|
| Logiciel système | | | |
| Navigation | | | |
| Logiciel aut-niveau et sécurité | | | |
| Perception, capteurs (hardware et acquisition de données) | | | |
| Mécatronique et locomotion | | | |
| IHR (techno et ergonomie) | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés)

5.4. ITALIE

L'Italie est un acteur incontournable de la robotique industrielle. Elle a une longue tradition de l'utilisation de ces machines dans son industrie automobile notamment. Plusieurs entreprises travaillent dans ce domaine et certains industriels représentent le pays au niveau international.

Malgré l'expérience acquise dans ce domaine connexe, l'Italie semble prendre du retard dans la transposition de ses compétences dans le domaine de la robotique de service (personnelle ou professionnelle). Il existe ainsi très peu de fabricants de systèmes robotiques domestiques autonomes : nombreux sont ceux dont les projets robotiques sont encore au stade expérimental : STMicroelectronics a par exemple lancé récemment une initiative pour concevoir et fabriquer *de novo* des composants et matériaux pour l'électronique, la robotique de service en bénéficiera de manière indirecte. Certaines sociétés sont toutefois en phase de commercialisation de produits. Parmi elles, nous pouvons citer :

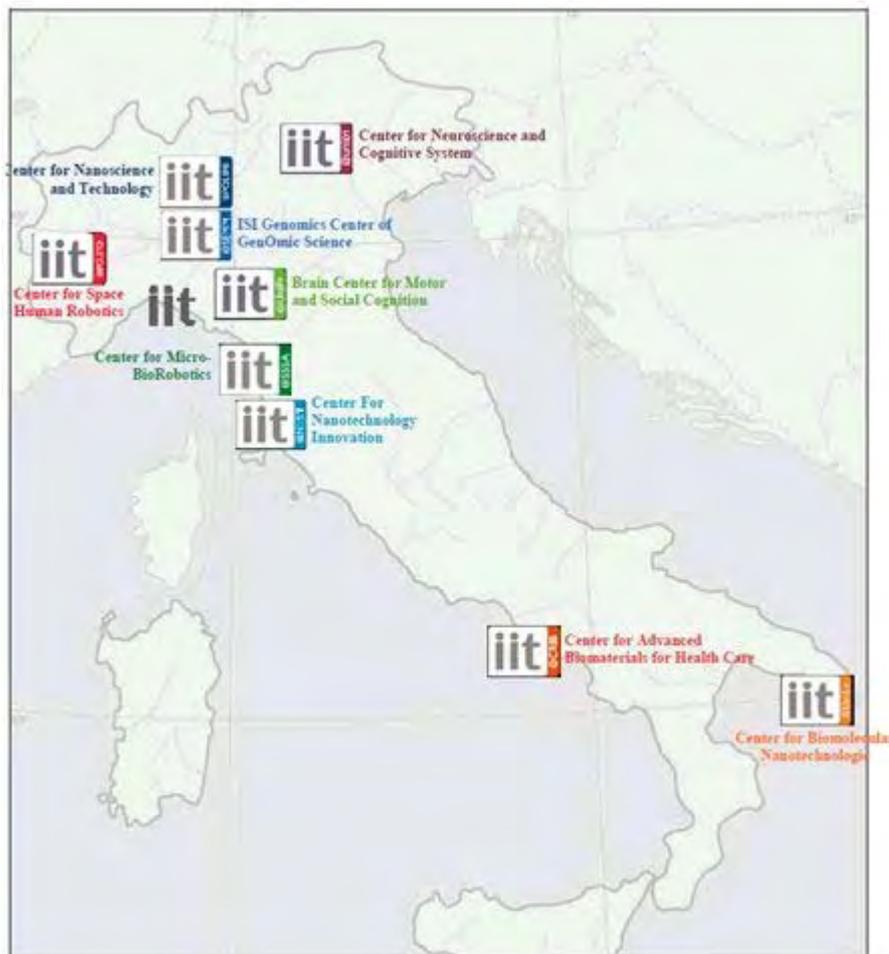
-
- **Genova Robot SRL**, spin-off du département des sciences informatiques et systèmes de l'université de Gênes, fabrique des robots de surveillance et de transport ;
 - **Zucchetti Centro Sistemi**, spécialiste des systèmes automatisés et des logiciels, a récemment développé une division robotique qui conçoit, fabrique et commercialise des robots domestiques tels que des tondeuses, des laveurs de vitres ou encore des grooms pour transporter la nourriture de bétail ;
 - **Surgica Robotica SpA** à Vérone développe en coopération avec l'université *Degli Studi di Verona* un robot de chirurgie.

En tout état de cause, l'industrie semble aujourd'hui encore dans l'expectative du succès de telles machines. La recherche est quant à elle de très bonne qualité en Italie. Elle s'appuie sur un tissu académique reconnu mondialement pour son excellence dans quelques champs d'étude de la robotique. Les scientifiques italiens sont ainsi très impliqués dans les consortiums européens sur la robotique. On peut notamment citer Paolo Dario qui fut coordinateur de nombreux projets européens et est à l'origine de la « *Coordination Action RoboCom* » destinée à monter un projet *flagship* européen pour le développement des robots compagnons citoyens.

Le réseau d'établissements ayant un fort intérêt pour la robotique est l'IIT (*Italian Institute of technology*) qui possède, comme le montre la figure qui suit, plusieurs établissements dédiés à la robotique ou aux sous-systèmes pour la robotique. Sur 9 établissements répartis dans toute l'Italie, 5 ont des thématiques très orientées vers le développement de sous-systèmes pour la robotique.

L'établissement le plus emblématique est probablement l'ITT POLITO dont la mission est d'étudier la robotique humanoïde spatiale. L'institut polytechnique de Turin est le leader international dans la science des matériaux, micro et nanotechnologies, la robotique –notamment humanoïde– et l'aéronautique : pour ces raisons, il a été choisi comme partenaire pour la mise en œuvre du « Centre pour la robotique humanoïde spatiale » qui vise à devenir le lieu incontournable pour la recherche en robotique humanoïde appliquée à l'aéronautique.

Figure 17 : Implantations géographiques de l'ITT



Source : *La robotique industrielle et de service : la place de l'Italie dans le Monde (2011) Jean-Charles Tropolato.*

D'autres universités et centres de formation participent aussi au développement de la filière de la robotique de service.

En Toscane, la *Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa* possède un institut de biorobotique composé de plusieurs laboratoires : ARTSLab, CRIMLab et EZ-Lab Research Center. En l'espèce :

- l'ARTSLab (*Advanced Robotics Technology and Systems Laboratory*) travaille sur les systèmes médicaux : la robotique de rééducation, la robotique d'assistance, la robotique bio-inspirée, la bionique, la robotique humanoïde, les interfaces homme-robot et leurs interactions et la gérontotechnologie ;
- le CRIMLab développe des techniques à l'échelle submillimétrique avec la micro et nanorobotiques et les systèmes bio-inspirés ou bioappliqués ;
- L'EZ-Lab (*Center for Research on the technology and support services for the Longevity*) est destiné à être une référence interdisciplinaire des activités de l'école Sant'Anna pour promouvoir la longévité. Ses activités sont développées à la fois sur des domaines technologiques et organisationnels, fruit de la synthèse et de l'analyse de résultats de recherches menées à l'école et auprès des établissements de santé de la région.

À Gênes, l'université possède trois laboratoires en robotique : le GRAAL, le Laboratorium et le MacLab. Les différents groupes qui y travaillent s'intéressent à de nombreux sujets comme par exemple la robotique mobile, les expressions faciales, les bras et mains robotisés...

À Rome, l'Université *La Sapienza* possède un laboratoire de robotique attaché au département d'informatique et système. Ce laboratoire est tourné vers l'expérimentation et permet aux étudiants de réaliser leur projet de fin d'études. Parmi les thématiques abordées les plus importantes : les robots multisystèmes, les robots d'exploration, les véhicules aériens non habités et les interactions homme-robot.

Les différents acteurs de la robotique sont organisés en parcs scientifiques et technologiques et districts technologiques (districts, équivalents des clusters et pôles de compétitivité) avec une activité significative de recherche dans le domaine de la robotique. Internationalement, les zones les plus visibles sont :

- Le Piémont, région leader en robotique du fait notamment de la présence du leader italien de la fabrication de robots industriels COMAU (un des six plus importants fabricants de robots industriels dans le monde), développe les robots de services professionnels.
- Milan, Bologne et Gênes sont 3 régions qui coopèrent pour développer les systèmes automatisés pour l'industrie, mais leur activité s'étend doucement aux robots de service.
- La Toscane se concentre sur la recherche fondamentale mêlant coopération entre entreprises et laboratoires de recherche. Elle tente de développer des applications terrain pour des robots autonomes tels que des robots médicaux, des assistants de nettoyage de piscine, jardins... Des travaux grandeur nature sur l'acceptation et la fiabilité des robots sont menés dans des villes-tests lors de projets comme le *dustcart* à Peccioli.
- La Ligurie développe la robotique et les systèmes intelligents. Environ 7 000 chercheurs et techniciens y travaillent, dans les domaines de la robotique et des technologies de systèmes intelligents intégrés/embarqués. Ils se partagent entre l'Université de Gênes et plus de 70 entreprises qui composent ce district.

Peu d'associations assurant la promotion de la filière

L'Italie possède peu d'associations ayant une forte visibilité sur la scène mondiale.

Dans le Piémont se trouve par exemple l'« *Associazione Robotica Piémont* » qui contribue au développement de la robotique mobile et de service dans la région à la suite d'une étude sur l'état de l'art de la robotique qui y a été menée. Leur activité semble toutefois restreinte.

Le « *Polo della Robotica* » est une association constituée de 19 petites et moyennes entreprises établies au niveau national et international, de spécialités variées (automatisation, industrie, télécommunication, matériaux, capteurs, mécatronique, bio-ingénierie...) et de quelques partenaires institutionnels tels que l'Université de Gênes, le parc scientifique et technologique de Ligurie, l'association industrielle de Gênes et la chambre du commerce de Gênes. L'association assure la promotion de la robotique mobile (environnements intérieurs, extérieurs/autonome, télécommandée), de la robotique industrielle et de la robotique anthropomorphique. Son action est peu visible.

Les régions sont toutefois les plus actives dans la promotion de la filière. Elles organisent par exemple des conférences internationales comme à Milan où l'évènement ROBOTICA regroupe chaque année les spécialistes mondiaux de la robotique de service humanoïde.

Expertise dans la filière de la robotique de service

L'Italie n'a jamais vraiment assuré le développement des technologies et composants pour robots. Le pays tend ainsi à acheter et adapter ceux existant déjà sur les marchés plutôt que d'en créer. Quelques exceptions de laboratoires tentant de développer des sous-ensembles ou des composants peuvent être soulignées, mais ne donnent pas au pays une place dominante dans ce type d'activité.

La compétence clé italienne réside dans l'intégration : l'Italie excelle ainsi dans la conception et le développement de systèmes complets ayant une utilité et fiabilité avérées. L'Italie est en avance dans le domaine de la fiabilisation et l'acceptation des robots en conditions réelles d'utilisation.

Les leaders de la robotique

Industriels : Comau, Genova Robot, Zucchetti Centro Sistemi, Surgica Robotica...

Institutionnels : IIT, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, l'université de Gênes...

Tableau 6 : Positionnement de l'Italie sur les technologies clés de la robotique

| | Recherche fondamentale | Technoproviders | Intégration |
|---|------------------------|-----------------|-------------|
| Logiciel système | | | |
| Navigation | | | |
| Logiciel haut niveau et sécurité | | | |
| Perception, capteurs (hardware et acquisition de données) | | | |
| Mécatronique et locomotion | | | |
| IHR (techno et ergonomie) | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés).

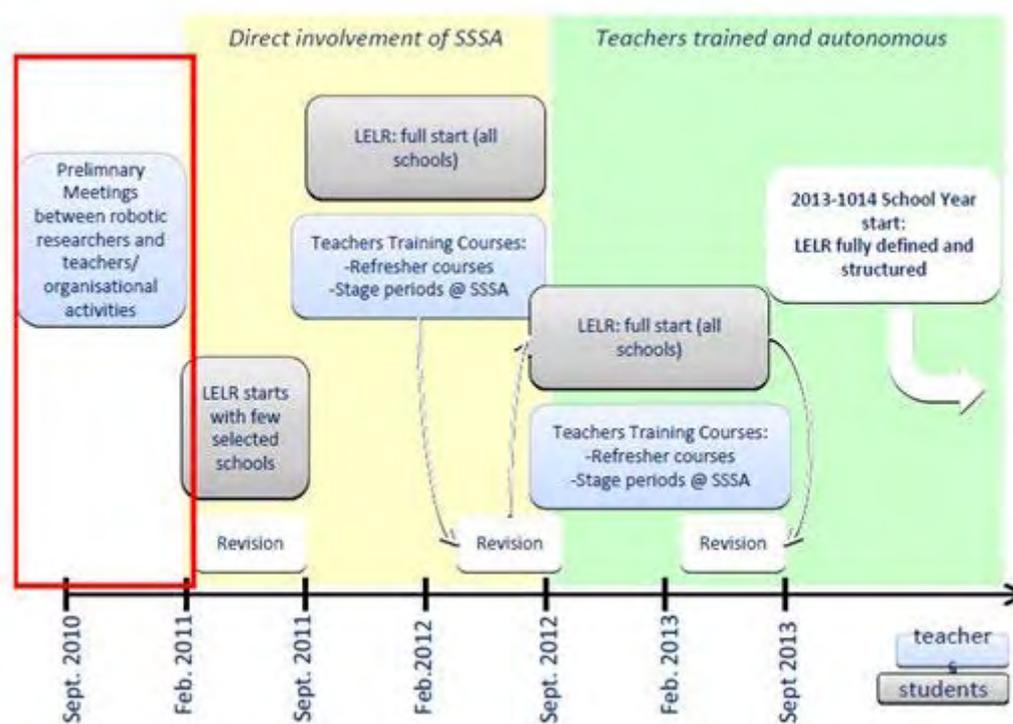
Financement

Il n'existe en Italie toujours pas de marché suffisamment porteur pour financer le développement de la filière de la robotique de service. La principale source de fonds est donc le financement par capitaux privés tels que les *equity funds* ou encore les *capital riskers*. Ces derniers permettent ainsi le lancement de start-up ou de nouvelles lignes de produits/technologies au sein d'entreprises existantes.

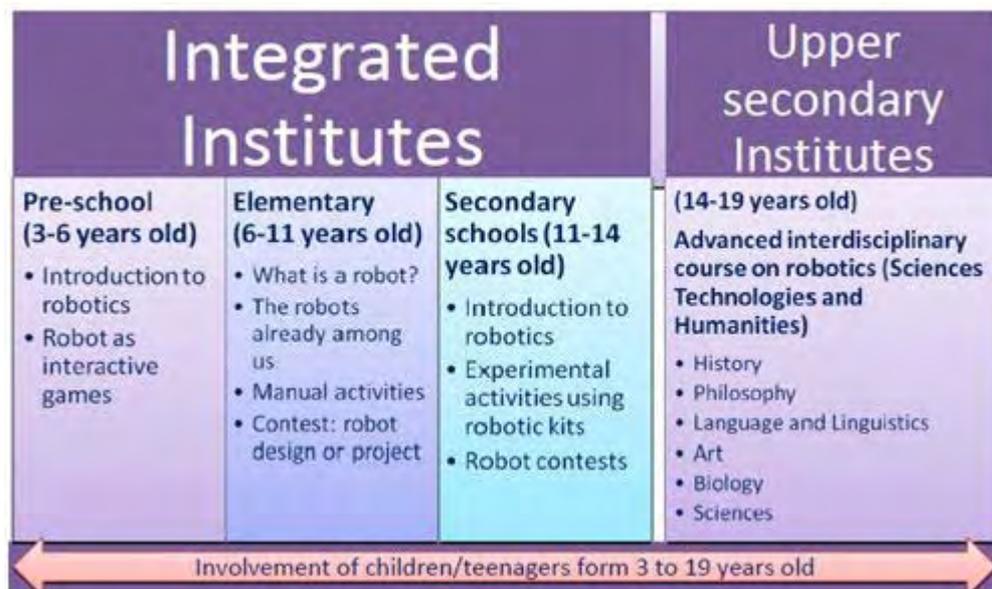
Les financements publics sont quant à eux limités :

- Au niveau national, l'État s'implique peu dans le développement de la filière. Il ne propose ainsi aucune aide financière directe ou indirecte pour le développement de la filière. Au niveau administratif et réglementaire, aucune aide n'est à mentionner. L'inexistence de signaux d'incitation au développement de la robotique de service limite donc son développement : l'industrie serait alors assez frileuse à développer des machines pour lesquelles subsistent d'importants doutes sur le partage des responsabilités en cas d'accidents causés par des robots autonomes.
- C'est plus au niveau des régions que les actions se font sentir. Quelques régions clés ont de forts espoirs dans le développement de la robotique de service (la Toscane et la Lombardie). Ces régions aident alors financièrement la mise en place de programmes de recherche sur la robotique. Elles peuvent aussi assurer la promotion de la robotique pour favoriser son déploiement. Si nous avons déjà cité précédemment l'exemple de la Toscane avec l'expérimentation du *dustcart*, nous pouvons aussi mentionner une initiative importante de la région de Valdera, lancée en février 2011 selon le calendrier qui suit :

Figure 18 : Calendrier du déploiement du projet LELR



Le projet LELR (*Local Educational Laboratory on Robotics*) vise à initier les enfants de 3 à 19 ans à la robotique dans des écoles pilotes – 2 collèges, 2 écoles secondaires et 2 écoles élémentaires – à Pontedera, Capannoli, Lari et Fauglia. Les objectifs précis de cette expérimentation sont présentés dans le diagramme suivant :

Figure 19 : Objectifs du projet LELR (février 2011)

Marchés servis/visés

L'avis des spécialistes est que le marché italien serait encore faible et insuffisant pour donner l'impulsion nécessaire au développement de la robotique de service. Le pays croit par ailleurs plus à la vente de systèmes qu'à celle de composants.

Par conséquent, dans ce domaine, l'Italie se concentre pour l'instant sur les robots médicaux, marché ayant bien émergé et pour lequel les besoins sont clairement identifiés et exprimés : cela concerne notamment les robots d'assistance au geste et à la rééducation.

5.5. ÉTATS-UNIS

Dès le début des années 1900, les États-Unis étaient déjà très impliqués dans la recherche de solutions robotiques télécommandables. Vers la fin des années 1930, les premières études de faisabilité par Pollard et Roselund pour la société Devibiss donnaient lieu au concept de robot peintre. Trois décennies plus tard, les premiers déploiements robotiques mondiaux se faisaient en 1962 chez GM dans le New Jersey, grâce à Unimation fondé par G. Devol.

Depuis, l'industrie américaine (principalement automobile) était devenue forte utilisatrice de la robotique. Malgré ce fort engouement et la naissance des premières applications robotiques industrielles dans le pays, les États-Unis n'ont toutefois jamais développé d'industrie forte de la robotique, qui s'est alors préférentiellement développée en Allemagne et au Japon.

Dans d'autres secteurs, ils ont toutefois développé des expertises assez poussées, notamment dans la défense avec Lockheed Martin, l'agriculture avec John Deere, les mines et travaux publics avec Caterpillar et maintenant les applications domestiques, dont ils sont les leaders mondiaux avec iRobot.

Les États-Unis ont longtemps négligé la création d'une stratégie de développement de l'industrie nationale américaine de la robotique (contrairement au Japon par exemple). Pour la robotique de service, personnelle ou professionnelle, ils ont désormais prévu une *roadmap* afin de piloter cette discipline en croissance, à l'instar de ce qui s'est fait en Europe.

L'écosystème américain fournit des efforts importants sur la recherche et le développement commercial de la robotique de service. De nombreux acteurs le composent avec de gros centres académiques et nombreux petits industriels – il n'y a en effet aucune entreprise de grande envergure aux États-Unis –, ce qui permet aux États-Unis de conserver leur avance.

Une Amérique bipolaire

La majeure partie de l'activité robotique américaine se répartit sur deux grandes zones géographiques : le Sud-Euest et le Nord-Est.

Figure 20 : Carte des entreprises et universités intervenant sur la robotique



Source : Thèse de Master 2010 de Mark van der Brandt, *US technological innovation systems for service robotics* (University of Twente).

Le Massachusetts est la zone la plus densément peuplée en acteurs de la robotique. Plus de 150 entreprises et instituts de recherche se concentrent dans le *Massachusetts Robotics cluster* : les thématiques principales sont la robotique militaire et la téléprésence. La région de Boston comprend les industriels les plus importants comme iRobot et Kiva Systems et les laboratoires de recherche les plus prestigieux comme le MIT et Harvard. L'origine de la robotique dans cette zone géographique n'est pas claire : le MIT est toutefois engagé depuis les années 1950 dans des travaux sur l'intelligence artificielle ; par ailleurs, iRobot est une émanation de travaux d'anciens membres du MIT.

Le MIT est l'un des centres de recherche les plus actifs dans le domaine de la robotique. Il compte plusieurs laboratoires dont les thématiques de recherche sont variées et se concentrent principalement sur l'interaction homme-machine :

- Le *Distributed Robotics Lab* développe de petits modules robotiques indépendants qui accomplissent une tâche en se coordonnant les uns avec les autres.
- Le *Laboratory for Human and Machine Haptics* travaille sur le sens tactile humain (le rôle de la peau, la perception, le retour biomécanique...) pour développer celui des robots et améliorer leur interaction avec leur environnement. Ce laboratoire développe par ailleurs des connaissances dans le domaine de la réalité virtuelle.
- Le *Model-Based Embedded and Robotics Systems Group* fait principalement de la programmation de systèmes à autodétection d'erreurs, de réseaux robotiques, de systèmes adaptatifs.
- Le *Newman Laboratory for Biomechanics and Human Rehabilitation* cherche à comprendre et quantifier les aspects clés de la performance sensori-motrice de l'humain et restaurer les fonctions motrices des personnes affaiblies par la maladie, les accidents ou le vieillissement.

- Le *Nonlinear Systems Laboratory* les principes mathématiques de la stabilité, de l'adaptation et de l'apprentissage afin de les transposer à la robotique. Ils se basent notamment sur des modèles biologiques.
- Plusieurs groupes informatiques travaillent au sein du CSAIL (*Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory*) sur le développement de l'intelligence artificielle notamment pour le développement de la robotique humanoïde. On peut notamment citer le groupe de locomotion robotique ou le groupe de robotique humanoïde.

Pittsburgh comprend un cluster connu sous le nom de Roboburgh ou RoboCorridor. Plusieurs fabricants de solutions robotiques comme General Dynamics, ReSquared et Bossa Nova y sont implantés. L'institut de recherche américain le plus connu travaillant sur les thématiques robotiques personnelles a été fondé en 1979 à la *Carnegie Mellon University*. Les applications principales développées par ce groupement de laboratoires sont la robotique de terrain, les humanoïdes et la vision informatique destinée notamment aux systèmes de navigation autonomes.

À l'ouest, la *Silicon Valley Robotics* s'organise autour de la plate-forme PR2 de Willow Garage. Le rôle de ce cluster est d'assurer la dissémination des technologies robotiques et d'inciter l'utilisation de standards de programmation qui y seraient développés. À terme, la région souhaite devenir un cluster mondial pour la programmation robotique. On y compte de nombreuses compagnies et laboratoires travaillant sur la programmation de logiciels système et d'acquisition de données. Les entreprises phares de la région travaillent aussi bien sur des solutions logicielles que matérielles : on compte par exemple Adept Technology, Willow Garage, Intuitive Surgical et Hansen Medical. Ces industriels sont en étroite collaboration avec les plus grandes universités californiennes que sont Berkeley, UCLA et Stanford.

En marge de ces trois grands pôles d'activités, on compte aussi des clusters non moins actifs.

Selon certains experts américains, les États de New-York, Hawaii et Floride ont une forte orientation vers les solutions logicielles : un exemple représentatif est par exemple Hoaloha Robotics qui réalise des logiciels et des services pour l'assistance des personnes en perte d'autonomie. Cela n'empêche toutefois pas de trouver dans ces différentes régions des entreprises axées sur le développement de solutions matérielles. Par exemple nous trouvons à New-York la compagnie Honeybee Robotics spécialiste de la conception et fabrication de systèmes robotiques (projets spatiaux), capteurs et mécatronique ; en Floride le *Global Robotics Institute* développe la robotique médicale d'assistance à l'acte.

Le Michigan a une longue tradition de l'utilisation des systèmes automatisés pour l'industrie automobile. Afin de reconstruire les emplois détruits lors de la crise traversée par cette industrie, une initiative de création d'un cluster robotique sur les connaissances en automatisation a été prise. Elle est financée par des fonds provenant de l'*US Small Business Administration*. Les applications développées sembleraient surtout orientées vers les applications militaires terrestres.

Le cluster d'Hampton développe une forte spécificité dans les capteurs, notamment pour les applications routières. Ces derniers sont destinés à l'intégration dans des systèmes autonomes. Ce pôle s'appuie sur la renommée et la compétence en matériaux et détecteurs à faisceaux d'électrons de la NASA et du laboratoire Jefferson.

Enfin, des entreprises et centres de recherche fournissent des avancées significatives, mais de manière plus isolée.

On peut par exemple citer, dans l’Oregon, la société Urban Robotics qui développe des solutions logicielles et matérielles pour le géospatial et la surveillance : ce sont notamment des algorithmes pour l’intelligence artificielle et la reconnaissance d’objets, et des solutions capteurs. L’autre exemple important est la GeorgiaTech University qui a longtemps travaillé sur les applications de la JAUS (*Joint Architecture for unmanned systems*) avec Pittsburgh et développe actuellement des thématiques sur les systèmes autonomes et l’acceptation des robots dans la société.

Des associations très actives

Aux États-Unis, une des plus importantes associations pour la promotion de la robotique est la RIA (*Robotics Industries Association*). Le rôle de cette organisation est de fédérer et informer les acteurs de la robotique sur les développements récents de ce domaine, et de promouvoir les différentes solutions techniques américaines au travers de documents scientifiques, techniques, articles de presse. L’association a initialement une action en faveur de la robotique industrielle, elle traite toutefois aussi de la robotique de service.

Les clusters organisent aussi régulièrement des conférences pour augmenter leur visibilité et celle de leurs membres. On peut par exemple citer des évènements annuels tels que le *RoboBusiness Leadership Summit* à Boston ou l’*International Conference on Robotics* à Pittsburgh.

Enfin, les agences américaines organisent souvent des démonstrations et des concours pour doper le développement des technologies. On peut par exemple citer l’« *US Army Robotics Rodeo* », les concours DARPA sur les systèmes autonomes.

Le *Congressional Caucus for Robotics* formé en 2007 sous l’initiative de son président Mike Doyle informe exclusivement les membres du Congrès sur les principales avancées technologiques de l’industrie robotique américaine. Ces informations permettent :

- d’augmenter la sensibilisation générale aux défis et enjeux de la robotique parmi les membres du Congrès et les analystes politiques ;
- d’éduquer les membres du Congrès et le personnel du Congrès sur la R & D actuelle et future ;
- de servir de base de discussion au Congrès lors des forums portant sur les questions politiques relatives à la robotique ;
- de veiller à ce que les États-Unis demeurent compétitifs dans l’industrie de la robotique.

Paradigme américain de la robotique

Les américains sont persuadés que c’est le logiciel qui fait principalement le robot, pas le matériel.

Idéalement les nouveaux robots utiliseraient des standards américains. Les États-Unis ont ainsi toujours tenté de proposer des standards de protocole pour la robotique avec l’appui du *Department of Defense* américain. Ces derniers se baseraient notamment sur la plate-forme PR2 de Willow Garage et son ROS (*Robots Operating System*) que de nombreux scientifiques et industriels utilisent actuellement : c’est le cas notamment de Samsung Electronics. Un exemple de standard SAE qui a par exemple émergé des travaux américains est la JAUS (*Joint Architecture for unmanned systems*) dont le but est d’harmoniser (selon la vision américaine) les formats de données et les protocoles de communication entre nœuds systèmes.

Comme nous l’avons vu précédemment sur l’état des lieux des différentes compétences développées sur le territoire américain, le pays dispose de deux atouts significatifs pour le développement de la robotique de service :

- un haut niveau de maîtrise des logiciels, notamment pour la navigation autonome, la localisation et la navigation (maîtrise du système GPS), et les interactions homme - machine ;
- un savoir-faire indéniable en mécanique hérité de la longue tradition de fabrication de systèmes autonomes pour l’agriculture et le génie civil de compagnies comme John Deer et CAT.

Les leaders de la robotique

Industriels : Irobot, Kiva Systems, Adept Technology, Willow Garage
 Institutionnels : MIT, Harvard, Berkeley, Carnegie Mellon (Pittsburgh), Georgia Tech, NASA

Tableau 7 : Positionnement des États-Unis sur les technologies clés de la robotique

| | Recherche fondamentale | Technoproviders | Intégration |
|---|------------------------|-----------------|-------------|
| Logiciel système | | | |
| Navigation | | | |
| Logiciel haut niveau et sécurité | | | |
| Perception, capteurs (hardware et acquisition de données) | | | |
| Mécatronique et locomotion | | | |
| IHR (techno et ergonomie) | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés).

Outre le fort succès d’iRobot, les compagnies souhaitant développer des plates-formes pour le grand public se heurtent toutefois à de sérieuses restrictions. Selon les informations que nous avons pu recueillir :

- La spécification des standards de sécurité pour les robots aux États-Unis tendrait à trop s’appuyer sur les normes destinées aux machines industrielles. Ces dernières sont trop restrictives et sembleraient alors être un frein au développement de la filière aux États-Unis (augmentation des coûts, ralentissement des développements).
- La question de l’affectation de la responsabilité civile lors de l’utilisation des robots n’est pas encore totalement tranchée. Elle est intensivement étudiée dans des universités telles

qu'Harvard ; ce point, qui soulève beaucoup de questions, retiendrait toutefois aujourd'hui encore les investissements.

- Enfin, très peu de développements se font dans la robotique humanoïde dans laquelle les Américains ne croient pas vraiment. Le pays préfère les machines spécialisées capables de produire de la valeur pour son utilisateur.

Financement de la filière

L'industrie de la robotique domestique, de service et de divertissement est très développée aux États-Unis. Elle bénéficie :

- *d'apports financiers d'un marché dynamique ;*
Le marché américain de la robotique de service (professionnelle ou personnelle) est le plus important et dynamique au monde.
Deux exemples illustratifs sont les ventes de robots de service iRobot, et le fort intérêt pour la robotique d'assistance en milieu hospitalier. Les robots Roomba de la société américaine ont généré en 2010 plus de 250 millions d'euros de revenus. Les robots d'assistance en milieu hospitalier ont déjà trouvé leur place dans de nombreux centres, pour transporter des documents, des fournitures médicales, des repas aux patients, des analyses au laboratoire, des médicaments, des déchets ou du linge sale... C'est le cas notamment de l'hôpital St-Joseph Mercy d'Oakland, de divers hôpitaux du Michigan comme du Medical Center à Pontiac, de St-Joseph's Healthcare à Clinton Township, de St-Mary Mercy Hospital à Livonia ou de Crittenton Hospital à Rochester qui ont tous recours depuis 2006 à des robots de garde permettant aux médecins et aux patients de rester en contact à distance. D'autres centres hospitaliers comme l'hôpital El Camino dans la Silicon Valley déploient le robot Da Vinci S (dès 2007) pour assister les chirurgiens.
- *de fonds privés ;*
Les apports en capitaux proviennent aussi bien de sources américaines qu'étrangères : en 2010, les États-Unis ont ainsi reçu plus d'un milliard de dollars US d'investissement de sources japonaise, coréenne ou européenne selon la *National Intelligence Council*.
- *du dynamisme de grands noms de l'industrie ;*
- l'industrie robotique américaine peut ainsi s'appuyer sur de grands noms et leurs grands projets pour se développer : IBM fait de la recherche sur la sémantique pour la communication avec le WATSON computer ; Intel a fondé un laboratoire de robotique personnelle à l'Institut robotique de l'Université de Carnegie Mellon ; Microsoft développe le système Kinect sur la base de capteurs et la plate-forme gratuite Microsoft robotics studio pour les développeurs, John Deere et CAT font des composants mécatroniques.

Du côté institutionnel, il n'y a aux États-Unis aucune aide directe ou indirecte, de type grands programmes, pour soutenir spécifiquement le développement de la filière robotique personnelle de service.

Les financements annoncés par les plans de relance ou de financement de la recherche concernent toujours exclusivement les applications professionnelles. En 2011, la *National Robotics Initiative* (NRI) lancée par le Président Obama est par exemple exclusivement orientée vers les applications professionnelles. 70 millions de dollars US sont ainsi investis par la NASA, le NIH, la NSF et le département de l'agriculture pour développer des robots pour l'agriculture, la santé et la surveillance. L'objectif principal de ce plan est « d'accélérer le développement et l'utilisation des robots aux États-Unis afin qu'ils travaillent à la place ou en coopération avec les gens » selon le discours du président américain.

La National Robotics Initiative américaine

The goal of the National Robotics Initiative is to accelerate the development and use of robots in the United States that work beside, or cooperatively with, people. Innovative robotics research and applications emphasizing the realization of such co-robots acting in direct support of and in a symbiotic relationship with human partners is supported by multiple agencies of the federal government including the National Science Foundation (NSF), the National Aeronautics and Space Administration (NASA), the National Institutes of Health (NIH), and the U.S. Department of Agriculture (USDA). The purpose of this program is the development of this next generation of robotics, to advance the capability and usability of such systems and artifacts, and to encourage existing and new communities to focus on innovative application areas. It will address the entire life cycle from fundamental research and development to industry manufacturing and deployment. Methods for the establishment and infusion of robotics in educational curricula and research to gain a better understanding of the long term social, behavioral and economic implications of co-robots across all areas of human activity are important parts of this initiative. Collaboration between academic, industry, non-profit and other organizations is strongly encouraged to establish better linkages between fundamental science and technology development, deployment and use.

Two classes of proposals will be considered in response to this solicitation:

- 1. Small projects: One or more investigators spanning 1 to 5 years.*
- 2. Large projects: Multi-disciplinary teams spanning 1 to 5 years.*

As detailed in the solicitation, appropriate scientific areas of investigations may be related to any of the participating funding organizations. Questions concerning a particular project's focus, direction and relevance to a participating funding organization should be addressed to the appropriate person in the list of agency contacts found in section VIII of the solicitation.

Les financements plus spécifiques apportés par les agences nationales telles que la NASA et la DARPA sont principalement destinés au développement de l'informatique, de l'industrie et des applications militaires. Depuis le début des années 2000 on constate de forts investissements dans ce domaine. Ces efforts se traduisent notamment par de longues et importantes vagues de financement du DoD américain. Récemment encore, en parallèle de la NRI, cette agence a ouvert une enveloppe budgétaire de 41 Mds\$ pour l'achat et le développement de systèmes aériens autonomes (drones) sur la période 2012-2014.

Même s'ils excluent formellement les applications personnelles de services, ces financements profitent à leur développement : les nombreuses technologies de pointe développées sont duales et peuvent être transposées à des applications civiles ou personnelles.

La récupération des technologies issues de la défense et de l'aérospatial n'est ainsi pas rare. On peut notamment citer l'adaptation des technologies de la NASA dans les travaux de la *Northeastern University* destinés à fabriquer des robots d'assistance personnelle ou encore dans ceux de Berkeley visant à développer des exosquelettes pour les handicapés au sein du laboratoire de robotique et d'ingénierie humaine.

Marchés visés

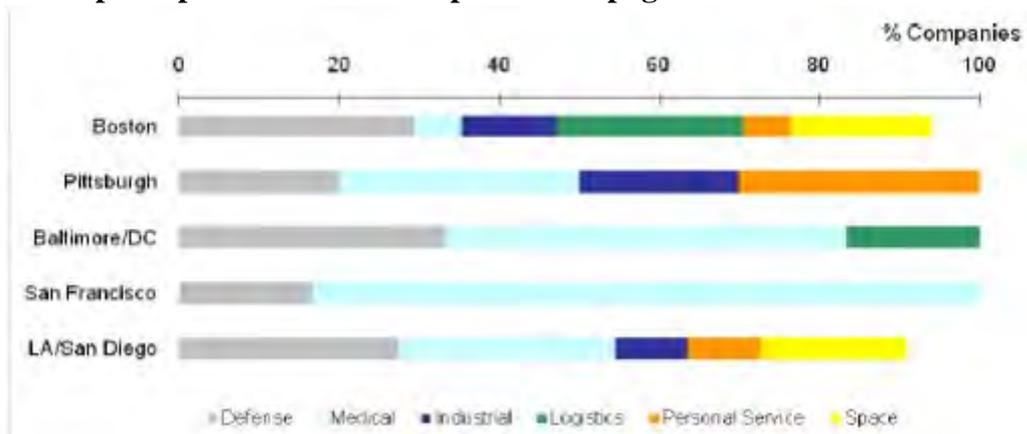
Avec la baisse des prix des composants (lasers, capteurs de mouvements, puces électroniques, composants électroniques) et des techniques (augmentation du pouvoir de calcul ordinateur, diminution du prix des logiciels), les États-Unis espèrent pouvoir développer rapidement des produits plus intelligents et moins chers pour leur marché intérieur, puis pour l'export.

Comme l'avons vu, la robotique américaine se tourne de manière prépondérante vers la défense, le médical et les services pour les professionnels. Le domaine des robots logistiques est par ailleurs un autre type de marché que les Américains souhaitent servir assez rapidement.

La défense sera pour un moment encore un des principaux acheteurs des robots américains. C'est un domaine incontournable comme l'illustre la forte dépendance iRobot, premier fournisseur de robots de service, envers ses autres revenus issus de la vente de systèmes autonomes de défense.

La figure ci-dessous illustre l'activité des compagnies spécialisées dans la robotique dans les principaux pôles d'activité américaine en 2009.

Figure 21 : Les principaux marchés visés par les compagnies américaines de la robotique



Source : Thèse de Master 2010 de Mark van der Brandt, *US technological innovation systems for service robotics* (University of Twente).

5.6. CORÉE DU SUD

Suivant les japonais précurseurs dans ce domaine, la Corée du Sud s'est lancée sur la robotique industrielle à la fin des années 1970. Les grands groupes industriels coréens se sont d'abord fournis en automates pour la production chez leur voisin japonais (notamment dans le domaine automobile) avant de s'atteler au développement de leurs propres robots. Contrairement au Japon, la Corée ne percera toutefois pas de façon spectaculaire dans ce domaine et un seul gros acteur, Hyundai Heavy Industry, est encore aujourd'hui présent sur ce marché.

À la fin des années 1990, la Corée du Sud décide de s'intéresser à la robotique de service. Le Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Énergie (MOCIE) lance alors les premiers programmes de recherche publics dans ce domaine. Dès 2003, la robotique « autonome » est décrétée comme étant un axe prioritaire de développement, et des plans de soutien de la filière se succéderont tous les 3 ans (2003, 2005 et 2008).

Plusieurs raisons ont poussé la Corée du Sud à s'intéresser à la robotique de service, aussi bien pour des usages professionnels que personnels :

- la population coréenne vieillit et le taux de fécondité y est parmi les plus faibles de l'OCDE. Le gouvernement mise ainsi énormément sur la robotique d'assistance aux personnes afin de garantir l'autonomie des personnes âgées ;
- la Corée du Sud possède la maîtrise d'un grand nombre de technologies et une forte expertise dans le domaine de l'électronique et de la mécatronique avec des constructeurs d'électronique grand public de renommée mondiale ;

- les Coréens, particulièrement technophiles, devraient soutenir ces développements en générant un marché intérieur conséquent. La culture de la robotique est aujourd'hui très marquée : dès leur plus jeune âge, les enfants sont habitués aux robots présents en nombre dans les établissements scolaires. Deux parcs d'attraction à thème sur la robotique devraient ouvrir leurs portes dans les années à venir à Incheon et Masan ;
- enfin, le gouvernement coréen considère la robotique de service comme un important vecteur de développement économique et voit à travers cette filière naissante une opportunité de développement majeure du pays.

Au début simple « suiveur » du Japon, la Corée ambitionne aujourd'hui de devenir leader sur le marché de la robotique de service en détenant en 2018 20 % du marché mondial. Autre annonce récente marquante, le gouvernement souhaite qu'un robot soit présent dans chaque foyer coréen en 2020. Tous domaines de la robotique confondus, la Corée du Sud représente aujourd'hui le 4^{ème} marché mondial.

Un écosystème d'acteurs développé

La Corée du Sud présente un grand nombre d'acteurs aussi bien académiques qu'industriels. Une grande partie de ces derniers sont réunis au sein de la Korean Association of Robot Industry (KAR, établie en 1999) qui est actuellement en voie de fusion avec la Korea Robotics Society (KROS, établie en 2003 et plutôt académique). Une autre organisation de moindre ampleur est active : l'ICROS (Institute of Control, Robotics and System, créé en 1994) qui possède une approche davantage centrée sur la mécatronique.

La plupart des acteurs de la robotique sont localisés dans la région de Séoul ou dans différents pôles économiques du nord-ouest du pays. À noter toutefois une initiative récente (2010) de promotion d'un pôle de la robotique regroupant laboratoires et entreprises à Daegu, dans le sud-est du pays : le *Korea Institute for Robot Industry Advancement* (KAIRU).

Plusieurs grandes agences nationales de recherche travaillent aujourd'hui sur la robotique de service : le *Korean Institute of Science and Technology* (KIST), l'*Electronic and Telecommunications Research Institute* (ETRI) ou encore le *Korea Institute of Industrial Technology* (KITECH). Par ailleurs, une cinquantaine d'universités travaillent sur ces sujets en Corée.

Quelques organismes de recherche et universités notables travaillant sur la robotique de service en Corée du sud :

- KAIST (Seoul)
- Pusan National University
- Chonbuk University
- Postech (Pohong University of Science and Technology)
- Korea University
- Seoul National University of Technology

Des collaborations académiques et industrielles sont recherchées par la Corée, notamment avec les États-Unis, l'Allemagne et la France, comme en témoignent les récents contacts avec la filière française, notamment lors du salon Innorobo 2010.

Les premiers investissements industriels dans le domaine de la robotique de service sont venus des grands groupes avec une forte spécialisation en électronique grand public : Samsung et LG. Ces acteurs ont notamment attaqué ces marchés sous l'angle de l'électroménager et de la robotique domestique. Un grand nombre de PME avec des projets plus ou moins spécialisés ont suivi au début des années 2000.

Industriels coréens présents sur la robotique de service

- | | |
|------------------|---------------|
| - Dasatech | - Microrobot |
| - Dasarobot | - Robotiz |
| - ED Corporation | - RoboTech |
| - ETRI | - Samsung |
| - KT | - Woori Tech |
| - LG | - Yujin Robot |
| - Hanool | |

Depuis 2007, la Corée du Sud organise le salon international Robot World.

Robots domestiques et éducation

La Corée du sud constitue le 5^{ème} marché mondial en robotique professionnelle et de services. Tout comme son voisin le Japon, le marché coréen est particulièrement technophile et consommateur d'innovation.

Le premier marché intérieur concerne les robots aspirateurs et de nettoyage qui se sont fortement développés ces dernières années. LG, Samsung et Hanool sont notamment positionnés sur ce segment.

Parmi les autres applications notables en Corée, on peut citer le marché de la robotique pour l'éducation. Les robots sont en effet très présents dans les écoles, l'objectif étant surtout d'habituer les jeunes enfants à la robotique dès les plus jeunes âges. On peut par exemple citer les robots ludo-éducatifs de Yujin dans les écoles primaires ou encore le robot de téléprésence ou autonome Engkey pour l'apprentissage de l'anglais.

Vient ensuite la robotique pour l'accueil et l'information avec des robots de Yujin, Dasatech, ETRI... Ces robots peuvent être à un stade plus ou moins avancé de commercialisation mais ne sont pas encore déployés à grande échelle.

De façon moindre, les acteurs coréens s'intéressent à d'autres applications : la robotique médicale avec le rachat d'une technologie américaine de robot chirurgical par la société Curexo, la robotique de défense et de surveillance avec les robots aEgis, WATCHER ou ARGOS, ou encore la robotique sous-marine avec les robots Ichthus.

Tout comme pour le Japon, le marché de l'assistance aux personnes constitue un axe de recherche et développement prioritaire, mais les projets en cours n'ont pas atteint le stade de la commercialisation à grande échelle. Les Coréens ont par ailleurs un certain nombre de projets de robots humanoïdes en cours (Ahra et Hubo du KAIST, Ceropi du KITECH).

Les robots coréens emblématiques

- Le robot chien Genibo de Dasatech pour prendre la relève de l'Aibo de Sony
- L'iRobiQ à des fins éducatives ou le Galaxy pour l'accueil de Yujin
- Le robot humanoïde Hubo du Kaist

Un investissement des pouvoirs publics conséquent

Même s'il est plus récent qu'au Japon, la Corée du Sud est marquée par un fort engagement des pouvoirs publics dans le soutien la filière robotique. Dès 2003 puis 2005, le gouvernement a sponsorisé un certain nombre de projets de recherche focalisés sur des technologies ou sur la robotique humanoïde.

En février 2008, le gouvernement coréen adopte la *Law on the Development and Distribution of Intelligent Robots*, suivi en septembre 2008 par la *Robot Special Law*. Ces plans visent à promouvoir la robotique « intelligente » par le support de la R & D sur les technologies cœurs et les technologies annexes, le support de la formation, et la promotion de projets multidisciplinaires. Il est alors acté qu'un plan de promotion du développement de la robotique doit être relancé tous les 5 ans par le gouvernement coréen.

Ces plans ont été définis avec le concours de centaines d'experts : le *Korean Robotics Basic Plan Committee*. En mars 2009, le premier plan est établi : 1 000 Mds Won (750 M\$) sont débloqués sur une première période allant de 2009 à 2013, l'objectif est de faire de la Corée une des trois nations majeures sur la robotique. Le deuxième plan, prévu pour la période de 2013 à 2018, vise à en faire le leader mondial.

Parallèlement à ces plans de financement, le gouvernement coréen soutien la demande intérieure en passant des commandes publiques. Le robot iRobiQ de Yujin Robotics a ainsi pu être industrialisé et produit en série suite à une commande de l'État coréen pour l'éducation.

Figure 22 : Points clés du premier plan pour les robots intelligents en Corée du Sud

| Segment | Core Promotion Items |
|---|--|
| 1. R&D targeting key technologies | (1) Formulation of a 5-year R&D investment strategy (2) Diversified R&D strategy based around three core technology groups, to enhance South Korea's technological competitiveness in this field |
| 2. Boosting demand for robots | (3) Implementation of the "Star Project" (4) Promoting the growth of "model enterprises" that can lead the way to early commercialization (5) Building large-scale demand for robots (6) Cultivating the development of the world's most prestigious robotics competition (7) Support for marketing activities to help robotics firms develop both the domestic and overseas markets |
| 3. Putting in place the infrastructure needed for steady growth | (8) Cultivation of a wide range of specialist talent to meet the industry's needs (9) Establishment of standards and certification systems to strengthen trust in the industry's robot products (10) Improving the legal and regulatory framework and the establishment of a robot ethics charter (11) Making effective use of private-sector capital to fund the robotics industry (12) Strengthening support systems to invigorate the robotics industry |
| 4. Building trans-national collaboration | (13) Building up a collaboration system to strengthen robotics industry clusters (14) Creating mechanisms to concentrate the robotics industry's R&D efforts on key areas and energize the industry as a whole (15) Strengthen mutual support and integration between robot industry support centers in different regions of the world |

Source: Ministry of Finance and Economy (South Korea), March 12, 2009.

L'ambition coréenne

La Corée du Sud affiche de grandes ambitions dans le domaine de la robotique de service. Du fait notamment d'un marché intérieur conséquent, le pays est aujourd'hui bien placé sur les segments de l'électroménager (robots aspirateurs) et du robot éducatif, et il espère devenir une des grandes puissances internationales de la robotique dans les années qui viennent. En plus d'un vaste réseau de laboratoires et organismes de recherche, le pays comporte deux groupes majeurs de l'électronique (LG et Samsung) et un grand nombre de PME parfois de tailles conséquentes.

Au niveau des technologies, la Corée du Sud possède une forte expertise en mécanique et en électronique. Elle a par ailleurs une très bonne capacité à aller vers des produits finis et la grande série pour des marchés grands publics. Son point faible concerne plutôt les aspects logiciels, la Corée collaborant d'ailleurs avec des laboratoires américains et allemands afin de bénéficier de leurs expertises sur ces aspects.

Tableau 8 : Positionnement de la Corée du Sud sur les technologies clés de la robotique

| | Académiques | Technoproviders | Intégrateurs |
|----------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Logiciel système | | | |
| Navigation / loc | | | |
| Logiciel haut niveau | | | |

| | Académiques | Technoproviders | Intégrateurs |
|-------------------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Perception et capteurs | | | |
| Mécatronique | | | |
| IHR | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés)

5.7. JAPON

Le Japon est considéré par beaucoup comme le berceau de la robotique à travers les premiers automates construits au XVII^{ème} siècle. Ce contexte culturel couplé à des problèmes de natalité et de vieillissement de la population ont conduit très vite le Japon à s'intéresser à la robotique dans les années 1960. Dès lors, le Japon n'a cessé de se forger une réputation de leader dans ce domaine, le pays est d'ailleurs surnommé le « *Robot Kingdom* ».

Le Japon s'est lancé sur la robotique industrielle dans les années 1960 et 1970 pour accompagner l'automatisation de chaînes de production notamment dans le domaine automobile. Il s'est rapidement positionné comme leader mondial sur la robotique industrielle et ce notamment grâce au soutien d'un fort marché intérieur et l'appui des pouvoirs publics. Cette politique de robotisation accompagnait un besoin en main-d'œuvre lié au contexte démographique du pays et était favorisée par un bon niveau d'acceptation sociale (politique de l'emploi à vie). Au milieu des années 1990, 50 % des robots industriels de la planète étaient au Japon, ce pourcentage étant aujourd'hui redescendu à 36 %. Marquée par les crises économiques successives, la robotique industrielle japonaise est plutôt en déclin ces dernières années.

Dès les années 1970-1980, les premières universités et quelques industriels s'intéressent à la robotique humanoïde. Fujitsu crée notamment un des premiers robots humanoïdes au milieu des années 1970. Dès lors, les robots humanoïdes japonais ne cesseront de se perfectionner, tirés par les nombreux projets d'expérimentation des laboratoires et industriels.

Les travaux sur la robotique de service se sont accélérés à la fin des années 1990, notamment dans la perspective de l'exposition universelle d'Aichi en 2005. On peut par exemple citer le *Humanoid Robotics Project* sponsorisé par le METI et démarré en 1997 qui a permis de développer les versions successives des plates-formes humanoïdes HRP, dont la dernière date de 2010.

Un net ralentissement de l'activité du Japon dans le domaine de la robotique s'est fait sentir lors des dernières crises (2008-2009), ces dernières ayant fortement impacté la robotique industrielle : de nombreuses lignes robotisées ont été arrêtées et la demande pour les robots industriels a fortement chuté (70 % d'exportations en moins en 2009 selon la JARA). Ces crises ont aussi affecté la robotique de service, et les financements pour des projets aux débouchés commerciaux incertains, notamment en robotique humanoïde, se sont taris.

Des industriels leaders de la filière, une force académique qui n'est pas en reste

Deux associations majeures réunissent les acteurs de la robotique au Japon : la *Japan Robot Association* (JARA) fondée en 1973 et à visées commerciales (notamment pour la robotique industrielle) et la *Robotics Society of Japan* (RSJ) fondée en 1983 pour promouvoir la recherche académique.

Sans être toujours structurés à travers un organisme fédérateur, un certain nombre de pôles concentrant des acteurs de la robotique sont identifiables. On peut citer : Fukuoka, Kanagawa (sud de Tokyo), Tochigi (nord de Tokyo), Tsukuba (nord-est de Tokyo), Niigata. La ville d'Osaka va plus loin et souhaite devenir un pôle de référence avec le développement de *RobotCity CoRE* : un campus dédié à la robotique de nouvelle génération.

Les politiques publiques d'investissement sont menées de concert par deux ministères :

- Le Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI)
- Le Ministère de l'Éducation, de la Culture, des Sciences et Technologies (MEXT)

Le *National Institute of Advanced Industrial and Science and Technology* (AIST) est une des agences nationales de recherche japonaises les plus en pointe sur la robotique, notamment avec l'*Intelligent Systems Research Institute* ; ce dernier adopte une double stratégie : développement de robots complets et commercialisables (Paro) et développement de plates-formes de recherche notamment à travers le projet HRP. L'AIST a notamment collaboré avec le CNRS en 2003 pour former le Joint Robotics Laboratory (JRL) et travailler sur la plate-forme HRP-2.

Une cinquantaine d'universités sont actives dans le domaine de la robotique au Japon.

Les universités notables actives en robotique de service au Japon :

- Université de Waseda et le *Humanoid Robotics Institute*
- Université de Tsukuba et ses trois laboratoires en robotique
- Université de Tokyo
- Université de Tohoku
- Université de Ritsumeikan
- Université d'Osaka
- Université de Saga
- Université de Saitama
- *Shibaura Institute of Technology*

Les entreprises ont eu un rôle central dans le développement de la robotique au Japon. Les premiers industriels à s'être intéressés à la robotique de service sont les grands groupes :

- groupes de l'électronique (Fujitsu, Nec, Toshiba, Sony, Panasonic),
- groupes de l'automobile (Honda, Toyota),
- groupes de l'ingénierie (Kawada Industries),
- fabricants des robots industriels (Kawasaki, Fanuc, Yasukawa),
- groupes de BTP (Taisen, Fujita),
- et dans une moindre mesure les prestataires de services télécoms (NTT Docomo).

Beaucoup de ces derniers réalisent des développements avec leurs équipes et leur expertise interne : ce fut par exemple le cas pour le robot Asimo développé par Honda dont seul un algorithme de contrôle a été développé en partenariat avec l'Université de Waseda. Il s'agit pour ces industriels de

démontrer leur savoir-faire technologique. Néanmoins, des alliances entre grands groupes et universitaires existent.

En parallèle de ces grands groupes qui contrôlent souvent les technologies et l'intégration, de nombreuses PME se sont formées pour développer des projets de robots de service spécialisés ou pour fournir des technologies particulières : la moitié des PME de la robotique au Japon ont un rôle de technoproviders.

Le JARA organise l'International Robot Exhibition (IREX) dont une part (l'IREX-SR) est dédiée à la robotique de service (environ 1/3 de la surface du salon contre 2/3 pour la robotique industrielle).

De nombreuses expérimentations

Les entreprises et laboratoires japonais s'intéressent à un grand nombre d'applications et les expérimentations sont nombreuses.

Bien que n'ayant pas tous connu le succès escompté, les robots jouets sont assez présents et constituent un premier marché grand public : on retiendra l'exemple du robot chien Aibo de Sony lancé en 1999 puis abandonné en 2006 faute de succès suffisant. Contrairement à son voisin coréen, le Japon ne s'est que peu impliqué dans les robots domestiques de nettoyage (de type aspirateur).

L'aide à la personne est évidemment un des enjeux importants de la robotique de service et de nombreux travaux peuvent être identifiés sur ce sujet, on peut citer le robot peluche Paro de l'AIST à vocation thérapeutique ou le robot My Spoon de la société Secom pour aider les personnes âgées à s'alimenter. Le robot Paro est aujourd'hui commercialisé à travers une société *spin off* de l'AIST.

On retrouve aussi quelques acteurs positionnés sur la robotique de surveillance et de sécurité bien que cela ne présente pas un enjeu conséquent au Japon (Tmsuk Co, Sogho...), sur la robotique sous-marine pour des applications industrielles d'inspection (Mitsubishi Hi, Eamex Co, Daiichi Kogei), ou encore sur la robotique dans le domaine de la construction (Tasei Corporation, Fujita Corporation).

Par ailleurs, le Japon est la nation la plus avancée en termes de robotique humanoïde : le robot Asimo d'Honda ou encore les plates-formes successives HRP en sont une bonne illustration. Ces développements visent avant tout une optique de démonstration technologique et n'ont pas vocation à être commercialisés, et ce d'autant plus que les usages de la robotique humanoïde ne sont pas encore parfaitement cernés. De façon plus générale, le Japon s'est positionné sur les interfaces homme-robot, et notamment sur les visages robotisés sur lesquels plusieurs entreprises ont une expertise.

Les robots japonais emblématiques :

- Le robot humanoïde Asimo d'Honda (100 M\$ investis en 15 ans par Honda), probablement un des robots techniquement les plus évolués, la dernière version date de novembre 2011 ;
- Qrio puis Aibo de Sony
- Les robots successifs HRP de l'AIST et de Kawada Industries (entre 200 et 300 M\$ investis en une douzaine d'années)
- L'exosquelette HAL développé par Cyberdyne Inc.
- Paro, le robot peluche de l'AIST pour accompagner personnes âgées et malades
- My Spoon, le robot « d'assistance aux repas » de Secom

Un investissement public soutenu

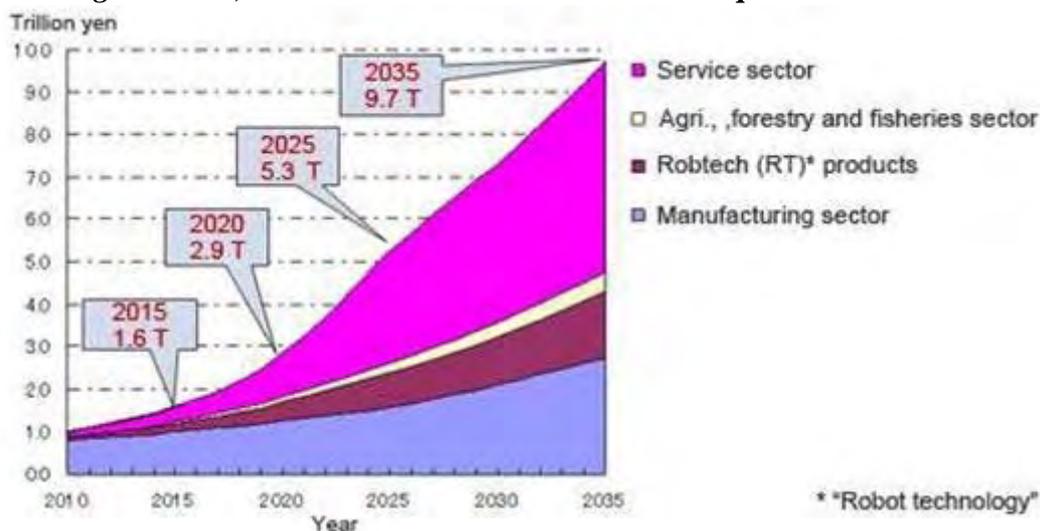
Les pouvoirs publics japonais sont intervenus dès l'émergence de la robotique industrielle afin de soutenir la filière. Depuis la fin des années 1990, le gouvernement a énormément investi sur la robotique d'assistance à la personne et sur la robotique humanoïde. La particularité de la politique de financement japonaise vient de sa structure interministérielle : les ministères se répartissent des thématiques ou applications clés de la robotique et les soutiennent à travers leurs agences de financement.

Dès 2001, le METI a lancé un programme de financement sur 10 ans intitulé *21th Century Robot Challenge*, programme ayant pour objectif de promouvoir la robotique domestique.

En 2006, le *Council for Science and Technology Policy* (CSTP) a identifié dix thématiques clés de recherche pour le Japon dans le domaine des TIC. Une de ces thématiques concernait la robotique et fut adaptée en un programme de soutien interministériel : le MEXT a notamment en charge les robots d'intervention, le METI les robots d'assistance à la personne et le MEC (*Ministry of Internal Affairs and Communications*) les réseaux de robots.

Enfin, la Roadmap technologique du METI de 2010 inclut la robotique comme l'une des 31 technologies clés prioritaires pour le Japon.

Figure 23 : Projections du METI et du NEDO (*New Energy and Industrial Technology Development Organization*) sur le marché mondial de la robotique



Une puissance de la robotique... qui doute

Les Japonais sont aujourd'hui considérés comme étant les leaders technologiques de la robotique dans le monde. Le pays, marqué par de forts enjeux démographiques (vieillesse de la population et manque de main-d'œuvre), affiche une politique ambitieuse de R & D émanant aussi bien du secteur public que du secteur privé.

Leurs forces en R & D sont considérables, et les Japonais développent des robots techniquement très avancés. Néanmoins, la plupart de ces prototypes ont vocation à servir de plates-formes de recherche ou de vitrines technologiques pour l'entreprise ou le laboratoire qui les a conçus.

Les Japonais ont beaucoup communiqué sur la robotique et leur avance dans ce domaine. Cependant, il semble qu’il y ait une certaine désillusion ces dernières années faute de succès commerciaux. De nombreux projets ont échoué notamment à cause du prix final des robots : Roborior (Tmsuk), My Spoon (Secom), Wakamaru (Mitsubishi HI). Les experts s’accordent pour dire que les projets de robots japonais sont technologiquement trop avancés (multifonctions et humanoïdes), trop coûteux et finalement peu adaptés à une commercialisation sur le marché.

Pour ce qui est de leur expertise technique, elle se concentre essentiellement sur les technologies de la mécanique et de l’animation, avec de fortes compétences dans le domaine de la robotique humanoïde, ainsi que les IHR, les interactions, l’expression et la modularité. Les Japonais sont un peu moins présents sur les aspects logiciels et travaillent avec des laboratoires étrangers à ce niveau. Notamment faute de budgets militaires, ils sont aussi assez faibles pour ce qui est des robots tout terrain ou utilisables en conditions difficiles. La récente catastrophe de Fukushima illustre ce constat : dans le pays phare de la robotique, ce sont bel et bien des robots américains qui ont participé à l’inspection des réacteurs endommagés.

Tableau 9 : Positionnement du Japon sur les technologies clés de la robotique

| | Académiques | Technoproviders | Intégrateurs |
|-------------------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Logiciel système | | | |
| Navigation / loc | | | |
| Logiciel haut niveau | | | |
| Perception et capteurs | | | |
| Mécatronique | | | |
| IHR | | | |

(inférieur à la moyenne des pays analysés ; dans la moyenne des pays analysés ; supérieur à la moyenne des pays analysés).

5.8. TAÏWAN

Dans les années 1980, le gouvernement taïwanais favorisait le développement de l’automatisation de l’industrie. Cependant, le développement de robots industriels n’était pas satisfaisant car les entreprises taïwanaises devaient importer les technologies clés, ce qui rendait la filière peu rentable. Les entreprises locales ont donc commencé à développer des produits connexes à la robotique industrielle.

Dans les années 1990, l’importation de robots industriels a fortement augmenté en raison du fort développement de l’industrie des TIC. Les entreprises locales se sont alors spécialisées dans l’intégration de systèmes et de services à valeur ajoutée, et des compagnies locales ont commencé à développer des technologies clés comme des serveurs et des moteurs.

À partir des années 2000, le gouvernement a lancé un programme de développement et de promotion de la robotique intelligente afin de répondre aux futurs besoins en robotique de service. En effet, à Taïwan comme au Japon, la population continue de vieillir et le taux de naissance reste faible, le développement de la robotique de service est donc essentiel.

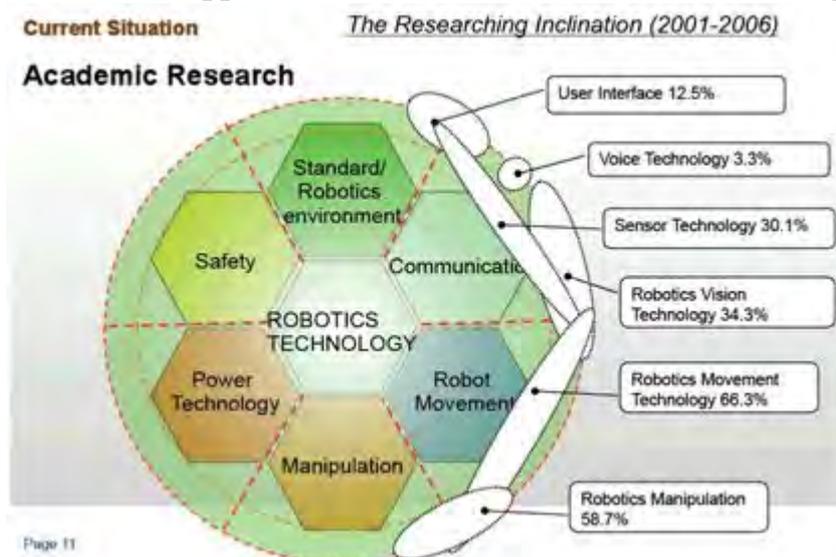
Les entreprises locales ont ainsi commencé à se développer et des prototypes de robots ludo-éducatifs, de sécurité, de nettoyage, de compagnie... ont commencé à voir le jour.

Les acteurs

Un seul acteur académique identifié à Taïwan travaille sur la robotique : la *National Taiwan University*. Cette université possède un laboratoire de robotique qui mène des recherches sur les bras robotiques, les humanoïdes, les robots mobiles (exploration, patrouille de sécurité...), les robots d'inspection de tuyaux et les robots joueurs de football.

L'*Industrial Technology Research Institute* (ITRI) est un organisme national de recherche qui a servi de pionnier dans le développement de l'industrie high-tech de Taïwan. Cet organisme regroupe 87 chercheurs et travaille sur 130 sujets de recherche dont notamment les robots de sécurité intelligents (détection d'intrusion, de fuite de gaz, de changement de température, patrouilles) et des robots de compagnie.

Figure 24 : Tendances du développement de la recherche taïwanaise en robotique



Source : Shieh Cheng-Han (ROBOAT - TW)

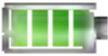
En ce qui concerne le tissu industriel, l'entreprise Robort semblerait être un des seuls développeurs privés de robots de service à Taïwan. Les entreprises qui investissent dans la recherche en robotique de service sont les fabricants de l'IT, des intégrateurs tels que Microstar, Shin Kong Security Co, BenQ, Via Technologies, Quanta, Mirle et Teco.

L'association ROBOAT (ROBOTics Association Taiwan), qui existe depuis 1996, est le principal regroupement d'acteurs de la robotique : elle est forte de 180 membres dans 98 entreprises. ROBOAT a fusionné en 2011 avec TSMEA (Taiwan Society of Manufacture Engineering and Automation Technology) pour former TAIROA (Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association).

Pour sa visibilité, Taïwan organise annuellement un évènement international incontournable pour le monde de la robotique : le TIROS (Taipei International Robot Show). Cet événement est organisé par le *Industrial Development Bureau* (IDB), le *Department of Industrial Technology* (DoIT) et ROBOAT, et réunit les acteurs mondiaux de la robotique industrielle et de service.

Expertise

Tableau 10 : Positionnement de Taïwan sur les technologies clés de la robotique

| | Recherche fondamentale | Technoproviders | Intégration |
|--|---|---|---|
| Logiciel système | Non renseigné | Non renseigné | Non renseigné |
| Navigation | Non renseigné | Non renseigné | Non renseigné |
| Logiciel haut niveau et sécurité | Non renseigné | Non renseigné | Non renseigné |
| Perception, capteurs (hardware et acquisition de données) | Non renseigné | Non renseigné | Non renseigné |
| Mécatronique et locomotion |  |  |  |
| IHR (techno et ergonomie) |  |  |  |

( inférieur à la moyenne des pays analysés ;  dans la moyenne des pays analysés ;  supérieur à la moyenne des pays analysés).

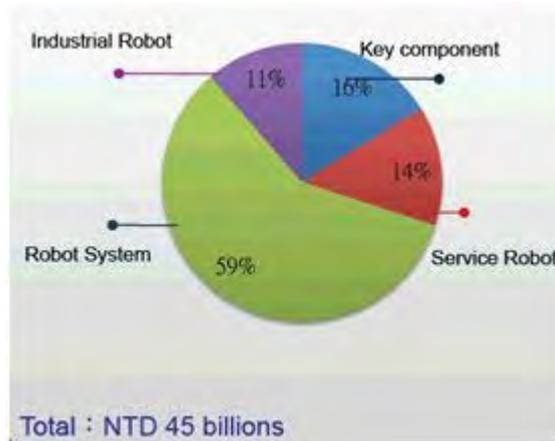
Applications et marchés

La priorité du pays en matière d'industrie robotique a longtemps été le développement de la robotique industrielle.

Le marché est plutôt tiré par une demande en robotique industrielle. En effet, pour le moment, le marché de la robotique de service est peu développé et la demande est faible, ce qui ne favorise pas le développement de la filière. Cependant, cette tendance est en train de changer au profit de la robotique de service grâce à la politique du gouvernement taïwanais qui souhaite devenir une plateforme incontournable dans la conception et le développement de la robotique intelligente.

En 2007, l'industrie de l'intelligence robotique pesait 24,2 milliards de NT\$, soit environ 600 M€ ce qui représentait 5,57 % du marché mondial. L'objectif est d'atteindre 125 milliards NT\$ (3,1 Mds€) en valeur de production d'ici 2015.

Figure 25 : Répartition de l'activité de l'industrie taïwanaise en 2010



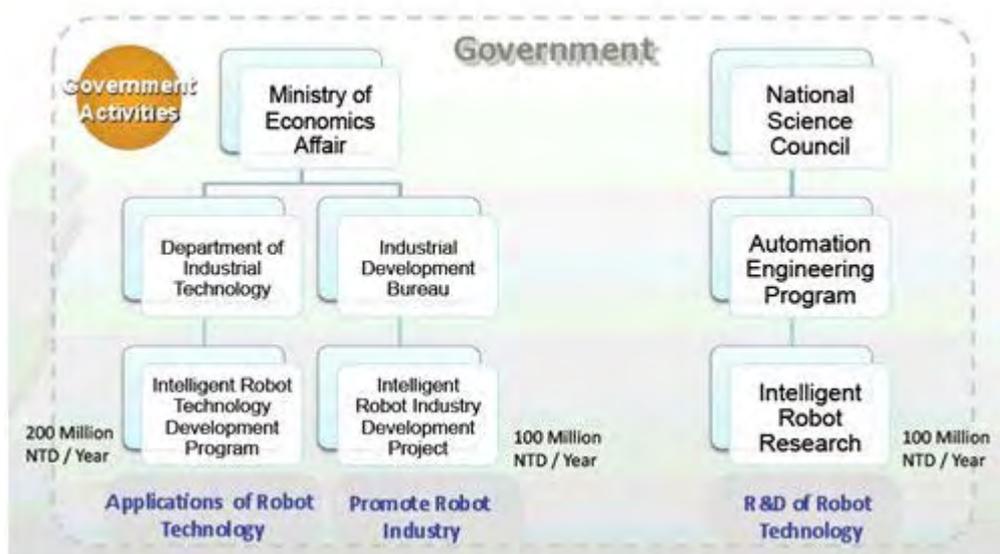
Source : Shieh Cheng-Han (ROBOAT - TW).

Politiques publiques

La robotique de service étant prometteuse, le gouvernement taïwanais l'a désignée comme « industrie de la nouvelle génération » et l'a ainsi incluse dans son « plan de promotion pour l'augmentation des investissements dans les technologies émergentes », ce qui a permis un financement de la filière de 2 milliards NT\$ (50 M€) sur 5 ans.

Le gouvernement taïwanais continue son action de soutien en lançant la « Stratégie de développement de la robotique intelligente et de ses applications », qui a pour but de positionner Taïwan comme l'un des leaders de la conception et de la fabrication de robots intelligents dans le monde.

Figure 26 : Schéma de financement public du soutien à la filière robotique



Source : Shieh Cheng-Han (ROBOAT - TW).

Synthèse

La robotique intelligente combine différents modules en se concentrant sur l'intégration. Comme Taïwan possède un tissu dense d'intégrateurs (capteurs de distance, imagerie, interfaces homme-

machine, systèmes de pilotage, plates-formes de contrôle, systèmes énergétiques, puces de contrôle...), l'île a potentiellement une forte capacité de production.

Cependant, Taïwan possède des lacunes sur certaines technologies clés (les principaux modules, les plates-formes partagées, les prototypes...). De ce fait, ces éléments essentiels sont détenus par des entreprises étrangères, ce qui les oblige à payer des licences et donc à réduire les profits.

Taïwan a donc de grandes ambitions mais possède un retard certain sur ses voisins japonais et coréen.

5.9. CHINE

En Chine, la recherche en robotique a démarré dans les années 1980 : à partir de 1986, des programmes gouvernementaux s'y intéressent et notamment le programme national 863. Ce dernier a été lancé en 1986 par le Ministère des sciences et de la Technologie (MoST) afin de favoriser le développement économique du pays. Il se compose de plans quinquennaux, dont chacun se focalise sur des domaines et des thèmes précis. C'est ainsi que les 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} plans quinquennaux (de 1986 à 2000) possédant des objectifs de croissance dans les nouvelles technologies ont permis le développement de la filière robotique.

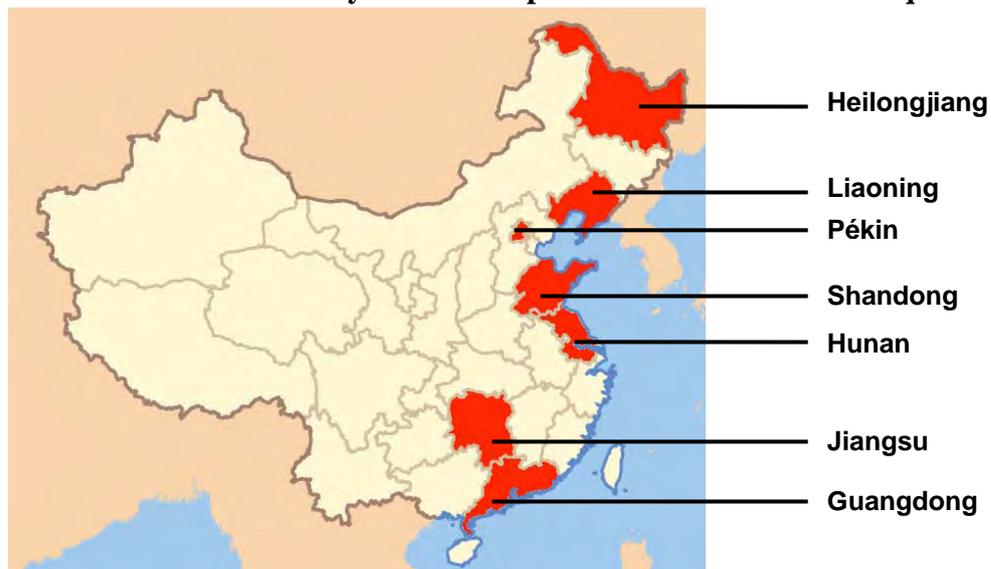
Il est à noter que la Chine communique encore assez peu vers l'extérieur sur ses avancées dans le domaine de la robotique.

L'agence Chine Nouvelle a annoncé la mise sur le marché prochainement d'un robot domestique fabriqué par Xinsong automation. Ce projet avait été classé projet national clé par le gouvernement afin d'anticiper les problèmes liés au vieillissement de la société. Ce robot est donc capable de donner de la nourriture ou des médicaments, de déclencher des alarmes en cas de fuite d'eau ou de gaz, d'envoyer des SMS ou des vidéos sans support filaire, de chanter une chanson ou de jouer aux échecs. La réalité de cette mise sur le marché n'a pas pu être vérifiée.

Des acteurs essentiellement académiques

Dès 1985, la Chine se dote d'une association robotique, la *CAA Robotics Society*, qui a pour but de promouvoir le développement et populariser la robotique, ainsi que de renforcer les échanges entre les acteurs dans le pays. Pour cela, elle organise tous les deux ans une conférence nationale sur la robotique, elle publie un journal bimensuel « ROBOT » (journal rédigé en chinois avec seulement les titres et un résumé disponible en anglais), et organise ou sponsorise différents événements robotiques. Cette association est composée de plus de 260 personnes venant de 100 universités, instituts de recherche et entreprises différentes.

Nous pouvons d'ailleurs identifier plusieurs régions actives dans le domaine de la robotique grâce à leur tissu académique et industriel.

Figure 27 : Provinces chinoises ayant des compétences notables en robotique

Heilongjiang

La province de Heilongjiang est très présente sur le secteur de la robotique notamment grâce au campus d'Harbin constitué de l'Institut de Technologie (HIT), de l'Université Polytechnique et de l'Université de Science et de Technologie.

Le HIT se distingue particulièrement pour ses divers travaux autour de la robotique : développement d'une main robotisée en collaboration avec le centre allemand de l'aérospatial (DLR), de robots d'assistance aux personnes âgées (dans le cadre d'un projet national clé), d'un robot expressif (parole et gestes) destiné à l'éducation préélémentaire et également de robots de démonstration technologique comme un robot danseur.

L'Université Polytechnique d'Harbin travaille, quant à elle, sur le développement d'un robot médical intervenant dans des opérations chirurgicales en collaboration avec plusieurs centres de recherche en robotique dont l'institut de robotique de l'Université de l'Aéronautique et d'Astronautique de Pékin. Ce projet est financé dans le cadre du projet 863.

Enfin, l'Université de Science et de Technologie de Harbin travaille sur la création d'un robot capable de jouer au football et de robots sous-marins.

Liaoning

L'Institut d'Automatique de l'Académie des Sciences de Chine (CAS) ainsi que l'Institut d'Automatique de Shenyang développent de nombreux projets robotiques.

Le CAS travaille en particulier sur les véhicules sous-marins autonomes tels que les poissons bioniques, des robots détecteurs de mines ou d'exploration des fonds marins. Il concentre ses recherches autour des mécanismes de structures, le déplacement et le contrôle de ses robots subaquatiques.

L'Institut d'Automatique de Shenyang travaille sur différents domaines : la robotique humanoïde (robot BHR), les robots médicaux (robot orthopédique, robot de chirurgie nasale, de chirurgie mini-invasive rachidienne), ainsi que le développement d'une plate-forme robotique antiterroriste (WeiFu Robot) capable de traquer et désamorcer des charges explosives mais également d'effectuer des missions de recherche et de sauvetage en milieu urbain.

De plus, un tissu industriel s'est formé à Shenyang afin de porter au niveau industriel les activités de recherche. Cependant ces entreprises se sont plus tournées vers la robotique industrielle : Siasun Robot & Automation Co., Ltd (affiliée à l'Académie des Sciences de Chine), Microcyber Inc., Xinsong, Advanced Manufacturing Technology Industrial Development Company, Ltd. (zone industrielle orientée vers la recherche en haute technologie et l'industrialisation de robots et d'équipements d'automatique).

Pékin

La région concentre des instituts, des centres de recherche et des entreprises qui développent des activités R & D en robotique. Deux instituts se distinguent : l'Institut de Robotique de l'Université d'Aéronautique et d'Astronautique de Pékin (BUAA) et l'Institut de Technologie de Pékin. Leurs travaux portent sur :

- la robotique humanoïde (robot BHR) : l'Institut de Technologie de Pékin a été sélectionné pour la première phase et le BUAA pour la seconde.
- la recherche sur les poissons robotisés (recherche sur la structure mécanique mais également systèmes de contrôle). D'ailleurs le BUAA a développé le premier robot poisson chinois en 1999.
- la robotique médicale : l'Institut Technologique de Pékin a travaillé sur un robot orthopédique et la chirurgie buccale et le BUAA a développé quant à lui un système robotique de chirurgie orthopédique de la jambe ainsi qu'un robot d'assistance à la neurochirurgie.

Côté industriel, l'entreprise pékinoise Hangoog, soutenue par l'État chinois, développe de petits robots humanoïdes destinés principalement à la recherche et à l'éducation. Leurs robots sont conçus en Chine, « sans apport de technologie extérieure ».

Shandong

La province du Shandong s'illustre particulièrement dans le domaine de la robotique aussi bien au niveau de la recherche que de ses activités industrielles.

Le tissu académique est important sur des thèmes de recherche variés. L'Université du Shandong, à Weihai, et l'Université de Technologie du Shandong ont déjà travaillé sur des projets de robots détecteurs de mines et de robots de service. L'Institut d'Automatique de la *Shandong Academy of Sciences* mène des recherches sur la robotique industrielle et de service.

Le Centre de Recherche en Robotique de l'Université des Sciences et des Technologies du Shandong a mené à bien des expériences de téléguidage électronique sur des pigeons et des souris, et mène des recherches en robotique animale. Le centre de robotique de l'Université du Shandong s'intéresse à de nombreux thèmes tels que des plates-formes robotiques ultras rapides, un robot quadrupède (ressemblant au BigDog américain), les robots de détection de mines et de sauvetage et les robots terrestres de reconnaissance ignifugés.

À côté de ces universités et instituts, la province du Shandong possède le *Key Laboratory of Engineering Technology* ainsi que des plates-formes d'innovation technologique travaillant autour du développement, de la production, de l'intégration de systèmes et de services en robotique.

Pour ce qui est des acteurs industriels, l'entreprise Jinan semble occuper une place importante dans l'écosystème robotique de la région.

Hunan

L'Université Nationale de Technologie de Défense, basée à Changsha, travaille sur un robot humanoïde appelé Blackmann. Elle réalise également des études sur les systèmes de stabilisation et de contrôle de robots mobiles.

Jiangsu

La *Southeast University*, à Nanjing, mène des travaux sur les systèmes de détection d'objets et d'individus (reconnaissance visuelle) et la manipulation d'objets par des robots.

Guangdong

Le tissu industriel de la province a entraîné le développement d'entreprises spécialisées dans la robotique telles que la Fangxing Science and Technology Co. Ltd à Shenzhen, qui a réalisé un robot cuisinier ou la New Concept Aircraft Co., Ltd., à Zhuhai, qui a développé un gecko robot mécanique appelé « Speedy Freelancer » pouvant se déplacer sur les murs rapidement et éviter les obstacles.

Un soutien des pouvoirs publics modeste

La robotique en Chine a pu décoller grâce au programme 863 et ses projets nationaux clés qui ont permis de financer de nombreuses initiatives. Ce programme a particulièrement aidé la robotique humanoïde qui a reçu en 2001, pour une période de cinq ans, une enveloppe de 17 millions de yuans (environ 1,7 million d'euros). Grâce à cette aide, différentes universités et instituts ont pu collaborer afin de développer différents prototypes de robots humanoïdes (BHR-1,2 et 3).

L'effort pour le développement de la robotique n'a pas été que national, certaines provinces ont aidé localement la recherche et l'industrie. C'est par exemple le cas du gouvernement de la province du Shandong qui a lancé une politique de financement afin de soutenir l'innovation et le développement de l'industrie robotique. Cette politique touche en particulier les domaines de la R & D pour les secteurs de la défense, des équipements de sécurité, de la fabrication de robots industriels, des extractions de pétrole et des ressources minières ou des services à la famille. De même, la province a mis en place une politique d'allègements fiscaux et d'aides pour les entreprises de ces différents secteurs.

Une ambition et des moyens pour le moment limités

Les programmes d'aides nationaux et locaux ont permis à la Chine de se doter d'un tissu académique et industriel ainsi que d'équipes de recherche de qualité dans tous les domaines de la robotique (médicale, humanoïde, industrielle, de défense, domestique...). Cependant, le pays reste encore assez loin derrière les leaders mondiaux (Japon, Corée, États-Unis, Europe). La Chine ne semble pas vouloir combler cet écart pour le moment, la priorité étant pour elle de répondre à des besoins intérieurs (militaires, scientifiques...) et de s'affirmer dans ce domaine de recherche. À noter par ailleurs que la faible coordination des programmes de robotique au niveau national crée une forte compétition interacadémique que certains observateurs jugent néfaste (dispersion de l'effort).

5.10. LE RESTE DU MONDE

Les pays mentionnés précédemment présentent tous une spécificité nationale qui permettait de les caractériser de manière globale. D'autres pays possèdent aussi des programmes robotiques, mais les développent d'une manière plus localisée. On peut notamment citer l'Australie, la Suède, la Suisse et le Danemark.

L'Australie dispose de très fortes compétences dans le domaine des robots de terrain et des systèmes de navigation autonome. Le pays fait ainsi partie des plus grands fabricants de robots pour la logistique et les activités minières. L'Université de Sidney possède un centre de recherche sur la robotique dont la réputation mondiale n'est plus à faire : *l'Australian Center of Field Robotics*. Ce centre assure le développement de systèmes de positionnement, de capteurs et des logiciels nécessaires pour leur exploitation.

À la manière des autres pays asiatiques, Singapour affiche ses ambitions dans le domaine de la robotique. Depuis 2010, l'*Economic Development Board* souhaite faire du pays un hub pour la commercialisation de robots de service. Quatre grands thèmes en relation avec les besoins de l'économie singapourienne et de sa région : logistique, médical, l'inspection d'infrastructures et les transports. À côté de cela, Singapour conserve une petite force académique notamment à travers le *Centre for Robotics and Artificial Intelligence* de l'université *Singapore Polytechnic*.

En Suède, de nombreuses compagnies d'envergure internationale ont un intérêt dans la robotique. Cela vient du fait qu'elles travaillent sur ce domaine, comme ABB (robotique de service professionnelle et robots forestiers), ou qu'elles souhaiteraient développer des technologies robotiques dans leurs produits, c'est le cas notamment de Philips (robots industriels) et Electrolux (robots aspirateurs). L'environnement suédois est ainsi idéal pour le développement de la robotique de service personnelle, surtout dans le domaine ménager. L'activité reste toutefois très industrielle comme le montre l'orientation à plus de 50 % de l'activité d'ABB, seul spécialiste robotique, dans le domaine des robots industriels.

La Suisse possède, selon les données de l'IFR, un attrait très marqué sur les applications robotiques de loisir et d'éducation. Deux faits significatifs ressortent : des travaux importants dans le domaine des actionneurs sont menés à l'EMPA pour développer les EAP (*Electro Active Polymers*) qui miment les contractions des muscles ; il existe par ailleurs une fondation Suisse dédiée à la robotique sous le nom de Swiss Mobile Robotics qui est un consortium de start-up issues de laboratoires universitaires dont l'objectif est de mieux représenter les intérêts de la robotique Suisse. Les sociétés représentées sont par exemple BlueBotics (robots autonomes d'intérieur pour le loisir et l'assistance aux personnes en perte d'autonomie), Cyberbotics (logiciels de programmation pour la plate-forme e-puck de GCTronic), K-Team (plates-formes robotiques pour la recherche et l'éducation), GCTronic (assurant le développement et la commercialisation de l'e-puck conçu à l'école polytechnique fédérale de Lausanne), Neuronics (bras robotique et intelligence artificielle) ou FiveCo (bureau d'étude pour l'intégration de systèmes).

Au Danemark, il y a actuellement un fort intérêt pour la robotique professionnelle. Il existe ainsi un cluster danois regroupant des entreprises dont l'activité est centrée sur les technologies robotiques pour des secteurs comme la santé, l'agriculture et l'industrie. Un communiqué du ministère des affaires étrangères danois invite ainsi les investissements étrangers. Le Danemark posséderait ainsi les ressources nécessaires pour assurer le développement de la robotique médicale (des formations et des financements adaptés), des besoins identifiés pour la robotique agricole (production alimentaire et animale) et enfin une expertise importante pour le développement de nouveaux robots de production. Les compétences mises en avant par le Danemark sont l'intelligence artificielle, la programmation robotique, la construction de bras multiaxes, les technologies de préhension et les capteurs.

Pour finir, l'Europe s'organise depuis un certain temps maintenant pour réunir et amplifier rapidement les synergies au profit de la robotique industrielle et personnelle. Deux grands groupes de travail ont ainsi été montés pour réfléchir aux axes stratégiques européens : les programmes

EURON et EUROP. EURON se concentre sur les intérêts de la recherche européenne. La carte qui suit montre les différentes parties prenantes du groupe EUROP, centré sur les problématiques de l'industrie robotique.

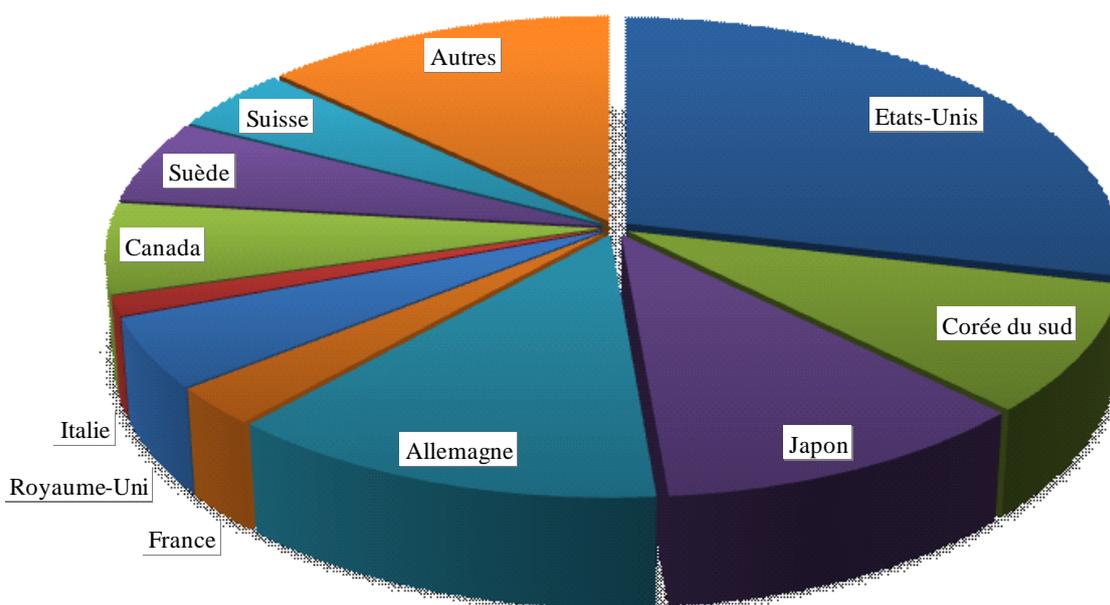
6. CONCLUSIONS

6.1. DES CONCENTRATIONS RÉGIONALES DIVERSES

Nous avons tenté d'estimer les forces en présence sur les différentes zones géographiques. Ces estimations sont basées sur des données d'origines diverses, et ont donc un niveau de précision très différent d'une zone à l'autre. Dans tous les cas, le recensement des acteurs fait par l'IFR dans ses études constitue une base de travail, fournissant un chiffrage *a minima* des entreprises constituant les écosystèmes nationaux.

Parmi ces entreprises, la répartition des acteurs recensés par l'IFR est présentée sur la figure suivante. Ces chiffres sont intéressants, mais des biais sont introduits par le fort historique de l'IFR et des sources exploitées dans la robotique industrielle.

Figure 28: Répartition des entreprises de robotique de service recensées par l'IFR



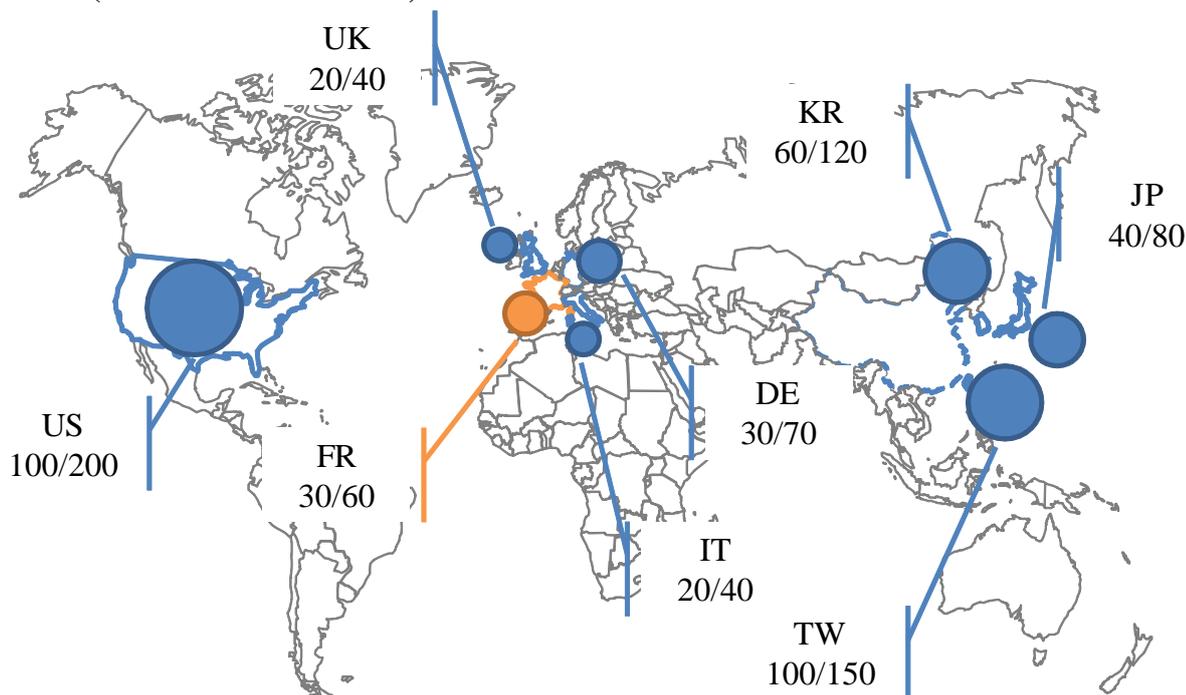
Source : IFR, World Robotics 2011.

Sur la base des différentes sources exploitées par la présente étude, nous estimons sur la Figure 29 le nombre d'entreprises de la robotique de service dans les principaux pays analysés. Dans les chiffres présentés, nous soulignons les points suivants :

- Taïwan affiche un grand nombre d'entreprises dans la robotique, mais il s'agit principalement de fournisseurs de composants génériques. Nous manquons de clés pour affiner cette estimation ;
- Le Japon présente moins d'acteurs, mais ce sont des conglomérats de grande taille.

Enfin, il est notable que les grands groupes industriels français s'intéressant à la robotique de service, principalement dans la défense et la sécurité, développent des équipes de petite taille au sein de leur organisation, pour assurer la veille et les développements. À ce titre, ces groupes peuvent être considérés également comme des PME dans le domaine de la robotique, en termes d'effectifs.

Figure 29 : Estimation du nombre d'entreprises industrielles dans les principaux pays de l'étude (fourchette basse/haute)



Source : Erdyn, d'après sources documentaires et entretiens experts.

6.2. DES SPÉCIFICITÉS RÉGIONALES

Le premier enseignement de cet état des lieux est la mise en évidence de très fortes disparités dans les domaines d'activité des acteurs de la robotique selon la zone géographique, et par conséquent l'historique de l'écosystème. Ainsi, on note immédiatement à la lecture de la Figure 30 que les robots de défense sont très largement produits aux États-Unis. Ce sont majoritairement des drones aériens en l'occurrence.

Sur la robotique personnelle, les États-Unis dominent largement le marché des aspirateurs avec iRobot par exemple, alors que l'assistance à la personne semble une chasse gardée de l'Europe et le jouet majoritairement fabriqué en Asie. On note cependant que cette tendance est logiquement inversée en Corée du Sud, où la production nationale représentait de l'ordre de 62 % des achats de robots aspirateurs en 2008.

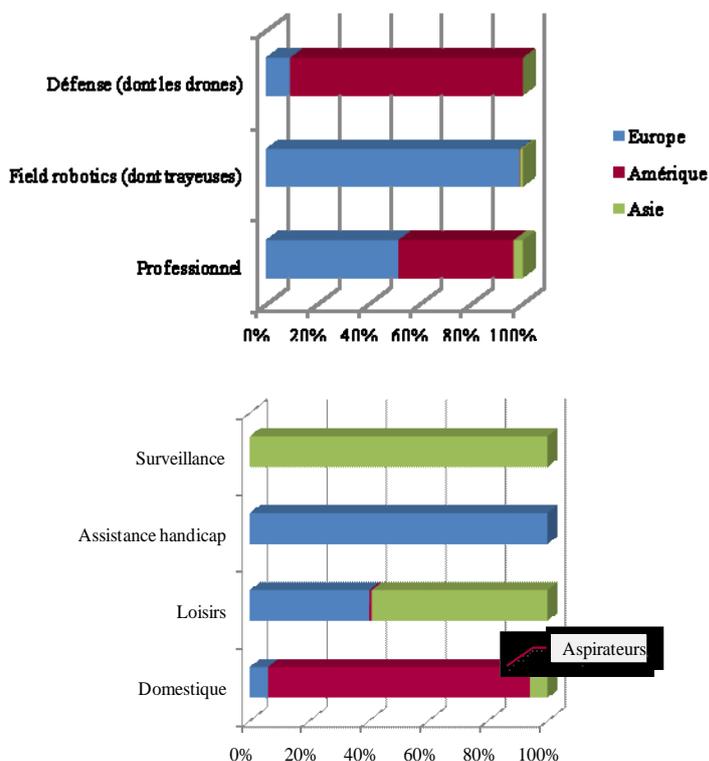
Attention cependant à une interprétation trop affirmative des chiffres avancés par l'IFR. Si la méthode (interrogation des industriels) est éprouvée dans ce type d'exercice, elle laisse une part d'incertitude quant à la qualité et l'exhaustivité de l'information recueillie. Par ailleurs, on table ici sur des pourcentages forts sur des échantillons faibles (assistance au handicap : 40 ventes déclarées en 2010).

Sur ce point, la France n'apparaît pas encore comme un acteur représentatif (en volume), car se concentrant – pour la conception et la fabrication – sur des marchés de faible volume et essentiellement émergents comme la robotique éducative ou l'assistance aux personnes en perte d'autonomie. Du point de vue des technologies, l'expertise de la France est reconnue notamment sur deux aspects :

- Le logiciel dans tous ses aspects ;
- La robotique humanoïde.

Il convient cependant de souligner que le travail de recherche visible porte principalement sur des applications à haut niveau de complexité, préparant la robotique de service « intelligente ». Les entreprises françaises ne travaillent que peu sur des robots spécialisés, susceptibles de faire l’objet d’une diffusion large à court terme.

Figure 30 : Origine des robots de service vendus dans le monde en 2010



Source : IFR, World Robotics 2011.

De manière plus qualitative, l’analyse fait ressortir des spécificités des pays selon certaines des dimensions qui sont approfondies dans le volet 2 des travaux notamment. Le Tableau 11 dresse un panorama qualitatif des différents pays analysés :

- La Chine n’apparaît pas dans ce tableau car son action et ses acteurs ne sont pas aujourd’hui significatifs sur les marchés décrits.
- Les marchés cités sont vus à la fois sous l’angle de l’application et de certaines plateformes technologiques. Nous y avons repositionné l’automobile pour mémoire, car potentiellement terreau d’un grand nombre d’innovations technologiques ou de process pour l’industrialisation de masse des technologies de la robotique.

Tableau 11 : Positionnement des pays analysés sur certains marchés de la robotique de service (échelle qualitative)

| | Défense | Assistance à l'autonomie | Personnel/compagnon | Jouet/ludique | Entretien | Surveillance | Autre robotique professionnelle | Automobile |
|---------------------|---------|--------------------------|---------------------|---------------|-----------|--------------|---------------------------------|------------|
| France | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| Allemagne | | | | | ■ | | ■ | ■ |
| Royaume-Uni | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | |
| Italie | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| États-Unis | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Corée du Sud | | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Japon | | ■ | | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| Taiwan | | | | | | | ■ | |

■ Présence affirmée : les entreprises et laboratoires du pays sont fortement présents sur cette problématique.
 ■ Présence de quelques acteurs importants de la problématique.
 ■ Quelques entreprises et laboratoires travaillent sur le sujet.
 Vide : action non significative en 2011 ou non visible.
 Source : Erdyn, d'après sources documentaires et entretiens avec experts.

Tableau 12 : Positionnement des pays analysés sur trois compétences spécifiques (échelle qualitative)

| | Plateformes robotiques | Humanoïde | Exosquelette |
|---------------------|------------------------|-----------|--------------|
| France | ■ | ■ | ■ |
| Allemagne | ■ | ■ | |
| Royaume-Uni | | | ■ |
| Italie | ■ | | |
| États-Unis | ■ | | ■ |
| Corée du Sud | | | ■ |
| Japon | | ■ | ■ |
| Taiwan | ■ | | |

■ Présence affirmée : les entreprises et laboratoires du pays sont fortement présents sur cette problématique.

■ Présence de quelques acteurs importants de la problématique.

■ Quelques entreprises et laboratoires travaillent sur le sujet.

Vide : action non significative en 2011 ou non visible.

Source : Erdyn, d'après sources documentaires et entretiens avec experts.

Autre spécificité géographique : le profil des entreprises qui composent la filière de la robotique de service est différent d'un pays à l'autre. De ce point de vue, le cas de la France est particulièrement remarquable : la filière française ne se bâtit pas sur un socle d'entreprises venant de la robotique industrielle. Il en découle deux faits importants à prendre en compte dans l'analyse :

- **Une majorité d'entreprises jeunes et de petite taille ;**
- **De faibles compétences sur l'industrialisation des produits.**

6.3. UNE STRUCTURATION DE LA FILIÈRE DYNAMIQUE

La filière française est en cours de structuration avec la création de Syrobo (syndicat professionnel), GdR Robotique du CNRS (recherche académique), Cap Robotique (du pôle de compétitivité Cap Digital)... Force est de constater que, à l'exception des États-Unis, les autres pays leaders sur la robotique de service ont également vu leur filière s'organiser. C'est clairement en Corée du Sud que cette structuration est la plus forte, avec deux associations qui ont récemment fusionné en une seule (KAR).

En Europe, l'Allemagne structure sa filière de robotique de service à partir de l'écosystème de la robotique industrielle, en raison de l'historique fort sur ce secteur d'activité. L'Union européenne

travaille depuis plusieurs années à cette structuration au niveau du continent (réseau EURON par exemple).

Hormis en France, les principales associations énumérées dans le tableau précédent sont historiquement en grande partie composées d'entreprises de robotique industrielle. Seuls les acteurs français ont mis en place aujourd'hui un syndicat différent pour la robotique de service. Ceci est dû notamment, selon nous, au fait que l'industrie de la robotique industrielle française ne comprend pas de fabricant majeur.

Figure 31 : Principales associations structurées d'acteurs de la robotique de service

| Association, cluster... | Pays | Industrie | Académique |
|---------------------------------------|---------------|-----------|------------|
| Syrobo | France | X | |
| GdR Robotique | France | o | X |
| Cap Robotique | France | X | X |
| IFR | International | X | o |
| VDMA | Allemagne | X | |
| Polo della robotica | Italie | X | o |
| Massachusetts Robotics Cluster | États-Unis | X | X |
| RIA | États-Unis | X | |
| KAR | Corée du Sud | X | X |
| JARA | Japon | X | |
| RSJ | Japon | o | X |
| TAIROA | Taiïwan | X | |

X : composition principale

o : composition marginale.

Il apparaît également à l'analyse des principaux pays producteurs de robotique de service, que **la recherche occupe une place déterminante dans le succès des filières**. En effet, sur des marchés en grande majorité émergents, et des usages à inventer pour lesquels les technologies demandent à être développées, qualifiées, industrialisées, le lien entre recherche académique et industrie est essentiel. À ce titre, il est important de noter que ce lien culturellement fort en Allemagne est un atout important ; par ailleurs, il est aussi important de souligner aujourd'hui que les start-up françaises sont pour la plupart issues des laboratoires de recherche académiques, et entretiennent de ce fait des liens étroits avec ceux-ci. Cependant, ce lien est beaucoup moins étroit en France entre la recherche académique et les groupes industriels établis.

6.4. SOUTIENS À LA FILIÈRE

On note une différence marquante entre les différentes zones géographiques dans la volonté et la manière de soutenir la filière de la robotique de service.

Les pays asiatiques – Corée, Japon, Taiïwan et dans une mesure moindre la Chine – voient dans la robotique de service, notamment personnelle, un secteur à très fort potentiel en termes de développement industriel. Ainsi, ces pays ont inscrit la robotique personnelle et de service comme un axe stratégique de développement dans leur stratégie d'innovation. Cela se traduit par des soutiens financiers et un accompagnement de la structuration, ciblée sur cette thématique.

A contrario, les pays d'Europe n'ont pas identifié de manière formelle ce secteur d'activité comme particulièrement important, dans l'ensemble des technologies « de la communication ». Ainsi, si les acteurs de la robotique bénéficient bien de soutiens financiers à l'innovation, ils viennent au niveau

national d'appels à projets plus larges, et non d'instruments spécifiquement dédiés. Ce constat induit que les financements publics globaux de la filière ne sont aujourd'hui pas garantis d'un exercice à l'autre.

Les États-Unis présentent un profil encore différent avec un soutien à deux niveaux : des subventions fortes sur les contrats de recherche pour la défense, qui profitent indirectement aux secteurs civils, voire grand public (iRobot, par exemple) ; un plan de développement de la robotique, annoncé à l'été 2011, visant à travailler sur les robots de service professionnels.

Figure 32 : Exemples de financements directement dédiés à la robotique de service

| Pays | Action | |
|---------------------|---|-------------------|
| Corée du Sud | Korean Robotics basic Plan | 750 M\$; 2009-13 |
| | Objectif : leader mondial en 2018 | 720 M\$; 2002-08 |
| | Passage de 6 200 emplois en 2008 à 80 000 en 2018 | |
| France | <i>Financements de projets de recherche</i> | |
| | Action Robea | 3,2 M€ |
| | Programme ANR PSirob | 15,2 M€(2006) |
| | Fonds européens (appels non spécifiques) | 20 M€(2009) |
| | Programmes amont drones (DGA) | 188 M€(1999-2008) |
| Allemagne | Fonds européens (appels non spécifiques) | 94 M€(2009) |
| États-Unis | Développement et achat de drone (DoD) | 41 000 M\$ |
| | Plan Obama, développement de la robotique de service professionnelle (2011) | 70 M\$ |
| Japon | <i>Investissements privés significatifs :</i> | |
| | Honda | 100 M\$ |
| | Kawada | 300 M\$ |
| Taïwan | <i>Soutien public à la filière :</i> | |
| | Intelligent Robot Industry Development | 100 NTD/an |
| | Intelligent Robot Technology Development | 200 NTD/an |
| | Intelligent Robot Research | 100 NTD/an |

Quelques exemples emblématiques de soutien à la filière :

- Le **Korean Robotics Basic Plan** vise à faire de la Corée du Sud le leader mondial de la robotique de service (et donc potentiellement de la robotique dans son ensemble) à horizon de 2018. La robotique est ainsi déclarée comme un chantier national stratégique pour l'industrie. Il est soutenu par exemple par l'achat public de robots éducatifs pour les écoles, permettant à Yujin de passer d'une production artisanale à une production industrielle.
- Le **LELR** (Local Education Laboratory on Robotics), dans la communauté de communes de Valdera (Italie) introduit, à titre expérimental, les robots dans les écoles de différents niveaux avec le double objectif d'aider aux apprentissages et d'être un support d'éducation aux sciences de l'ingénieur.
- En Europe, dans le but de candidater à la constitution d'un *flagship*, la communauté organise le projet **Robot Companion for Citizens** (RCC). S'il est retenu, le projet organisera le financement de la recherche, au niveau européen, sur une durée de 10 ans.

Enfin, les exemples coréen avec la robotique d'éducation ou domestique, et américain avec la robotique de défense montrent que l'existence d'un marché intérieur est un moteur fort pour le développement de la filière. Dans ces deux cas, c'est même la commande publique qui permet l'installation d'un marché et l'industrialisation des technologies et des produits.

DEUXIÈME PARTIE : ANALYSE DES TENDANCES DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE

7. ÉVOLUTIONS DU MARCHÉ DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE ET PERSONNELLE

7.1. LE FUTUR DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE

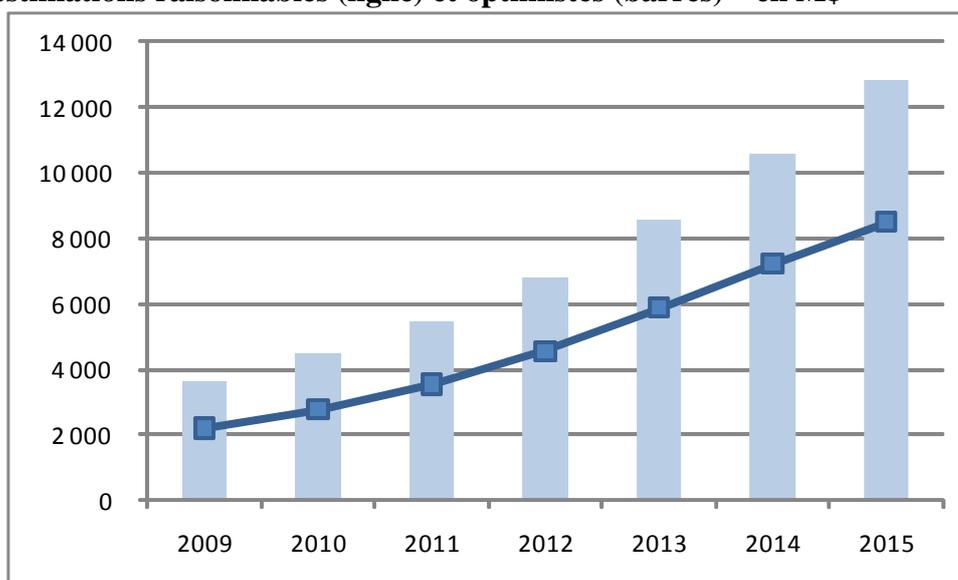
Le marché de la robotique personnelle et de service est aujourd'hui émergent au regard de son potentiel de développement. Avec les réserves mentionnées dans le volet 1 de l'étude, on trouve les exceptions suivantes qui établissent les bases des marchés dans les robots de service professionnels comme personnels :

- Les robots de défense, et notamment les drones, sont l'objet d'abondants budgets de recherche et sont porteurs des développements technologiques qui nourrissent les applications de la robotique de service professionnelle en particulier ;
- Les robots jouets, qui constituent un marché maintenant en voie de maturation, sont de plus en plus présents sur les étalages des grandes enseignes de jouets. Ils sont aujourd'hui un marché de masse ;
- Les robots aspirateurs, enfin, sont le premier marché de masse de la robotique personnelle utilitaire.

On le verra dans la suite de ce document, il est difficile d'estimer les taux de croissance des nombreuses applications qui constituent le marché de la robotique personnelle et de service. 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.

Nous présentons sur la figure suivante une projection des marchés de la robotique de service, vus comme un ensemble, à partir de quelques estimations des marchés établies par des analystes d'origines diverses (industrie, analystes de marchés, Erdyn).

Figure 33 : Compilation d'estimations des marchés de la robotique personnelle (domestique et ludique) – estimations raisonnables (ligne) et optimistes (barres) – en M\$

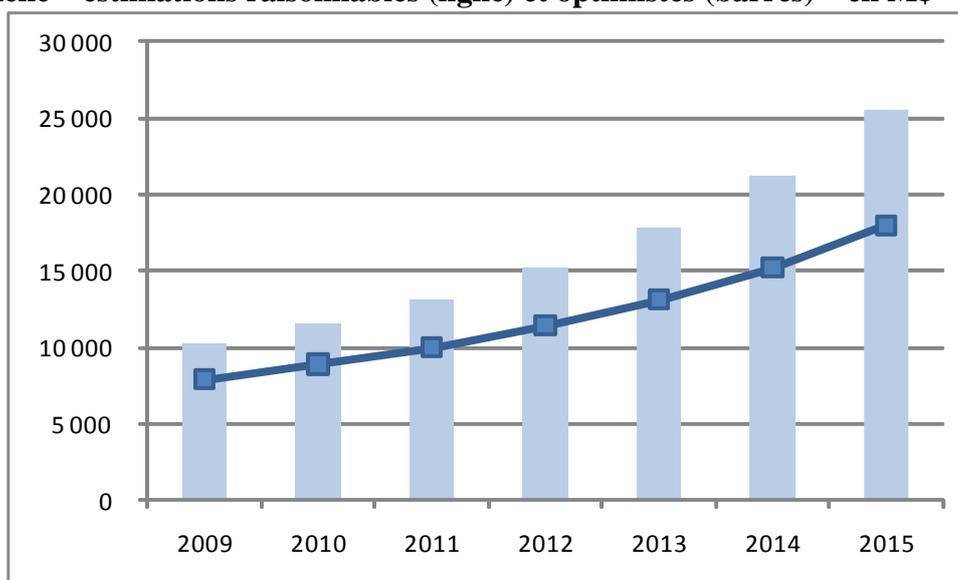


Sources : IFR, Global Industry Analysts, sources diverses, estimation Erdyn.

Ils mettent en évidence la grande incertitude qui existe aujourd'hui sur une estimation du marché global de la robotique personnelle ; ils soulignent cependant tous la forte hausse du marché de la robotique personnelle dans les années qui viennent. Dans la suite du document, dans les sections dédiées aux trois marchés particuliers que l'étude a choisi de mettre en valeur, nous tenterons de cadrer ces marchés par des données objectives sur lesquelles baser notre réflexion. Nous ne nous hasarderons cependant pas à remettre en question ces chiffres en valeur absolue.

Le même constat est fait sur les analyses des marchés de la robotique de service professionnelle.

Figure 34 : Compilation d'estimations des marchés de la robotique de service professionnelle – estimations raisonnables (ligne) et optimistes (barres) – en M\$



Sources : IFR, Global Industry Analysts, sources diverses, estimation Erdyn.

Finalement, nous estimons que le marché mondial de la robotique de service personnelle et professionnelle pourrait atteindre 27 Mds\$ en 2015.

7.1.1. Une promesse au stade de l'expérimentation

Certains marchés peuvent aujourd'hui être considérés comme en voie de maturation, d'autres en sont à un stade expérimental, quelques-uns peuvent être considérés comme matures. Les possibilités d'applications offertes par les technologies robotiques sont très importantes, mais varient beaucoup en maturité technologique.

Les marchés matures sont :

- Dans le domaine personnel, les robots domestiques que sont les aspirateurs, tondeuses à gazon et robots de nettoyage humide constituent aujourd'hui un réel marché de masse. Avec 10 millions d'unités vendues dans le monde en 2011, le robot aspirateur représente un marché de 3 à 4 Mds€ Cette maturité est due principalement à un acteur américain, iRobot, qui a su prendre le risque de commercialiser en 2004 les premiers produits aux performances sans doute imparfaites, mais qui ont permis le développement des gammes suivantes. Depuis, beaucoup d'acteurs de l'électroménager se sont lancés sur ces applications.
- Le robot jouet : les robots ayant des fonctionnalités plus ou moins larges ont été introduits depuis plusieurs années, dans un premier temps avec des performances très limitées, qui se

sont étoffées avec le temps. La valeur affective attribuée à certains de ces jouets en fait peut-être les prémices des futurs robots compagnons.

- Le robot de défense, et notamment le drone, qu'il soit d'observation ou d'attaque, est également un marché mature et en croissance. Il est largement porté par les opérations extérieures menées par les pays de l'OTAN, et finance une grande partie de la recherche en robotique autonome dans le monde. À titre d'illustration, l'IFR prévoit que la robotique de défense continuera à porter en grande partie le marché de la robotique de service dans les cinq années à venir.

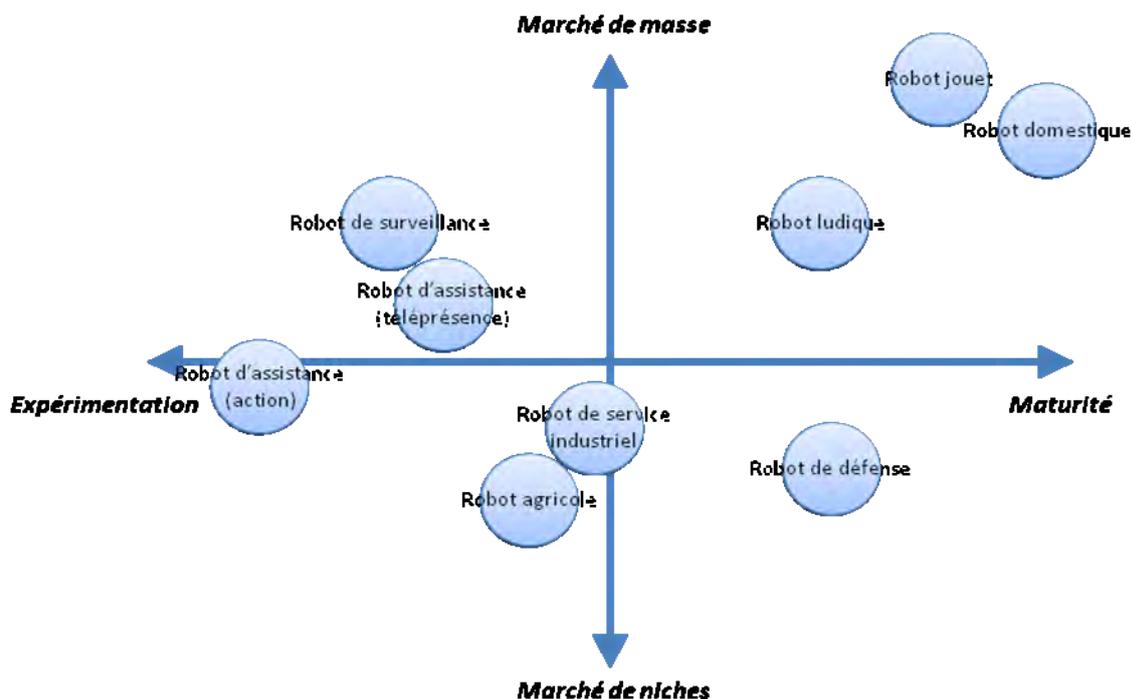
D'autres apparaissent comme des pistes intéressantes à suivre, car potentiellement porteuses de développements rapides sur des fonctionnalités ciblées, comme par exemple :

- Les robots de service en environnement industriel : les robots industriels sont largement répandus dans les industries manufacturières. *De facto* le milieu industriel n'est plus à évangéliser sur l'intérêt qu'il peut tirer de l'utilisation de robots dans ses processus. Les premiers robots de service au sens de notre définition, implantés dans ces milieux, sont des robots de logistique : robots de type « industriels », c'est-à-dire limités à une implantation donnée dans un environnement sécurisé pour, par exemple, la composition de colis ; robots de type « service », plus autonomes dans leurs déplacements, partageant l'espace avec les opérateurs humains.
- Les robots agricoles, aujourd'hui majoritairement des trayeuses automatiques, sont en développement. Aux États-Unis comme dans les grandes exploitations européennes, des systèmes de guidage, voire de conduite automatique, aident à l'exploitation des grandes surfaces (moissons par exemple). De plus en plus, des projets de robots sont expérimentés sur des actions plus précises de cueillette, d'arrosage, etc. Ce segment pourrait être un axe de développement important de la robotique de service.

Enfin, de nombreux projets de robots sont en phase de recherche et développement plus en amont. Sur certains de ces segments se pose la question du bon niveau de maturité avant un démarrage effectif de la commercialisation, ou tout du moins d'une expérimentation à grande échelle. L'histoire des produits technologiques montre clairement que le modèle classique de développement de nouvelles applications passe par la commercialisation de systèmes aux fonctionnalités limitées, vendus éventuellement avec des marges faibles, permettant de tester les fonctionnalités et performances, l'acceptabilité, bref d'ouvrir le marché d'une part, de mettre en place l'outil industriel d'autre part. Des secteurs d'activité où de telles expérimentations apparaissent aujourd'hui nécessaires pour faire naître des applications commercialement viables sont par exemple :

- Les robots pour la surveillance : certaines expérimentations, comme celle des robots « gardiens de prison » en Corée, permettront de définir des applications viables dans un marché qui est aujourd'hui unitaire : chaque robot vendu l'est dans un but différent, avec éventuellement des adaptations au produit lors de la vente ;
- Les robots pour l'assistance aux personnes en perte d'autonomie : les expérimentations en vraie grandeur, sur des applications qui – dans ce secteur – doivent couvrir un champ de besoins très diversifié, permettront de valider des concepts, des usages, voire des choix technologiques. Ce secteur est plus détaillé dans le chapitre 2.

Figure 35 : Répartition des marchés de la robotique de service en fonction du critère de maturité et de typologie des marchés



Source : Erdyn

7.1.2. Un potentiel de création d'emplois difficile à estimer

En France, la création d'emplois sur la robotique de services se fera selon plusieurs axes :

- La conception des robots, les machines spéciales et petites séries, axes de développement sur lesquels la France est compétitive, permettront de créer des emplois fortement qualifiés : chercheurs, ingénieurs, techniciens... ;
- La production de robots en série : s'il est aujourd'hui peu réaliste d'envisager une maîtrise complète de la chaîne de valeur par des établissements implantés en France, notamment en ce qui concerne un certain nombre de composants, certaines entreprises existantes montrent qu'il est possible de conserver en France une part de la valeur ajoutée liée à la production en masse de systèmes robotisés : Legrand, Seb, Somfi, Stäubli par exemple ;
- Le service directement lié au robot : distribution, service après-vente ;
- Le service associé au robot dans certains segments de marché, notamment lorsque le robot est mis en œuvre dans le cadre d'une prestation incluant éventuellement une intervention humaine (surveillance, téléprésence...). Dans ce cas, les emplois peuvent également prendre une part des emplois à créer autour de ces services indépendamment de la robotique ;
- La conception et production de composants et sous-systèmes entrant dans la composition des robots : si la production des composants génériques à bas coût paraît aujourd'hui difficilement accessible aux acteurs français, la mise au point de composants logiciels, de composants mécatroniques, de systèmes pour l'autonomie, etc., spécifiques à la robotique peuvent être des champs de développement pour les entreprises françaises et européennes.

Nous estimons que le potentiel de création d'emplois est de quelques milliers à un horizon de cinq à dix ans, en emplois directs et indirects.

7.2. LES DÉTERMINANTS DU MARCHÉ DE LA ROBOTIQUE DE SERVICE

Au-delà de ces chiffres, la robotique personnelle et de service est constituée aujourd'hui d'une multitude d'applications donc certaines font l'objet d'une exploitation commerciale, et d'autres sont encore aujourd'hui à l'état de projet ou d'idée. Le développement commercial de ces applications sera fonction d'un certain nombre de déterminants, que nous évoquons ici pour les préciser ensuite dans les chapitres correspondants.

7.2.1. Les déterminants de l'acceptabilité

L'acceptabilité est un déterminant large, qui pourrait inclure la valeur ajoutée ci-dessus. On entend en général l'acceptabilité comme la capacité d'un produit à être accepté par l'utilisateur et la société. Traiter cette question revient donc à répondre à un certain nombre de questions très diverses en fonction du champ d'application. Différentes théories existent pour analyser l'acceptabilité des nouveaux produits et technologies. On peut citer par exemple la théorie unifiée de l'acceptabilité et de l'usage des technologies. En tout état de cause, l'acceptabilité repose sur un certain nombre de considérations.

Valeur ajoutée

La valeur ajoutée ou pertinence de l'application est le cœur de l'acceptabilité des robots et de leur réussite commerciale. La valeur apportée par un nouvel objet peut être de l'ordre du service rendu au sens opérationnel du terme (le robot rend un service qui n'existait pas), de la performance (le robot remplit mieux certaines fonctions d'un autre système ou un intervenant humain, ou avec moins d'effort de la part de l'humain), de la valorisation de son utilisateur (forte motivation pour certains produits grand public), etc. En tout état de cause, la valeur accordée au service rendu doit être suffisante pour déclencher l'acte d'achat ou d'utilisation d'une nouvelle technologie.

La question de la valeur ajoutée est centrale dans la présente étude. Elle est la première question à laquelle une nouvelle application robotique doit répondre pour passer du statut d'expérimentation à celui de produit.

Éthique

L'éthique est une valeur essentielle pour l'acceptabilité d'une technologie, d'un produit ou d'un service. Elle est cependant diversement considérée suivant la personne qui se pose la question : elle questionne l'individu d'une part, la société d'autre part. Le chapitre 5 de ce document traite spécifiquement de cette problématique.

Juridique

L'acceptabilité juridique pose deux questions :

- La question de la responsabilité, centrale pour les industriels, interroge sur les transferts de responsabilité possibles de l'utilisateur vers le fabricant du robot, en raison de l'autonomie dont dispose le dispositif, pouvant l'amener à prendre une décision portant préjudice à une personne, notamment en cas de dysfonctionnement ;
- La question de la légalité éventuelle de certains dispositifs : certains types de robots, en environnement professionnel comme domestique, peuvent poser des questions relatives aux libertés individuelles (respect des données personnelles, du secret médical, etc.) par exemple. D'autres cas de figure sont envisageables.

7.2.2. Les déterminants techniques

Technologique

La maturité technologique est un autre déterminant des marchés. En effet, le niveau technologique requis pour remplir certaines fonctionnalités avancées ne permet pas d'envisager aujourd'hui leur

déploiement avec des performances fonctionnelles, d'autonomie, de sûreté de fonctionnement ou de fiabilité suffisantes. Cette question de maturité technologique se traduit en deux conséquences distinctes, qui résultent de deux attitudes différentes face à cette question :

- Des déploiements précoces de systèmes aux fonctionnalités limitées, qui permettent de tester les systèmes sur les marchés. Ces déploiements requièrent cependant des capacités financières pour soutenir le développement des entreprises sur la durée ;
- Des délais dans les déploiements, qui permettent de mettre au point les briques technologiques, mais sans le soutien des retours d'utilisateurs.

Aucune de ces attitudes n'est en soi positive de manière générique, mais il est nécessaire d'évaluer le juste niveau de maturité avant l'expérimentation ou la mise sur le marché de systèmes robotiques.

Industrialisation

La question de l'industrialisation des systèmes est posée pour le déploiement des dispositifs. Notamment, si les start-up de la robotique sont capables de mettre au point des dispositifs technologiques de laboratoire, voire des premiers déploiements en petite série, elles n'ont en général ni les compétences, ni les ressources pour porter une démarche d'industrialisation de leurs produits pour des déploiements en grande série. Ce verrou est central pour la réussite commerciale des entreprises de la robotique.

7.2.3. Les déterminants économiques

Sécurité

La sécurité de fonctionnement est évidemment un prérequis essentiel pour le développement des marchés et le déploiement des applications. Il s'agit du point sur lequel portent aujourd'hui principalement les travaux de normalisation.

Modèle économique et chaîne de valeur

Outre la question du coût de revient liée aux enjeux de l'industrialisation, le modèle économique pour la diffusion et l'usage de certains systèmes n'apparaît pas aujourd'hui mature, et ce selon plusieurs angles de vue :

- Le modèle de vente : achat, location, usage dans le cadre d'une prestation de service, etc. ;
- Le prix de la prestation est à définir en fonction de l'attente du marché et du service rendu ;
- L'existence ou la mise en place de la chaîne de valeur complète, depuis la production jusqu'à la distribution et la mise en œuvre...

On souligne à ce stade que la production peut également faire appel à des compétences externes à l'écosystème français, notamment pour des questions de coût.

Normes et standards

Pour certaines applications, la normalisation et la standardisation peuvent être des enjeux importants : la normalisation s'intéresse aujourd'hui plus à la sécurité ; la standardisation industrielle peut permettre de lever certains verrous liés par exemple à l'interopérabilité des systèmes, qui peut être importante pour certains marchés professionnels et pour des systèmes avancés, à terme, en environnement domestique.

Interactions avec l'environnement, internet des objets

La capacité d'interaction de robots avec leur environnement repose pour partie sur les capacités de perception du robot, mais également sur l'adéquation de cet environnement aux fonctions que le robot doit remplir. Dans un environnement industriel, des étiquettes RFID permettent par exemple le repérage et l'identification d'objets particuliers pour des robots de logistique. Les projets liés à

l'internet des objets et aux normes IP v6 peuvent donc constituer un élément favorisant certaines applications.

7.2.4. Les déterminants sociétaux

Les déterminants sociétaux pilotent notamment les besoins en nouvelles fonctionnalités. Il ne s'agit pas ici d'en dresser une liste exhaustive, mais de présenter quelques éléments particulièrement pertinents au regard du développement de la robotique.

Évolutions démographiques

Les évolutions démographiques sont en soi un déterminant de la demande pour certains segments de marchés. Éventuellement facteurs déclencheurs, le vieillissement de la population ou des baby-booms accroissent l'importance de certains besoins, favorisant la rentabilité de nouveaux modèles économiques ou d'applications innovantes.

Pénurie de main-d'œuvre

La pénurie de main-d'œuvre sera à terme problématique dans certaines populations vieillissantes, comme au Japon par exemple. Cette pénurie est un facteur incitatif important pour la robotisation de certaines tâches professionnelles.

Demande de sécurité

La demande de sécurité est une constante des sociétés occidentales, qui font par exemple que la vidéosurveillance urbaine, longtemps décriée, semble maintenant acceptée largement.

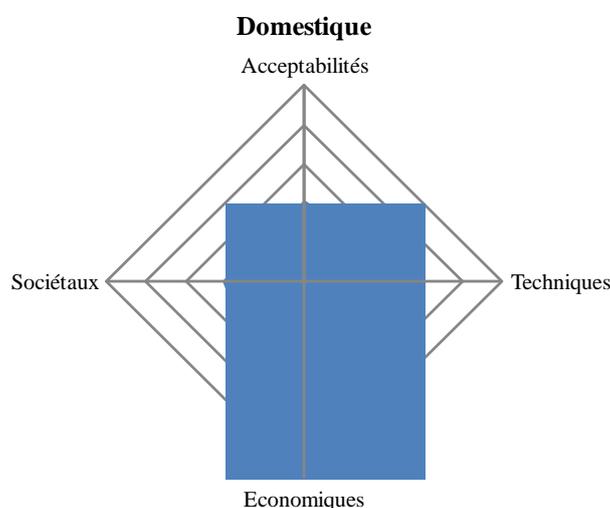
Appétence pour la technologie

Le développement et le déploiement large des technologies de l'information, avec une interaction de plus en plus poussée de l'humain avec la machine, sont de toute évidence des facteurs favorables au développement de la robotique.

7.2.5. La priorisation des déterminants

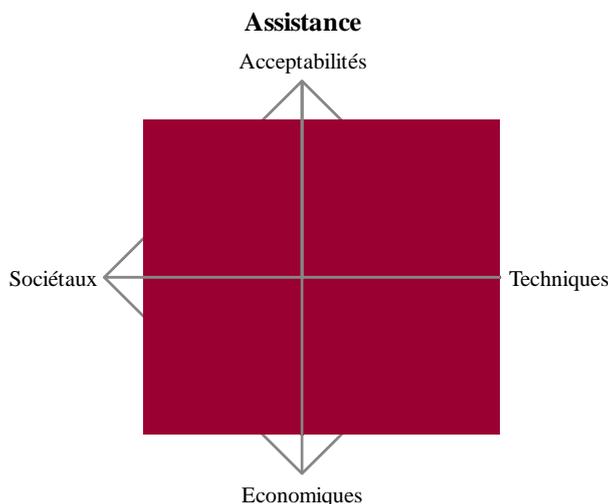
Prioriser de manière générique ces différents déterminants est impossible, tant les contraintes sur les différents marchés sont variées. Nous proposons cependant une classification de quelques grands marchés possibles selon leur dépendance aux différentes classes de déterminants.

Figure 36 : Proposition de priorisation des déterminants pour le robot domestique



Le marché domestique est essentiellement tiré par des déterminants de marché liés principalement au coût des dispositifs par rapport aux services rendus. Certains verrous techniques peuvent encore limiter l'évolution des robots ménagers ou ludiques, alors que le robot compagnon plus évolué n'est aujourd'hui pas mûr techniquement et économiquement.

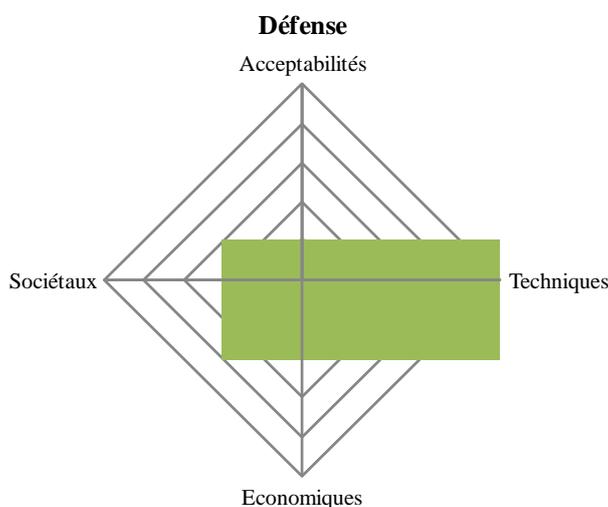
Figure 37 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots d'assistance aux personnes en perte d'autonomie



Les robots d'assistance aux personnes en perte d'autonomie font face à des verrous selon les quatre dimensions, comme nous l'évoquons dans le § 7.2 :

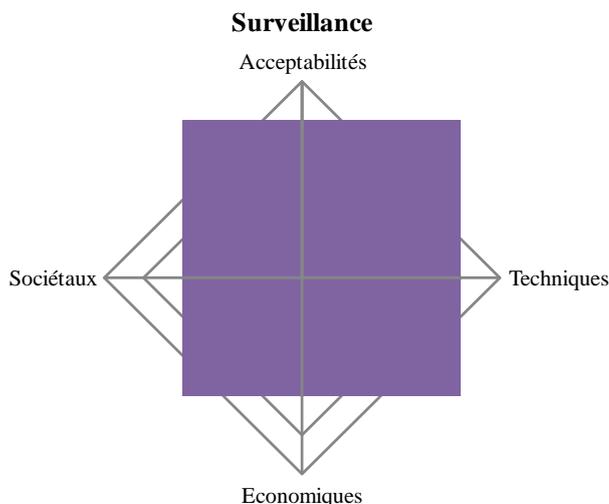
- Acceptabilités : avec par exemple des considérations d'acceptabilité individuelle par les personnes assistées, ou sociales par les corps professionnels de la santé ;
- Sociétaux : le marché lié à la dépendance est par exemple fortement corrélé au vieillissement général de la population des pays du Nord ;
- Économiques : l'équation réconciliant le coût des systèmes et les modes possibles de financement n'est pas résolue ;
- Techniques : les fonctionnalités avancées attendues pour certains systèmes n'ont pas encore de solution technique.

Figure 38 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots de défense



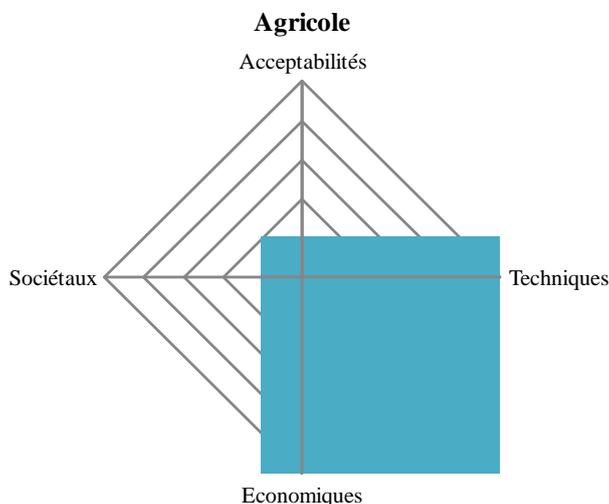
Pour les robots de défense, le marché existe aujourd'hui bel et bien. Si les restrictions budgétaires peuvent ralentir le déploiement des robots, les principaux déterminants sont technologiques.

Figure 39 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots de surveillance



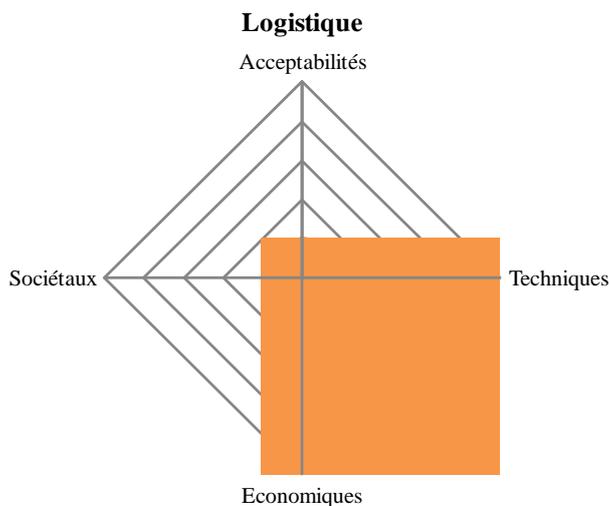
Pour les robots de surveillance, dans un environnement civil notamment, et particulièrement sur les sites ouverts, se posent essentiellement deux types de questions. *Primo* sur les solutions technologiques permettant au robot de remplir une mission de surveillance : la détection de mouvement à partir d’un système lui-même en mouvement est un problème technique ardu, par exemple. *Deuxio*, sur des questions d’acceptabilité juridique : un robot peut-il intervenir de manière autonome ? évoluer seul dans un espace ouvert (drones) ? manipuler ou collecter des données personnelles ?

Figure 40 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots agricoles



Le marché des robots agricoles se développera sur la base de coûts d’exploitation avantageux par rapport aux pratiques qu’ils sont censés assister, et d’innovations technologiques pour réaliser les gestes de l’agriculture.

Figure 41 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots de service en logistique



Les services professionnels en logistique présentent des caractéristiques similaires aux marchés agricoles du point de vue de ce graphe. Les considérations technologiques et économiques sont prépondérantes sur ces marchés très techniques.

Les prochains chapitres approfondissent trois segments de marchés, choisis au démarrage de l'étude :

- L'assistance aux personnes en perte d'autonomie,
- Le robot domestique,
- La surveillance et le gardiennage.

8. L'ASSISTANCE AUX PERSONNES EN PERTE D'AUTONOMIE

8.1. APPLICATIONS COUVERTES

8.1.1. Introduction

L'objectif est ici d'analyser le marché des robots d'assistance aux personnes en perte d'autonomie (personnes handicapées, personnes âgées dépendantes) dans le but de les aider dans la vie quotidienne, dans les loisirs, au domicile et en milieu hospitalier et par extension dans l'amélioration de leur état de santé (rééducation physique, entretien mental...). On entend par dépendance l'état d'une personne qui ne peut réaliser seule les actes de la vie quotidienne, par handicap un désavantage quelconque, infirmité ou déficience, congénitale ou acquise, permanente ou temporaire.

Le domaine étant assez diversifié en termes d'applications et de besoins, nous découpons le marché en quatre segments pour l'analyse :

- La téléassistance ;
- L'assistance physique ;
- La rééducation ;
- Les systèmes d'assistance « intelligents ».

Ce dernier domaine est plus prospectif ; il n'existe pas à ce jour de produits robotiques en exploitation. Le besoin est partiellement couvert par des solutions technologiques de base (téléassistance *via* une ligne téléphonique) qui évoluent rapidement avec des produits plus sophistiqués issus de la domotique. Le besoin est également couvert par l'intervention ponctuelle à domicile *via* les organismes de service à la personne (visite journalière, aide aux repas ou aux soins).

Ces systèmes d'assistance « intelligents » regroupent, au niveau objectif, entre autres, les fonctions de téléassistance, d'assistance physique et d'assistance mentale.

8.1.2. Téléassistance

On trouve sur ce marché de nombreuses sociétés de téléassistance qui utilisent des systèmes d'appel *via* une ligne téléphonique et qui sont actionnés par les usagers en cas de besoin. On peut citer notamment les sociétés suivantes :

- Valore, service de téléassistance, service de convivialité et service internet ;
- Présence Verte : association nationale regroupant un ensemble d'associations locales. Environ 30 M€ de chiffre d'affaires au niveau national ;
- AFRATA Association française de téléassistance ;
- GTS ; société privée de téléassistance
- Fillassistance : société de téléassistance, filiale de la CNP.

Ces services sont proposés *via* des abonnements avec installation du matériel et sont financés par les usagers, le cas échéant avec une prise en charge partielle des collectivités territoriales (département principalement). En 2011, le parc d'instruments de téléassistance ou de télésurveillance installés est estimé à 400 000 en France, 1 000 000 au Royaume-Uni.

De nouveaux produits apparaissent sur le marché et viennent compléter l'offre technologique pour ces sociétés de services :

- Vidéoassistance ;
- Montre alarme zigbee à domicile ;

- Montre alarme couplée avec GPS pour une utilisation en mobilité extérieure ;
- Montre bracelet de détection de chute ou capteur fixé sur le corps de la personne ;
- Modules complets intégrés dans un environnement domotique de surveillance des locaux (détection de gaz, incendie, intrusion...).

Il est important de souligner que ces produits, technologiquement matures et disponibles depuis cinq ans, commencent aujourd'hui seulement à trouver leurs marchés en France, car étant objets de réticences de la part des personnes et de leur entourage.

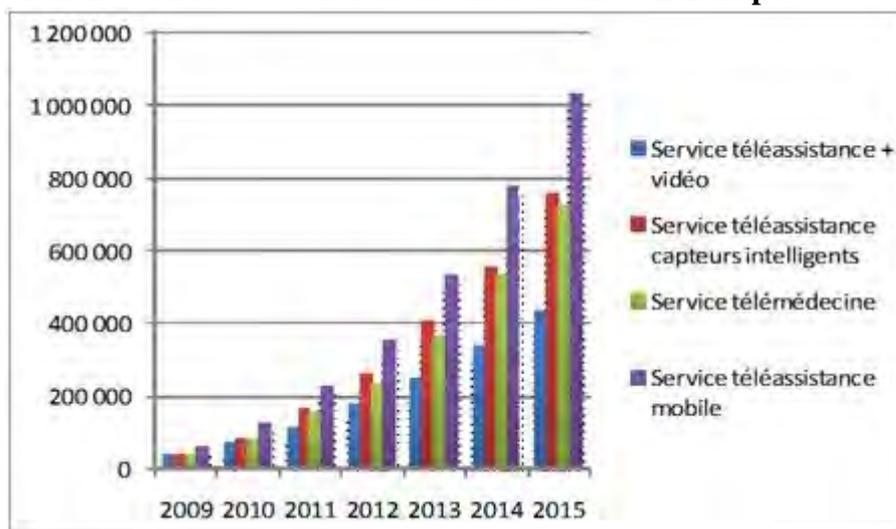
Ces équipements peuvent être raccordés par une liaison internet haut-débit couplée le plus souvent avec une liaison GSM, GPRS ou 3G pour sécuriser le lien de transmission, l'équipement pour l'extérieur étant couplé uniquement à une liaison 3G.

Ces équipements sont également utilisés dans des EHPAD (Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes) ou maisons de retraite médicalisées afin d'assister le personnel dans le suivi et la surveillance des personnes dépendantes. Ces établissements peuvent être publics, privés-associatifs ou privés-commerciaux.

Parmi les acteurs français : la société Intervox (rachetée récemment par le groupe Legrand), la montre ZCare de Cléode, le produit Saverlife GPS, etc.

L'offre commerciale de service et technologie dans les différents pays européens est assez similaire (avec une tendance plus technologique sur l'Europe du Nord) mais avec des différences importantes en marché résultant : une pénétration forte en Scandinavie, au Royaume-Uni et en Irlande, une croissance lente en France et Allemagne, un rattrapage aux Pays-Bas et Espagne, et des marchés émergents au Portugal, Hongrie et Grèce. L'évolution de ces marchés est par ailleurs plus liée à l'intervention publique qu'au PIB par habitant des ces différents pays. Ceci est confirmé par l'attentisme constaté en France depuis l'annonce du report du plan gouvernemental sur la dépendance.

Selon l'étude du cabinet Basic, en 2009, la pénétration moyenne des services de téléassistance en Europe est présentée sur la figure ci-dessous avec une évolution importante, en 2015, de ce taux de pénétration du fait de nouveaux services offerts et de l'augmentation régulière du nombre de seniors, qui constituent l'essentiel du marché pour ce type d'assistance. Par contre ces évolutions seront différentes suivant les services offerts (source étude Basic) avec notamment l'intégration dans cette offre de services télémédecine.

Figure 42 : Évolution attendue des services de téléassistance en Europe

Source : Étude téléassistance en Europe – cabinet Basic – 2009.

Ces éléments nous conduisent à une estimation de taux de pénétration d'environ 0,1% en nombre d'abonnés en 2010 pour une population d'environ 80 millions de seniors de plus de 65 ans en Europe. Selon nous, la classe d'âge visée par ces équipements est plutôt les plus de 75 ans qui représentent environ 45 à 50 % de la population totale de seniors citée auparavant. On obtient donc un taux de pénétration d'environ 0,2 % en 2010 sur cette population. En 2015, il est estimé à environ 2 % sur la population de plus de 75 ans, qui aura augmenté d'environ 45 millions de personnes en Europe.

Nous n'avons pas de chiffres aussi précis sur ce marché au niveau mondial mais nous estimons qu'il est assez équivalent, proportionnellement à leur population, pour des pays comme les États-Unis, le Canada et le Japon qui ont des assurances de durée de vie et des taux de vieillissement de la population assez proches des pays européens (quoiqu'un peu inférieurs pour les États-Unis). Ces trois pays représentent environ 470 millions d'habitants avec une population concernée de 30 à 40 millions de plus de 75 ans. Cette estimation en nombre d'abonnés reste cependant à modérer suivant le modèle familial de gestion des aînés de ces différents pays.

Ce segment de marché est en dehors de notre étude mais les chiffres présentés fournissent des données de base pour étayer une part des 3 segments de marché présentés ensuite.

8.1.3. L'assistance physique

Nous positionnons dans ce segment de marché des équipements robotiques d'aide aux déficiences physiques tels que :

- Des équipements robotisés monotâches (par exemple pour les aides au repas) ;
- Des stations robotisées d'assistance ;
- Les orthèses des membres supérieurs ou inférieurs ;
- Les prothèses intelligentes des membres supérieurs ou inférieurs ;
- Les déambulateurs intelligents ;
- Les fauteuils intelligents (dotés de fonctions d'assistance à la conduite, de bras de manipulation...) ;
- Voire des exosquelettes complets des membres inférieurs.

Parmi les équipements robotisés monotâches, on peut citer des produits commercialisés pour l'aide au repas comme MySpoon de Secom au Japon, Bestic en Suède, Neater Eater et Windsford Feeder de Patterson Medical au Royaume-Uni. Ces produits sont commercialisés depuis environ 10 ans pour un coût moyen de 3 000 à 5 000 € suivant les produits.

On peut également citer des fauteuils roulants tels que la wHing de DRK, groupe Segula, a développés en collaboration avec l'AFM (Association Française contre les Myopathies) pour les grandes dépendances. L'architecture électrique de ce fauteuil électrique permet d'intégrer des aides à la mobilité et des compensations des membres supérieures.

Des stations robotisées d'assistance (multitâches) ont été développées dans les années 1990-2000 (AF Master du CEA, PROVAR de l'Université de Stanford) mais ce concept ne semble plus faire l'objet de projets majeurs ou de développements industriels.

Les autres systèmes font l'objet de nombreux programmes de recherche en Europe, aux États-Unis et en Asie et un certain nombre de prototypes existent. On peut citer entre autres :

- Le HAL (Hybrid Assistive Lymb) de Cyberdyne (Japon). Cette combinaison robotique utilise des capteurs placés sur la peau pour détecter les différents mouvements des membres du corps et ainsi multiplier la force de 2 à 10 fois. Alimenté par une batterie d'une autonomie de 2h30 à 5h, cet équipement se vendrait environ 4 200 \$. Il est fabriqué en petite série et loué à des maisons de repos.
- Le robot Mobiro d'aide à la mobilité de Toyota a été conçu pour les personnes à mobilité réduite. Il est capable d'atteindre une vitesse de 6 km/h avec une autonomie de 20 km. L'un de ses avantages est de pouvoir circuler sur des surfaces y compris avec des obstacles sans que la position du passager n'en soit affectée.

Figure 43 : Exosquelette HAL (gauche) et robot Mobiro (droite)



Sources : Cyberdyne, Toyota.

- Des prototypes de fauteuils roulants intelligents avec une navigation semi-autonome (projet européen SYSIASS, le Labs Autonomos à Berlin, le LASC à Metz...).
- Le déambulateur motorisé et intelligent développé actuellement conjointement par Robosoft et l'ISIR (Institut des systèmes intelligents et Robotique) en France dans le cadre du projet MIRAS cofinancé par l'ANR et la CNSA.
- La prothèse de bras « intelligente » (contrôlée par les nerfs du patient suite à une délicate opération chirurgicale), développée par **Otto Bock Healthcare Product GmbH** en collaboration avec l'AKH (hôpital central de Vienne) et l'**université de médecine de Vienne**.

Figure 44 : Prothèse de bras Otto Bock Healthcare Product GmbH

- Des travaux importants sont actuellement réalisés aux États-Unis sur les prothèses robotisées, notamment pour des anciens combattants blessés gravement dans des conflits récents.
- Des travaux de recherche sur des orthèses de bras et de main qui pourraient apporter une assistance à une personne handicapée et être utilisées également en rééducation fonctionnelle (Armin de l'école polytechnique de Zurich, le projet ANR BRAHMA regroupant CEA, ISIR, LNP...)
- L'exosquelette des membres inférieurs Hercules développé par la PME française RB3D en collaboration avec le CEA List et la DGA. Ce système permet à un homme de transporter une masse importante sur son dos à 4 km/h avec une autonomie de 4 à 5 heures. L'application est en premier lieu militaire mais pourrait être utilisée également par des patients handicapés et des ouvriers ayant des charges lourdes à déplacer (commercialisation en 2014-2015 au prix de 20 000 €).

Figure 45 : Exosquelette Hercule

Source : RB3D

- L'exosquelette néo-zélandais REX de la société RexBionics pour les membres inférieurs à destination des personnes paraplégiques mesurant entre 1,50 m et 1,95 m et pesant moins de 100 kg.

Concernant les exosquelettes, on peut distinguer les exosquelettes endogènes qui sont contrôlés pratiquement en interne par la personne (capteurs sur peaux, voire capteurs reliés directement à des nerfs) des exosquelettes exogènes, contrôlés par des capteurs d'efforts recueillis lors des

mouvements de la personne. Les premiers (exosquelettes endogènes) sont en fait très proches de la prothèse.

On peut citer également des bras robotisés développés spécifiquement pour la collaboration avec une personne (vitesse et couple limités et sécurisés) qui peuvent être utilisés en station fixe ou embarqués sur un fauteuil intelligent ou un robot mobile (cf. système d'assistance intelligent ci-dessous). Couplés à des équipements de perception visuelle, ils peuvent réaliser des mouvements semi-autonomes :

- Le bras JACO de Kinova commercialisé au prix d'environ 25 à 30 k€
- Le bras Manus d'Exact Dynamics, remplacé à terme par le bras I-ARM plus léger (510 kg, 25 k€)

Ces équipements dédiés à la mobilité ou la manipulation dans la vie courante ont pour objectif d'être utilisés dans tous types d'environnement de vie.

Également dans ce domaine, des systèmes robotiques dédiés au transport ou à l'aide au déplacement de personnes comme les robots RI-MAN et RIBA au Japon seront réservés à un usage en milieu hospitalier pour assister le personnel soignant.

Figure 46 : Robot RI-MAN (Japon)



Tous ces systèmes sont en cours d'expérimentation. Les produits futurs se positionnent sur un marché de petites séries, d'un coût assez élevé (de 10 k€ à quelques dizaines de k€), relativement lié au marché médical. Il devra être soutenu, par exemple pour la France, par les assurances et mutuelles dans le traitement des handicaps suite à accident et par des sources de financement à trouver dans le traitement des personnes âgées afin de l'ouvrir aux personnes aux ressources limitées.

8.1.4. La rééducation

La rééducation des patients atteints d'hémiplégie spastique (paralysie d'un côté du corps) est très délicate. Les causes de ces paralysies sont multiples : hémorragie cérébrale ou accident vasculaire cérébral (AVC), traumatisme, tumeur ou sclérose en plaques. Le cerveau peut être rééduqué et un certain degré de récupération fonctionnelle peut être obtenu grâce à une rééducation suivant des mouvements élaborés qui nécessite des exercices guidés par un kinésithérapeute de manière très précise et cela plusieurs fois par jour avec des exercices de 30 à 45 mn.

L'intérêt d'utiliser un système robotisé pour guider le patient dans cette rééducation est manifeste pour augmenter le nombre de séances, cette répétitivité étant un facteur important du taux de réussite de cette rééducation. Les premières réalisations étaient des systèmes de laboratoire réalisés à partir de petits robots industriels. Des produits spécifiques sont maintenant disponibles :

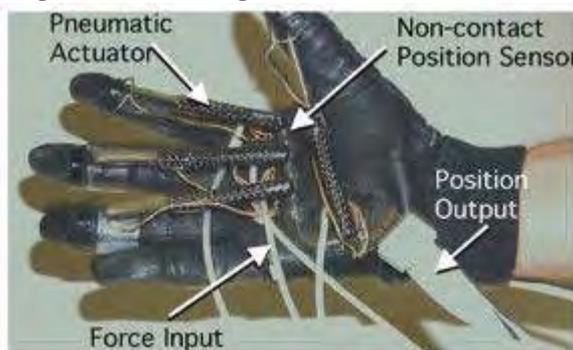
- Le robot LOKOMAT de la société Suisse HOCOMA : il permet la rééducation des membres inférieurs et la rééducation à la marche. 20 systèmes sont opérationnels en France dans des services hospitaliers spécialisés. Le prix est d'environ 200 000€

Figure 47 : Robots de rééducation Kinova (gauche) et Armeo (droite)



- Le système ARMEO de HOCOMA permet la rééducation des membres supérieurs. Il peut être associé à une visualisation en réalité virtuelle des mouvements. Le prix est d'environ 50 000€ et dix équipements sont installés en France. Une version motorisée réellement « robot », ARMEO Power, doit être commercialisée à court terme
- La société In Motion aux États-Unis propose également des produits robotisés assez proches pour la rééducation des membres supérieurs (utilisant le bras Manus cité dans le chapitre précédent).

Figure 48 : Robots de rééducation InMotion (gauche) et Rutgers Master II Glove (droite)



Il existe également des systèmes basés sur des manipulateurs à câbles et des systèmes bimanuels ainsi que des équipements pour la rééducation de la main (Rutgers Master II Glove).

Des travaux de recherche importants sont menés pour améliorer ces équipements et élargir leurs domaines d'application. Les projets et développements sur les orthèses et exosquelettes présentés dans le chapitre précédent sont également une solution bien adaptée à ce besoin (BRAHMA, ARMIN...).

Les robots pour l'entraînement des sportifs ne sont pas abordés dans cette étude mais la chaîne de valeur du sport représente un potentiel important de croissance avec des travaux de développement notamment aux États-Unis. Ce type d'équipement, à des prix plus serrés, pourrait être également en utilisation dans le futur pour répondre à des besoins de rééducation plus conventionnelle.

8.1.5. Les systèmes d'assistance intelligents

Nous positionnons dans cette catégorie des systèmes robotisés mobiles qui ont une vocation multitâches pour l'assistance à la personne dépendante pour des raisons de handicap moteur ou mental suite à maladie, accident et vieillesse. Ces systèmes ont de multiples fonctions de base qui sont configurées suivant le besoin de la personne. On peut citer :

- la surveillance et la levée de doute,
- la stimulation cognitive,
- la socialisation *via* des outils de jeux, d'accès à distance audio-vidéo aux proches, agenda, courses...,
- l'actimétrie (recueil de données sur l'état du patient et de son évolution, lié à un acte de télé médecine, études épidémiologiques, info sur la vie quotidienne),
- la consultation de télé médecine,
- l'assistance *via* la manipulation et le transport d'objet (avec une option bras embarqué suivant le type de système)...

Ces systèmes seront connectés dans la majorité des cas à des plates-formes distantes de télé assistance (plateau médicalisé) ou de télé médecine. Ils ont des fonctionnalités multitâches et pourront remplacer à terme des fonctions d'assistance et d'entretien physique et cognitif « fixe » (via des box, télévisions, caméras et autres outils domotiques spécifiques). De par leur mobilité, ils pourront offrir de réels et multiples services à des personnes dépendantes sans une multiplication de systèmes et capteurs à installer dans le lieu de vie. Ils pourront également être associés à ces fonctions « fixes » en cas de besoin complexe d'assistance.

De multiples projets sont en cours de développement en Europe, en Asie et aux États-Unis. Ils se présentent pour l'instant sous forme de plates-formes mobiles plus ou moins ergonomiques et sont commercialisés comme des plates-formes de développement, utilisées par les sociétés et laboratoires partenaires pour des développements de fonctionnalités de navigation autonome, d'interaction homme-robot (parole, son, reconnaissance et expression d'émotion...) et d'applications de services futurs d'aide à la personne (actimétrie, interface avec plateaux médicalisés, stimulation cognitive...). Elles sont également utilisées pour des expérimentations réelles avec des personnes dépendantes pour les projets les plus avancés.

On peut citer entre autres :

- Le Kompaï de Robosoft utilisé sur différents projets en France et en Europe (Robodomo, Romadom, Pramad, Armen...);
- La plate-forme robotisée du projet ANSO du CEA qui expérimente des applications intégrant un bras robotisé.;
- La plate-forme robotisée Pearl aux États-Unis ;
- La plate-forme robotisée Care-O bot de l'institut de Fraunhofer en Allemagne, équipée également d'un bras ;
- La plate-forme Jazz de Gostai, plus dédiée actuellement à des applications de surveillance et de télé présence, et qui pourrait évoluer vers des applications complémentaires plus dédiées aux personnes dépendantes ;
- La plate-forme AVA d'iRobot qui sera commercialisée début 2012 vers de nombreux laboratoires aux États-Unis qui travaillent sur ces applications ;
- Le robot humanoïde Nao d'Aldebaran qui est une réussite commerciale (1 500 robots vendus) et qui contribue à de nombreux travaux de recherche sur la robotique humanoïde et ses interactions avec la personne ;

- Son grand frère ROMEO (1,30 m) en cours de développement qui préfigure de futurs robots humanoïdes domestiques d'assistance à la personne ;
- Le robot humanoïde Twendy One (Japon) qui mesure 1,47 m et pèse 110 kg développé par l'université de Waseda (pas de commercialisation envisagée à ce stade, son coût serait de l'ordre de 2 M€).

Figure 49 : Quelques projets de robots d'assistance « intelligents »



Kompai



Care O Bot



Anso (CEA)



Nao



Twendy One



Romeo

Dans ce segment « système robotique intelligent », nous avons sciemment omis de traiter des robots compagnons (robot de compagnie) monotâches (ou du moins réservés à un nombre de tâches limitées d'interaction avec la personne) tels que Taizo : un petit robot coach pour personnes âgées, Paro : un bébé phoque très expressif à finalité thérapeutique expérimenté au Japon, le chat NeCoRo, le robot Kaspar expérimenté auprès d'enfants autistes et différents petits robots dotés d'un certain nombre de fonctions d'interaction avec une personne afin d'assurer un lien social et cognitif.

Ces robots sont en fait quasiment des robots personnels dont le marché est par ailleurs analysé dans le segment « compagnon domestique ». Un croisement avec les besoins et utilisations thérapeutiques sera à traiter dans ce cadre.

8.2. CONTEXTE ET ENJEUX

8.2.1. Système robotique de rééducation et d'entraînement.

Concernant les systèmes robotiques de rééducation qui sont centrés actuellement sur la rééducation neuromotrice suite à des accidents vasculaires et en thérapie à la sclérose en plaques, ces nouveaux équipements représentent une amélioration certaine de la rééducation aussi bien en durée qu'en efficacité, permettant une augmentation importante du taux de réussite. Les applications orientées

vers l'entraînement des sportifs et la rééducation conventionnelle post-traumatique représentent également un potentiel de développement. Aucuns travaux ni développements de ce type n'ont été répertoriés en France (ni en Europe à notre connaissance) mais des produits existent par exemple aux États-Unis.

Les acteurs sur la **rééducation robotique** en France

- Utilisateur final (patient).
- Circuit de distribution commerciale et SAV.
- Fabricant du produit.
- Hôpital, Clinique (utilisateur praticien kinésithérapeute et ergothérapeute et administration financeur).
- Praticien kinésithérapeute et ergothérapeute (utilisateur et financeur dans le futur ?).
- CPAM pour le remboursement des actes.
- Et aussi potentiellement des acteurs de la chaîne du sport.

8.2.2. Assistance physique et système d'assistance intelligents

Les contextes démographiques et sociétaux pour les différents pays pris en compte dans notre étude sont très différents selon que l'on analyse les besoins et moyens disponibles pour les personnes âgées dépendantes ou les personnes de tout âge en handicap physique.

Concernant **les personnes âgées dépendantes**, les évolutions démographiques des personnes de plus de 75 ans sont importantes et assez similaires en Europe, en Amérique du Nord et par exemple au Japon ou en Corée. Par contre les besoins peuvent être très différents suivant le modèle familial et les moyens disponibles (aides financières des organismes étatiques et des collectivités, associations et sociétés privées d'aide à la personne...) :

- Dans les pays scandinaves et les Pays-Bas, la prise en charge de la dépendance est très professionnalisée avec peu de personnes âgées vivant chez leurs enfants.
- Dans l'Europe du Sud, la prise en charge familiale est le cas général avec des aides sociales associées (très peu de prise en charge formelle en établissement ou à domicile).
- Le Japon a des caractéristiques assez proches de celles des pays d'Europe du Sud.
- En Allemagne et en France, le contexte de prise en charge est dans une situation intermédiaire, par contre les stratégies d'aide sont différents : gestion du 5^{ème} risque par la sécurité sociale en Allemagne et aides sociales du type de celles des pays du Sud en France. En France, par exemple, les financements disponibles sont l'APA (Allocation Personnalisée d'Autonomie), des petites aides des collectivités locales et la personne elle-même.
- Les États-Unis présentent les différentes stratégies des pays européens, suivants les États, mais avec des aides sociales nettement plus faibles qu'en Europe et basées sur des assurances privées auxquelles a accès une partie seulement de la population.

Les capacités à financer des aides techniques au sein de ces différents pays seront donc très variables suivant les organismes apportant des aides. Leur développement dans chaque pays sera d'autant plus envisageable que les moyens financiers seront centralisés par des organismes à même d'évaluer le retour sur investissement d'aides techniques aux aidants par rapport au coût de l'aide humaine totale ou du placement en institution (calcul économique complet).

Concernant **les personnes de tout âge en handicap physique**, le contexte sociétal est différent, avec une prise en charge plus généralisée par les familles dans les différents pays. Par contre, les solutions mises en place pour lutter contre les discriminations dans la vie courante (transport, lieux publics, etc.) sont très variables, et sont plus avancées dans les pays d'Europe du Nord. Les modalités de prise en charge financière institutionnelles varient également et font l'objet de

nombreuses études. Il ressort cependant que les modalités des pays nordiques facilitent notamment la mise en place des aides techniques aussi bien au niveau acquisition que formation et assistance à la personne pour les utiliser. Ce dernier point s'applique bien entendu à l'implantation du système d'assistance robotique qui semble plus aisée dans ces pays⁹.

Les **objectifs affichés** de ces types de robot sont d'améliorer la qualité de vie des personnes peu ou pas autonomes en leur offrant la possibilité de vivre le plus indépendamment possible malgré leur handicap. Par exemple, malgré le coût potentiellement élevé des prothèses, l'apparition de tels équipements opérationnels permettrait de redonner une vie sociale et professionnelle à des personnes, induisant un bénéfice sociétal, voire économique, important.

De même, en leur permettant de rester chez elles, en les aidant dans les tâches quotidiennes, en leur faisant prendre leurs médicaments et en servant de lien avec les soignants, le robot d'assistance à domicile, en lien avec un réseau d'assistance, pourrait permettre de retarder le départ en institution des personnes dépendantes. Le maintien à domicile est dans la mesure du possible toujours préférable : les départs en maison de retraite sont souvent suivis d'un traumatisme causant une perte de capacités physiques et intellectuelles si ce départ n'est pas un choix délibéré de la personne.

Ce même robot utilisé dans des institutions, permettrait de soulager le personnel soignant ou accompagnant de nombreuses tâches répétitives et parfois ingrates, et pourrait apporter à la personne aidée une plus grande autonomie d'action.

Pour les personnes affectées d'un handicap physique permanent, les robots peuvent avoir des impacts importants sur la qualité de vie des personnes. Un enjeu essentiel est alors de ne pas considérer le robot comme un palliatif à la présence humaine, mais comme un outil complémentaire, au risque de créer un phénomène de désocialisation des personnes aidées et de rejet de la part des réseaux d'aide qui pourraient le mettre en place.

De manière générale, que ce soit pour les personnes âgées ou les personnes de tout âge en handicap physique ou sensoriel, **des études sur l'acceptabilité** de ces systèmes auprès de différents échantillons ont montré des réactions très différentes et partagées (1/3 très intéressé, 1/3 en refus complet et 1/3 « demandant à voir ») sans qu'il soit possible de dégager de manière claire des classes et profils de personnes à sélectionner. L'exploitation de tels systèmes nécessite donc systématiquement des formations et essais avec les personnes concernées afin de sélectionner les patients et éviter des erreurs d'attribution.

Il ressort également que le système robotisé d'assistance peut être apprécié du fait qu'il limite la dépendance vis-à-vis d'un être humain. **Cette dépendance étant souvent perçue comme humiliante pour la personne** (ce qui n'est pas le cas vis-à-vis d'une « machine »).

Les **parties prenantes** sur ces deux segments de marchés sont relativement nombreuses suivant les modalités d'exploitation et le contenu final des services offerts par les équipements :

Parties prenantes sur les systèmes d'assistance intelligents :

- Utilisateur final (patient) seul ;
- Utilisateur final (patient) avec service à distance associé ;
- Utilisateur en EHPAD¹⁰ ;
- Circuit de distribution commerciale et SAV¹¹ (produit sans abonnement ou location) ;

⁹ Constat tiré notamment de la réussite du projet européen MANUS dans les pays nordique et échec en France selon l'AFM.

¹⁰ EHPAD : Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes.

- Fabricant du produit ;
- Fournisseurs de services web associés ;
- Fournisseurs d'application logicielle complémentaire (éducation, jeux, travaux cognitifs...) ;
- Provider de connexion internet ;
- Société de téléassistance (en lien avec services médicaux) mais nécessité d'être associée à une visite régulière si non assurée par la famille ;
- Tout organisme d'aide et de cofinancement (association, commune, département ou région) ;
- Société de maintenance/entretien et support à domicile ;
- Hôpital, Clinique, EHPAD - praticien et aide-soignant, ingénieur hospitalier (utilisation en interne) ;
- Service médical à distance (sans société de service intermédiaire) ;
- Financeurs : Société d'assurances, CNSA/APA, collectivités territoriales, CPAM¹² ;
- Praticien orthopédique, kinésithérapeute, ergothérapeute ;
- Gérontologue...

Les « patients utilisateurs » (acceptabilité) et les « financeurs » sont les acteurs prépondérants pour permettre le développement de ces marchés mais tous les organismes en charge de la mise en place, de l'exploitation et du support sont critiques également dans le développement et la valorisation des ces équipements suivant le mode d'exploitation retenue.

Parties prenantes sur les systèmes d'assistance physique :

- utilisateur final (patient) ;
- circuit de distribution commerciale et SAV ;
- fabricant du produit ;
- tout organisme d'aide et de cofinancement (association, commune, département ou région) ;
- hôpital, Clinique ;
- financeurs : Société d'assurance, CNSA/APA, collectivités territoriales, CPAM ;
- praticien orthopédique, kinésithérapeute, gérontologue...

8.3. LES DÉTERMINANTS DU MARCHÉ

Un certain nombre d'éléments endogènes et exogènes à ces développements peuvent à terme pousser ou freiner le développement des marchés de ces différents produits.

8.3.1. Systèmes d'assistance intelligents

Sur le segment de marché de l'assistance à la personne avec des « **systèmes d'assistance intelligents** » on répertorie les motivations et prérequis suivants :

Motivation :

- Maintien à domicile pour éviter des coûts en établissement importants ;
- Favoriser le maintien de la vie de la personne dans son environnement antérieur (si souhaité) ;
- Aider dans les établissements le personnel qui est en sous-effectif chronique (contact, guide, assistance à la mobilité...) ;
- Réduction de la dépendance de l'aidé vis-à-vis de l'aidant (humain) ;
- Préinstallation réduite voire nulle dans les locaux d'utilisation, permettant une utilisation temporaire ou prolongée et le changement de lieu de vie si besoin sans coût induit.

¹¹ SAV : Service Après-Vente.

¹² CPAM : Caisse Primaire d'Assurance Maladie.

Prérequis :

- Valeurs ajoutées réelles vis-à-vis du service rendu ;
- Prix abordable avec les services associés ;
- Réflexion profonde sur les modes de financement de ces services technologiques et mise en place d'aide pour les faibles revenus ;
- Marché d'état ou de région pour le démarrage du marché ;
- Système robuste et fiable, sans danger pour la personne (risque sur mobilité) ;
- Acceptabilité par la personne. Ce point peut justifier plusieurs approches d'offre robot (Physionomie et interface) et de services afin de s'adapter aux différentes possibilités d'acceptabilité des personnes concernées ;
- Sécurisation des liens de communication et des moyens de détection, notamment sur l'aspect surveillance de personne afin de lever au maximum les risques juridiques liés à des dysfonctionnements de la chaîne globale de service dans des phases critiques de chute, malaise, etc. du patient.

Les principaux déterminants qui motivent de pousser les développements et qui pourraient en freiner le développement sont repris dans le tableau suivant :

| <i>Systèmes d'assistance intelligents</i> | Frein possible | Motivation |
|---|---|--|
| Acceptabilité et utilisabilité | Gênant si niveau de service associé insuffisant | Très variable suivant les personnes |
| Système robuste, sûr et fiable | bloquant | |
| Sécurisation des communications avec service distant | Bloquant pour certaines applications (surveillance chute, malaise...) | |
| Maintien à domicile | | Facteur important (psychique et financier) |
| Réduction de la dépendance (domicile et EPHAD) | | Facteur important (psychique et financier) |

8.3.2. Assistance physique

Sur le segment de marché des produits **d'assistance physique**, nous retrouvons les principaux points suivants :

Motivation :

- Maintien à domicile pour éviter des coûts en établissement importants ;
- Favoriser une vie la plus normale possible de la personne dans son environnement intérieur et extérieur sans une assistance humaine (besoin d'indépendance et de valorisation) ;
- Réduction de la dépendance de l'aidé vis-à-vis de l'aidant (humain) ;
- Réduire les coûts importants d'assistance humaine « privée » et/ou réduire l'impact sur les aidants (famille, amis...).

Prérequis :

- Valeurs ajoutées réelles vis-à-vis du service rendu ;
- Prix abordable avec les services associés ;

- Réflexion profonde sur les modes de financement de ces offres technologiques et mise en place d'aide pour les faibles revenus ;
- Marché d'État ou de région pour le démarrage du marché ;
- Système robuste et fiable, sans danger pour la personne (risque sur mobilité) ;
- Acceptabilité et utilisabilité par la personne.

Les principaux déterminants qui motivent de pousser les développements et qui pourraient en freiner le développement sont repris dans le tableau suivant :

| <i>Robots d'assistance physique</i> | Frein possible | Motivation |
|---------------------------------------|---|--|
| Acceptabilité et utilisabilité | Gênant si niveau de service associé insuffisant | |
| Système robuste, sûr et fiable | bloquant | |
| Réduction du handicap | | Facteur majeur |
| Réduction de la dépendance | | Facteur important (psychique et financier) |
| Prix et financement | Bloquant pour une généralisation pouvant permettre une réduction des prix | |

8.3.3. Rééducation robotique

Concernant le segment de marché de la **rééducation robotique**, les motivations ont déjà été largement présentées. Les prérequis sont essentiellement des moyens de financement pour les services spécialisés.

Les principaux déterminants qui motivent de pousser les développements et qui pourraient en freiner le développement sont repris dans le tableau suivant :

| <i>Robots de rééducation</i> | Frein possible | Motivation |
|---|---|---|
| Amélioration du taux de réussite du traitement | Bloquant | Élément prépondérant dans les choix d'acquisition |
| Ouverture vers la chaîne du sport et la rééducation post-traumatique | | Besoin en quantité supérieure et réduction des prix |
| Prix élevé des systèmes actuels et moyen de financement disponible | Bloquante pour une généralisation plus importante (hors grand CHU). | |

8.4. POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DE CES SEGMENTS DE MARCHÉS

8.4.1. Assistance physique

Inventaires des coûts :

- Coût des équipements : amortissement sur 5 ou 10 ans.
- Coût d'exploitation (support, SAV, maintenance évolutive).

Les développements actuels sont encore assez éloignés du produit idéal exploitable sur un patient dans le cadre de sa vie courante. Ils nécessiteront des phases d'adaptation et d'apprentissage.

Suivant le système, ils pourraient être associés à du personnel de support assez classique (infirmier et technicien) pour des orthèses, déambulateurs et fauteuils roulants robotisés.

Le coût de ses équipements peut être estimé entre 20 à 30 k€ avec un coût annuel de support et maintenance de 5 à 10% du coût d'acquisition (chiffres moyens constatés pour les équipements déjà commercialisés).

Ces équipements seraient financés par les assurances dans le cas de handicap suite à traumatismes (garantie multirisque- accident) et par la CPAM, les mutuelles et autres aides au handicap dans le cas d'un handicap par maladie et vieillesse, avec sans doute une participation du patient.

L'exploitation de prothèses robotisées relèvera par contre d'un niveau de praticiens spécialistes et d'un encadrement de support hautement spécialisé. Le coût de ces équipements sera nettement plus important et ils nécessiteront de plus des interventions chirurgicales assez lourdes pour leur implantation et un coût annuel de support et maintenance spécialisée (*pas de données de coût estimé à ce jour*).

Ces équipements seraient financés par les assurances dans le cas de handicap suite à traumatismes (garantie multirisque- accident). Le financement par la CPAM, les mutuelles et autres aides au handicap dans le cas d'un handicap par maladie et vieillesse, sera sans doute plus difficile et complexe à mettre en œuvre compte tenu des montants à engager.

Par ailleurs, ces équipements relèvent clairement de la catégorie des équipements médicaux pour lesquels la procédure d'homologation – nécessaire à une prise en charge par l'assurance maladie en France – peut s'avérer longue et onéreuse.

Les bras d'assistance de type Manus et Jacco sont des outils robotisés qui pourront être associés à des fauteuils roulants robotisés, à des systèmes de rééducation et également intégrés dans des « systèmes d'assistance intelligents ». Les perspectives de marchés sont donc intégrées dans ces marchés respectifs. Elles peuvent être importantes si leur coût n'est pas prohibitif notamment dans des « systèmes d'assistance intelligents ». Le coût de 25 000 € par exemple pour le robot Jacco sera pénalisant pour un robot personnel (fauteuils roulants robotisés et « systèmes d'assistance intelligents »), d'autant plus qu'il devrait être complété par des moyens de contrôle et asservissement par vision afin de le rendre réellement opérationnel et utilisable par le patient.

Le chiffre d'affaires du marché technologique pour l'autonomie en 2010 en France est de 55 M€, en progression de + 62 % par rapport à 2009 (données de l'ASIPAG¹³). Ce chiffre intègre toutes les technologies confondues, de la simple téléassistance aux équipements de compensation plus ou moins évolués et les besoins applicatifs relevant de la robotique ne représentent donc qu'une part potentielle relevant de solutions robotiques.

Une étude de la DREES (n° 439 - novembre 2005) donne de manière détaillée des données sur le nombre de personnes handicapées en fonction de leurs handicaps, classés sur la base de 9 actes essentiels de l'existence dans 6 domaines de la vie quotidienne : la toilette, l'habillement, l'alimentation, l'hygiène, les transferts et les déplacements. On peut en déduire les éléments suivants :

- 24 000 personnes sont lourdement handicapés avec 5 domaines incapacitaires sur les 6 ;
- 37 000 personnes avec 4 domaines incapacitaires sur les 6 ;
- 61 000 personnes ont des incapacités dans au moins 3 domaines

Ces chiffres nous donnent une estimation des marchés en système d'assistance robotique de 30 à 50 000 équipements rien que pour la France avec un taux de renouvellement de 5 à 10 ans (toute technologie et handicap confondus, membres supérieurs ou inférieurs).

¹³ ASIPAG : Association Solutions Innovantes Pour l'Autonomie et Gêrontechnologies.

8.8.2. Rééducation

Inventaires des coûts :

- Coût des équipements : amortissement sur 5 ou 10 ans
- Coût d'exploitation (support, SAV, maintenance évolutive)

L'exploitation des équipements robotisés semble réservée à des services spécialisés de médecine et réadaptation thérapeutique en hôpital, de par leur coût d'acquisition et le niveau de formation nécessaire à leur exploitation. Le marché est donc limité à des petites séries et se rapproche plus en valeur des équipements médicaux, et soumis à des réglementations et normes de ces équipements.

La société Hocoma a réalisé un chiffre d'affaire de 21 M€ en 2010 avec ses quatre produits, qu'elle distribue au niveau mondial (30 partenaires distributeurs et filiales aux États-Unis et Singapour). La société InMotion (États-Unis) semble avoir une activité un peu moins forte sur le domaine. D'autres sociétés ont une activité partielle sur ce domaine (technologie par câbles et autres). Sur ces bases, on peut estimer le marché mondial actuel à environ 40 M€ avec un potentiel de croissance important compte tenu des besoins estimés en traitement de ce type.

Pour exemple en Europe, les cas d'AVC sont évalués à cinq pour mille habitants, nécessitant à 80 % une thérapie de rééducation lourde de ce type, ce qui représente environ 2 millions de personnes qui nécessiteront une thérapie durant leur vie, soit environ 25 000 traitements par an en Europe.

8.4.3. Systèmes d'assistance intelligents

Inventaires des coûts :

- Coût des équipements : 5 à 20 k€ amortissement sur 5 ans
- Coût d'exploitation à domicile : support, SAV, maintenance évolutive (10 % de l'investissement par an après mise en place d'un réseau)
- Coût d'équipement et exploitation des plates-formes distantes
- Coût de connexion (ADSL/ câble + 3G en secours)
- Coût de gestion (abonnement...)

Création de nouveaux métiers :

- Référénts patients qui rencontrent les patients régulièrement
- Paramétrage et administration du système
- Support et formation
- Offre de services associés modulaires suivant abonnement

Financeurs :

- Personne elle-même ou aidant
- Assureur (assurance suite traumatisme accidentel, prévoyance, 5^e risque, dépendance)
- CPAM : uniquement sur la part suivi médical de maladie chronique, sous réserve que la télémedecine soit remboursée (évolution en cours) en tant qu'acte (médical, infirmier, orthophoniste, kiné), l'intervention du psychologue n'est pas prise en charge en tant qu'acte médical.
- Collectivités locales
- APA 14 avec le robot en tant que complément à l'auxiliaire de vie

¹⁴ APA : Allocation Personnalisée d'Autonomie.

- Association (APCH15...)
- EHPAD (dans les cas d'exploitation en EHPAD)
- PCH16 vers moins de 60 ans (2 % des cas concernés au maximum)

L'objectif est une utilisation multiplates-formes (téléassistance, télé médecine, Internet pour la vie sociale, le ludique...).

Dans sa version multifonctions, c'est un produit professionnel, il doit être associé à un plateau médicalisé de téléassistance ou à un plateau hospitalier. L'intérêt du système dans son usage à domicile est limité s'il est uniquement connecté à un aidant (famille, proche...). Par contre, l'utilisation en EHPAD peut être entièrement interne à l'établissement avec une simple connexion vers l'extérieur pour la vie sociale (Internet et « skype » avec la famille et les amis). Les coûts d'exploitation sont *a priori* pris en charge par les services généraux des établissements après formation hormis le service après-vente et le support technique qui restent externalisés.

COVEA estime que cela peut représenter 150 à 200 personnes par an en utilisation temporaire ou permanente suite à un retour au domicile après traumatisme grave (donc tout type de population du jeune au senior) qui seraient financées par l'assurance.

Le cas de financement le plus critique est l'exploitation en assistance à la personne âgée dépendante à domicile car les seuls financements majeurs envisageables à ce jour sont la personne elle-même, les collectivités locales et l'APA. On peut imaginer des contrats d'abonnement au service avec fourniture du robot suivant un modèle identique aux FAI mais en ajoutant une contrainte forte sur la disponibilité, la sécurité, la confidentialité et le support.

*Un abonnement type présence verte coûte 30 € par mois et une liaison FAI internet 20/30€.
Il faudrait alors viser un coût du service à 150/200 € par mois (voire plus si on offre des services de vie sociale réelle et que la personne peut les financer). Ce budget doit permettre d'amortir le robot sur 5 ans : le prix du robot devrait être inférieur à 5 000 € pour tenir cet objectif.*

Un scénario d'exploitation commerciale directe vers l'utilisateur semble d'intérêt plus limité et d'un coût trop important pour le patient/utilisateur moyen. Il n'est pas pris en compte dans notre analyse car il ne représentera qu'une part faible du marché (personnes aisées et technophiles).

L'étude de la société Basic sur la téléassistance nous montre un nombre d'abonnés de service de téléassistance en Europe évalué en 2010 à 100 000 abonnés et estimé à 800 000 voire 1 million d'abonnés en 2015, en Europe. Ces chiffres nous semblent sous-évalués mais représentent déjà un potentiel important de marché pour la robotique d'assistance à la personne si l'on prend un taux de pénétration de 20 % en nombre d'abonnés avec des systèmes apportant une valeur ajoutée nettement supérieure. Soit un marché potentiel en 2015 de 200 000 abonnés en Europe.

Les estimations de l'évolution démographique mondiale donnent par ailleurs une augmentation de 50 % de la population seniors en 2030 et un doublement en 2050, ce qui donne un potentiel de croissance de ce marché d'ici le milieu du siècle.

De plus, ce chiffre ne prend pas en compte les besoins de la téléassistance de personnes dépendantes autres que les personnes âgées sur lesquelles nous n'avons pas de données chiffrées à ce jour.

¹⁵ APCH : Association Point Carré Handicap.

¹⁶ PCH : Prestation de Compensation du Handicap.

Ces chiffres sont pratiquement doublés si on ajoute les marchés du Japon, États-Unis et Canada et quelques autres pays ayant des courbes démographiques et taux de natalités proches de l'Europe.

8.4.4. Projections

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différentes applications présentées dans les chapitres précédents :

| Application ou usage | Avancement | Potentiel | Horizon temporel | Acteurs France |
|---|---|---|---|---|
| Systèmes robotiques d'assistance physique | | | | |
| Orthèse des membres supérieurs | Projet R & D Défense en cours | | Émergence | Laboratoire R & D |
| Orthèse des membres inférieurs | Projet R & D Défense à adapter au handicap à moyen terme | | Émergence | RB3D, CEA, mais orienté militaire (lourd et encombrant) & autres laboratoires |
| Prothèse robotisée | Projet R & D | | Émergence | |
| Déambulateur robotisé | Projet R & D | | Émergence | R & D laboratoires, Robosoft |
| Fauteuil intelligent | Produit proche du marché | 2 500 par an pour très grands dépendants en France | | R & D laboratoire, DRK |
| Robots de rééducation | | | | |
| Robot de rééducation des membres supérieurs | Produit sur le marché réservé à pathologie précise | 2012 : 25 000 personnes par an en Europe, soit 1 000 équipements avec couverture géographique | Potentiel très important de développement si produits élargis aux pathologies post-traumatiques classiques et à l'entraînement des sportifs : x 4 en 2020 | R & D laboratoires mais pas d'acteurs industriels en France |
| Robot de rééducation des membres inférieurs | Produit sur le marché réservé à pathologie précise | Population équivalente mais besoins moins critiques | | R & D laboratoires mais pas d'acteurs industriels en France |
| Systèmes d'assistance intelligents | | | | |
| Robot d'assistance cognitive ⁽¹⁾ | Projet R & D | 20 % des abonnés téléassistance, soit 200 000 abonnés en 2015 sur l'Europe | Pénétration importante du produit et croissance importante de la population concernée Total : + 20 à 30 % par an | Laboratoires R & D, Aldebaran, Robosoft... |
| Robot compagnon et télé-service ⁽²⁾ | Projet R & D | | | Laboratoires R & D, Robosoft... |

| Application ou usage | Avancement | Potentiel | Horizon temporel | Acteurs France |
|--|--------------|---|--|-------------------------------|
| Robot compagnon, télé-service et aide (3) | Projet R & D | Europe : 10 000 grands handicaps + 20 000 personnes âgées | 20 % par an pour la part personnes âgées | Laboratoires R & D, Aldebaran |

- (1) Robot d'assistance cognitive : dédié à l'interaction cognitive avec la personne et à des outils de socialisation (interne ou externe via le Web).
- (2) Robot compagnon et téléservice : il peut offrir en sus des fonctions de télé-médecine (actimétrie, consultation...) et de télésurveillance, détection d'évènement et de recherche d'objet.
- (3) Robot compagnon téléservice et aide : offre en sus des fonctions d'assistance physique avec la manipulation et le transport d'objet, voire de l'assistance à certain geste de la vie quotidienne (repas...).

Ce classement est plus lié au potentiel de disponibilité à un stade opérationnel qu'à un classement *optimum* par usage suivant les pathologies concernées.

Schéma sur la croissance possible.

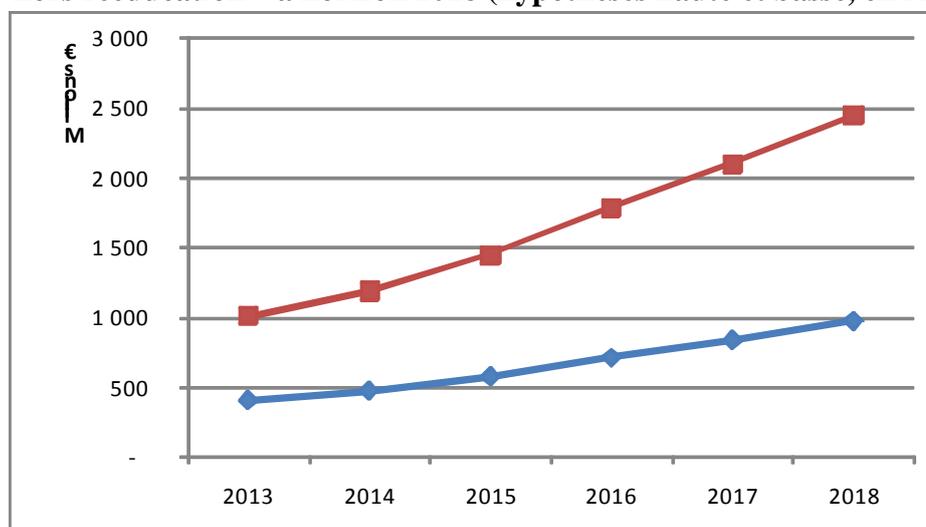
Nous proposons ci-dessous notre vision de la croissance de ce segment de marché compte tenu des éléments indiqués dans le tableau précédent.

En 2005, une étude d'Alcimed sur les technologies pour la santé citait à horizon 5-10 ans la création d'une demande sur la robotique d'assistance à la personne en France avec l'influence de l'international. Force est de constater que, si le postulat de base reste vrai, l'horizon de développement en France, comme dans beaucoup d'autres pays, reste à 5-10 ans, voire plus pour des applications à forte valeur ajoutée.

Notre estimation – raisonnable – évalue entre 1 et 2,5 Mds€ le marché mondial des systèmes robotiques d'assistance à l'autonomie à l'horizon 2020. Sur cette valeur, on évalue à 30 % la part de l'Europe sur ce marché. L'évaluation tient compte d'une augmentation du nombre de produits vendus et d'une diminution en parallèle du prix de vente unitaire des robots (assistance « lourde » et robot compagnon).

Notre évaluation fait également apparaître une proportion de 2/3 pour les robots compagnons (à bas coût) et de 1/3 pour les robots d'assistance « lourds » : fauteuils équipés, orthèses, robots d'assistance en environnement professionnel.

Figure 50 : Évaluation du marché des robots d'assistance aux personnes en perte d'autonomie – hors rééducation – à horizon 2018 (hypothèses haute et basse, en M€)



Source : évaluation Erdyn.

Distinctions géographiques

Les distinctions géographiques au niveau développement sont très variables suivant les sous-segments considérés et on été traitées dans les chapitres précédents.

- Pour la croissance du marché, les principaux facteurs distinctifs au niveau géographique seront l'évolution de l'acceptabilité par les populations (favorable en Asie) ;
- Les capacités de prises en charge financière (plus favorables en Europe compte tenu de l'historique des aides sociales) ;
- Les capacités à mettre en œuvre les services associés (égales *a priori*).

8.4.5. Place de la France

Atouts et faiblesses de la France sur le segment considéré

Les **atouts** de la France sont le niveau de la recherche académique et le potentiel de financement de l'aide sociale à l'équipement et aux services associés. Ce dernier point étant commun à l'Europe. Cependant concernant la recherche académique, il y a un manque réel d'exploitation des travaux pour aller vers des produits dans l'industrie.

Les **faiblesses** de la France sont, d'une part, le manque d'industriels sur le segment : aucun sur les robots de rééducation, peu sur les systèmes d'assistance physique et limité à des petites entreprises sur le segment novateur des systèmes d'assistance intelligents ; ces PME ne disposant pas des moyens d'industrialisation nécessaires au développement du marché. D'autre part, l'écosystème français voit se développer très peu d'expérimentations en vraie grandeur, qui permettraient de valider des applications, éventuellement avec des fonctionnalités limitées, fournissant aux industriels l'occasion de déployer des systèmes, de travailler sur l'industrialisation et de baser leurs développements sur de réels retours de terrain, en même temps que favorisant la visibilité internationale des acteurs.

Verrous à lever pour favoriser la filière française

- Développer les liens entre la recherche académique et l'industrie ;
- Favoriser le développement de PME de taille moyenne avec des structures financières solides pour l'industrialisation à moyen terme ;
- Mettre en place les structures de financement des équipements pour tous ;
- Lever les verrous sur l'acceptabilité et l'utilisabilité en réalisant des expérimentations à grandes échelles (sous-segment de systèmes d'assistance intelligents).

8.4.6. Conclusions

Sans vouloir revenir sur les différentes applications et leur potentiel de marché présentés dans les chapitres antérieurs, on peut noter qu'il est important de discerner :

- les applications destinées aux personnes handicapées et aux thérapeutes de la rééducation qui adressent un marché de taille moyenne, avec des petites séries de fabrications,
- les applications destinées aux personnes âgées qui pourraient adresser à terme un marché de masse nettement, compte tenu des évolutions démographiques, sous réserve d'investissement industriel important (justifié par la taille du marché) afin d'obtenir des prix de série faibles et donc des coûts de série accessibles au plus grand nombre.

Concernant ces dernières applications, la mise en œuvre de programmes « aidés » d'équipement d'EHPAD, sous forme de projets pilotes, permettraient des expérimentations à grandes échelles des

futurs produits et d'assurer le retour d'expérience et l'amélioration des systèmes sans impliquer le grand public dans un premier temps.

Il est également important de souligner que le développement des ces marchés ne se fera que dans un environnement important de services associés (centre de téléassistance, distributeur formation, maintenance...).

9. LE ROBOT « COMPAGNON » ET LES ROBOTS DOMESTIQUES

9.1. APPLICATIONS COUVERTES

Ce chapitre traite les segments de la robotique domestique et de la robotique de divertissement. Dans les deux cas, nous nous concentrons principalement sur les équipements capables d'agir, d'interagir, d'analyser et de décider en fonction de la perception de l'environnement afin de fournir un service à l'utilisateur, en accord avec la définition de la robotique de service que nous avons dressée précédemment.

Les tentatives sont nombreuses pour simplifier les tâches ménagères et automatiser le fonctionnement des équipements ménagers. On assiste notamment au développement de la domotique ou d'équipements automatisés (équipements automatisés de soin des animaux, électroménager « intelligent »...). Ces solutions techniques, bien que complémentaires à la robotique, ne sont toutefois pas encore arrivées au degré d'autonomie et d'interaction accessible par la robotique. Par ailleurs, les acteurs de la domotique que nous avons pu joindre entendent maintenir la frontière avec la robotique. Ces applications sont exclues du cadre de cette étude.

Tableau 13 : Applications domestiques commerciales

| Tâches domestiques | Exemple de produit |
|-----------------------|--------------------|
| Aspirateur | Roomba, |
| Tondeuse à gazon | Robomow |
| Nettoyage de piscines | Tiger Shark |
| Laveur de sols | Scooba |
| Balayeurs | Robomop |

Dix ans après les premiers prototypes proposés par Electrolux et Dyson, qui ont ouvert la voie aux séries Roomba d'iRobot (*leader* du marché), **seuls quelques robots peuvent afficher une maturité technique suffisante pour convenir à un marché**. Les applications disponibles se restreignent toutes à du travail dans un plan et il n'existe pas de robot commercial capable de manœuvrer dans les trois dimensions de l'espace de manière efficace. Les fonctions proposées par les robots domestiques actuels s'inscrivent plus volontiers dans la continuité de l'amélioration continue des solutions déjà présentes et le renouveau des usages.

- Les **aspirateurs** ont été les premiers robots domestiques proposés au grand public : c'est pourquoi ce sont aujourd'hui les produits les plus vendus. Si en 2005 par exemple les ventes annuelles de robots aspirateurs en France s'élevaient à un millier, ce sont 31 000 robots en 2009 puis 100 000 en 2010 qui se sont vendus. Des grandes surfaces spécialisées peuvent compter jusqu'à 40 références de robots aspirateurs différents dans leur catalogues. Ces produits se sont rapidement intégrés dans la chaîne d'évolution des aspirateurs traditionnels dont le renouveau a notamment été initié par les machines sans sacs. Ils viennent en complément des produits traditionnels plutôt qu'en remplacement.
- Les tondeuses à gazon représentent la seconde application la plus répandue au sein des robots domestiques selon les statistiques de l'IFR. De la même façon que les aspirateurs, ils s'insèrent dans un *continuum* d'évolution des outils d'entretien des pelouses comme la tondeuse avec sac, puis après eux, les tondeuses tracteurs sur lesquels il est possible de monter. Initiés par Electrolux, les systèmes automatisés sont aujourd'hui bien diffusés.
- Les **nettoyeurs de piscine** reprennent les mêmes caractéristiques que les robots aspirateurs. Leur développement est plus récent, mais au-delà de leur caractère étanche pour pouvoir être

immergés, ils sont de plus simple conception du fait de la nature de l'aire à traiter (le plus souvent rectangulaire, sans obstacles).

- Les dernières nouveautés sont les **laveurs de carrelage**, utilisant des brosses munies de lingettes humides, et le **robot balai** capable d'attraper la poussière, les poils et les cheveux. Il n'y a actuellement pas assez de recul pour apprécier leur niveau de diffusion.

Figure 51 : Exemples de robots domestiques

De gauche à droite et de haut en bas : IRobot Roomba (aspirateur robot) ; IRobot Scooba (robot laveur de carrelage) ; Robomop (robot balai) ; Husqvarna Robomow (tondeuse à gazon automatique) ; Hayward Tiger Shark (aspirateur de piscine)



Pour cette catégorie de produits, la dénomination de robotique est parfois utilisée de manière légèrement abusive, dans un but de valorisation marketing. On trouvera ainsi souvent cette appellation pour des applications telles que des engins purement télécommandables par exemple, qui n'entrent pas dans le périmètre de l'étude.

Tableau 14 : Applications compagnon (divertissement ou éducation) commerciales

| Compagnon | Exemple de produit | Public visé |
|---|-------------------------------|--|
| Robots de compagnie | PaPero | Personnes dépendantes, enfants |
| Téléprésence | Meccano spykee | Personnes dépendantes, enfants, tout public averti |
| Plate-forme de programmation/éducation | Lego Mindstorm | Technophiles avertis, écoles |
| Jouets | Robosapien, Meccano spykee... | Enfants, technophiles avertis |

Le robot de compagnie peut interagir avec l'utilisateur : les solutions les plus simples recueillent, analysent et traitent les informations exprimées (par exemple les centres d'intérêt, expression de la faim...) ; les plus complexes pourraient à terme capter le non exprimé (émotions). L'objectif est de pouvoir amener une réponse pertinente en réaction à ces données. Ce type de dispositif peut par exemple :

- assurer une présence artificielle rassurante pour les personnes fragiles telles que les personnes âgées ou les enfants par exemple ;
- amener des informations, rendre des services au quotidien ;
- remplacer à terme, ou compléter la console de jeux avec des possibilités d'action physique, de projection d'image et d'autres modes d'interaction ludique.

La téléprésence est souvent assurée par des plates-formes mobiles équipées de caméra, micro et éventuellement d'écran de retransmission. Ces dernières peuvent ensuite être utilisées pour assurer le lien entre les personnes comme c'est déjà le cas avec les systèmes de visioconférence, ou pour la surveillance des domiciles, activité qui est traitée dans le chapitre suivant.

Les plates-formes de programmation se multiplient et constituent une première étape dans la démocratisation de la programmation robotique. Elle permet au grand public et aux étudiants de débiter le développement d'algorithmes et d'applications propres. Pour les moins complexes, on parle de produits comme les Lego Mindstorm, et pour les plus complexes, se basant sur différents environnements comme Windows Robotics Studio, on assiste aujourd'hui à l'éclosion d'une offre avec des systèmes comme PC BOT.

Enfin, les jouets sont les systèmes les moins évolués. Ils possèdent quelques capteurs leur permettant une adaptation sommaire à leur environnement et sont parfois rustiquement paramétrables. On parle alors de produits comme le Robosapiens de WooWee. Des acteurs du jeu vidéo, s'intéressent à de nouveaux concepts robotiques ludiques.

9.2. CONTEXTE ET ENJEUX

Dans des sociétés évoluant de manière permanente, le style de vie et les comportements muent et influencent les **besoins en produits ménagers ou de divertissement**. Parmi les facteurs sociétaux les plus saillants expliquant le contexte actuel, nous pouvons citer des facteurs favorables au développement de nouvelles solutions autonomes et de substitution de l'action humaine :

- l'augmentation de la mobilité, notamment dans le cadre du travail et des loisirs, diminue le temps passé au domicile. Cela peut induire un besoin de téléprésence pour assurer la sécurité du logement ou assurer le lien avec les membres de la famille ;
- l'effritement des liens sociaux conduit souvent à l'isolement des personnes âgées et à l'affaiblissement des liens parents-enfants. Se crée alors un besoin de téléprésence ou de robots compagnons (sans parler à ce stade d'autonomie des personnes) ;
- l'éclatement de la cellule familiale dans la majorité des pays de l'OCDE, et l'augmentation des comportements individualistes (prise d'indépendance plus rapide des enfants, hausse du célibat et des familles monoparentales, des divorces...) accroissent le nombre de foyers. Pour exemple, en France, l'INSEE a mis en évidence un accroissement du nombre de foyers de plus de 80 % entre 1960 et 2007. Cet accroissement s'accompagne aussi d'une diminution des foyers de plus de trois personnes entre 1999 et 2007. Cela conduit à une augmentation du nombre d'équipements achetés, et c'est plus particulièrement vrai pour l'électroménager qui a une vocation assez sédentaire ;
- l'augmentation du niveau d'emploi des femmes : le taux d'emploi des femmes augmente depuis maintenant plusieurs décennies. Cet investissement professionnel n'étant que

marginalement compensé par un investissement des hommes dans les tâches ménagères, les solutions de substitution pourraient trouver là un facteur de développement : électroménager, jouets éducatifs... ;

- l'augmentation du niveau d'éducation du public diminue les ressources humaines moins qualifiées. On manque ainsi actuellement de personnes pouvant réaliser des tâches courantes (aide à domicile...) et de soin des personnes dépendantes (personnes âgées, malades...). Le second cas est traité dans le chapitre précédent, les tâches courantes pourraient quant à elles être réalisées par des robots ;
- l'importance du « rang » social : dans la société consumériste où la valeur des hommes est souvent liée à l'étendue de ses biens, le robot peut jouer un rôle important de faire-valoir de la position sociale, comme le furent en leur temps la voiture, le réfrigérateur ou la télévision ;
- enfin la diffusion large des nouvelles technologies (smartphones) facilitera l'acceptabilité individuelle de nombres de dispositifs nouveaux, plus ou moins intrusifs, dans la vie quotidienne des ménages...

À l'inverse deux tendances assez marquantes peuvent limiter la diffusion de nouveaux équipements ménagers et de divertissement :

- l'augmentation de l'équipement qui suit difficilement la taille des logements : avec la pression immobilière dans les villes, où vit plus de 75% de la population des pays industrialisés (statistiques ONU), les logements auront bientôt peine à accueillir encore plus d'équipements. Malgré leur forme compacte, les robots, notamment domestiques, peuvent alors avoir du mal à s'adapter à des environnements où les équipements sont plus en plus nombreux et éventuellement volumineux ;
- le vieillissement de la population, malgré une population vieillissante qui a été confrontée de plus en plus tôt aux évolutions technologiques, induit un segment de population plus difficile à convaincre et de fait moins consommateur de produits technologiques.

Enjeux

Au vu de ce contexte social, il est clair que des robots domestiques et les robots de divertissement peuvent répondre à des enjeux importants tels que :

- **compenser l'affaiblissement lié à l'âge ou aux handicaps pour les tâches de la vie courante.** La compensation du handicap a longuement été traitée précédemment. En complément nous pouvons toutefois ajouter que les robots domestiques et compagnons pourront se montrer très utiles dans l'accomplissement de tâches simples pour apporter une autonomie supplémentaire à ce type de population ;
- **réduire l'intervention humaine dans les tâches simples, répétitives et salissantes.** Dans un contexte social où les gens disposent de moins en moins de temps pour réaliser les tâches courantes, les robots viendraient réaliser ces tâches en se substituant à eux. Les particuliers aspirent leur logement environ 1h par semaine ;
- **aider à la décision et à l'analyse.** L'aide à la décision et à l'analyse consiste à fournir les informations les plus pertinentes nécessaires pour répondre à des questions courantes. Si initialement ce type de service peut être fourni par des systèmes informatiques, des nouveaux produits robotiques reprenant ce type de rôle apparaissent. Ils sont encore rudimentaires et consistent par exemple en la fourniture de prévisions météorologiques, de cours de bourses ou l'acquisition et l'analyse de mouvements dans un local/bâtiment ;

- **dans une moindre mesure, améliorer l'efficacité énergétique.** Plusieurs études ont comparé les consommations énergétiques des robots aspirateurs avec celle des aspirateurs normaux. Les robots, fonctionnant généralement avec des moteurs plus petits et optimisant leur temps et moment de passage, consomment pour l'instant moins d'énergie que leurs homologues manuels pour des tâches comparables. À terme, cela pourrait répondre à un enjeu majeur actuel sur la maîtrise de l'énergie.

9.3. PERTINENCE & VALEUR AJOUTÉE

Les robots de divertissement/éducation remplissent assez aisément leur rôle, comme l'ont fait auparavant les jeux vidéo. En effet, ce type de produit, plus que d'autres, crée le besoin chez un public averti et à forte capacité d'adaptation. Cela les rend facilement adoptables quand ils sont suffisamment originaux et bien positionnés (prix, segment de marché). Les prix élevés seront certainement les freins majeurs à la rapide démocratisation de ces robots, preuve en est l'échec de produits comme l'AIBO de Sony qui en plus était mal positionné.

Il est pour l'instant encore difficile de juger de la pertinence et de la valeur ajoutée des robots de compagnie. Ils manquent en effet encore de maturité, même si de premières expériences telles que Paro au Japon semblent montrer un effet de ces robots sur le bien-être des personnes.

Les robots domestiques répondent dans le principe à un besoin de gain de temps, mais pêchent encore par leur efficacité discutable et leur rapport prix/service rendu trop élevé. Partis d'une base non aboutie, les nouveaux produits commercialisés se concentrent encore beaucoup sur la correction des défauts constatés des premières générations (nouveaux moteurs d'aspiration, meilleure autonomie, meilleurs systèmes de coupe, algorithme de cheminement revu...). Les améliorations fonctionnelles sont donc minimes et concernent par exemple l'adjonction d'équipements à faible valeur perçue tels que des caméras, des rayons UV pour « désinfecter » le milieu avant/pendant l'aspiration ou le nettoyage, ou encore la reconnaissance vocale des ordres.

Pour illustration, les robots aspirateurs recueillent, selon des études américaines, un niveau d'insatisfaction assez palpable quant à leur performance, qui n'empêche cependant pas aujourd'hui la croissance forte du marché :

- aspire difficilement les moquettes et tapis ;
- ne détecte pas les objets au sol ;
- ne peut aspirer les escaliers ;
- a une faible contenance de réservoir, ce qui peut réduire sa capacité d'aspiration ;
- a souvent une faible autonomie ;
- est incapable d'aspirer les meubles ou de les déplacer pour aspirer derrière/dessous ;
- ne peut servir efficacement d'aspiration d'appoint, pour aspirer efficacement à un point précis (par exemple) ;
- enfin, est lent et bruyant, ce qui peut représenter une nuisance aux utilisateurs ou pour ceux qui sont obligés de subir le bruit (voisins, résidents le plus souvent si l'objet est programmé pour fonctionner dans une maison où se trouve un retraité par exemple).

Pour les autres applications (laveuse de carrelage, tondeuse robotisée...) on peut aussi citer pour exemple des défauts d'autonomie du système liés par exemple à :

- l'obligation de rajouter de l'eau chaude à différentes phases du nettoyage dans le laveuse de carrelage ;

- la nécessité d'assurer la sécurité du lieu d'évolution de la tondeuse à gazon (risque de passage d'enfants par exemple...).

L'achat de ce type de produit se fait pourtant dans l'espoir d'obtenir un service irréprochable et de gagner du temps. Cette dissonance entre l'attendu et la réalité peut avoir un effet négatif notoire sur l'achat (si véhiculé par l'information) ou le réachat (si véhiculé par l'expérience).

Figure 52 : Exemple de comparaison de performances entre robot et humain sur des tâches simples

Une étude EPFL 2011 montre que les robots sont moins rapides pour effectuer une même tâche que les équipements traditionnels : il faut 1h pour aspirer 20 m² avec un Roomba quand il faut 6 minutes avec un aspirateur traditionnel. Le robot consomme moins d'énergie mais la différence est faible et les utilisations non fonctionnelles vont tendre à rendre les robots énergétiquement moins efficaces (mise en route lorsque le sol n'a pas besoin d'être aspiré, pour le plaisir de regarder le robot, pour la démonstration aux proches...) selon une étude de la Georgia Tech.

Une étude danoise de 2010 a pour sa part comparé le coût d'utilisation d'un robot par rapport aux solutions classiques utilisées dans l'administration. Les robots se sont avérés plus chers à l'utilisation que le recours à une prestation de service. Les résultats sont présentés dans le tableau qui suit.

Table 4: Summary of cost breakdown: electricity, time, acquisition, and maintenance (DKK per year)

| Cost | Robot vacuum cleaner | Conventional vacuum cleaning (control area) |
|--|----------------------|---|
| Electricity consumption (economic value) | 189.49 | 57.15 |
| Time consumption (labour costs) | 5,970.8 | 6,832.1 |
| Acquisition and maintenance | 1,960.48 | 251.8 |
| Total | 8,120.77 | 7,141.05 |

Tableau 15 : Pertinence des applications actuelles avec les enjeux poursuivis

| | Compenser les conséquences (affaiblissement, isolement...) de l'âge ou d'un handicap pour les tâches de la vie courante | Réduire l'intervention humaine dans les tâches simples, répétitives, et salissantes | Aider à la décision et à l'analyse de l'environnement (dont acquisition de connaissances) | Améliorer l'efficacité énergétique |
|---|--|--|--|---------------------------------------|
| Aspirateur | ++ | +++ | + | +++ |
| Tondeuse à gazon | ++ | +++ | + | ++ |
| Nettoyage de piscines | - | ++ | - | - |
| Laveur de sols | ++ | ++ | - | - |
| Balayeur | ++ | +++ | - | - |
| Robot de compagnie | +++ | + | ++ | - |
| Téléprésence | +++ | + | ++ | - |
| Plate-forme de programmation/éducation | - | - | +++ | - |
| Jouets | - | - | +++ | - |

- : inexistante/inapplicable ; + : faible ; ++ : moyenne ; +++ : forte.

9.4. LES ÉTERMINANTS DES MARCHÉS

Déterminants de la demande

Les marchés américain, européen et asiatique (hors Japon) réagissent de manière comparable à l'offre robotique et s'attardent plus sur la fonction proposée, le service rendu et le prix réclamé. Dans ces trois zones géographiques, les robots sont aujourd'hui encore considérés comme des gadgets : les robots compagnons souvent considérés comme des jouets et les aspirateurs peinent à être classifiés comme réels équipements électroménagers.

Ces zones peuvent être dures envers la robotique, deux exemples issus d'études pour l'illustrer :

- Les possesseurs américains de robots pensent par exemple que les robots ne sont pour l'instant pas à la hauteur des espoirs qu'ils ont suscités et ont été survendus (source : étude Georgia Tech).
- Selon la VDE, même si 56 % des personnes âgées se montreraient spontanément favorables à la présence d'un robot dans leur maison pour des tâches ménagères, 40 % y seraient aussi spontanément opposés et après réflexion, plus d'un retraité sur deux serait finalement sceptique quant au service rendu de ces objets peu avenants.

Le Japon est particulier : ce pays est culturellement très favorable aux solutions robotiques (premier constructeur de robots industriels...) et le fait de posséder ce type d'objet passe avant l'évaluation de la pertinence de sa fonction. Dans ce pays, un robot devra tout de même être le plus communicant ou sociabilisé possible : ce qui devrait conduire à une demande toujours plus soutenue pour les robots compagnons/divertissement que les robots domestiques.

Plus communément :

- Aujourd'hui, les robots personnels sont chers par rapport au service rendu, ce qui les destine à des foyers possédant un pouvoir d'achat supérieur à la moyenne. Cela en fait un achat de confort qui dans certains aspects peut avoir un rôle social. L'adoption massive sera donc plus lente, comme pour l'informatique qui en près de 30 ans d'existence peine à pénétrer les foyers de CSP¹⁷ de base.
- Dans le segment d'individus visé, les personnes les plus susceptibles d'adopter les nouveaux robots sont les jeunes adultes, les technophiles et les enfants. C'est un socle assez labile qui peut disparaître rapidement si l'offre n'évolue pas assez vite et au gré des tendances et convaincre les ménagères des catégories sociales majoritaires, celles qui permettront d'assurer un ancrage durable de ces produits dans les foyers, sera plus compliqué.

Chaîne de valeur du robot domestique

Les chaînes de valeur des robots compagnons/divertissements ne sont pas spécifiques : elles sont sensiblement identiques à celles des jouets et des produits électroniques courants (mêmes acteurs). Les concepts ont été initiés par de grands groupes comme Lego ou Sony, puis on assiste maintenant à la naissance de fabricants spécialisés (WowWee...). Ces fabricants sont très actifs dans la promotion de la robotique, dans un contexte où d'autres fabricants de jouets électroniques abusent parfois de la terminologie « robot ». Les produits sont diffusés par les canaux classiques de jouets.

Nous nous intéresserons plus particulièrement à la chaîne de valeur des produits ménagers dont les ventes représentent actuellement la plus grande part du marché de la robotique personnelle de service.

Figure 53 : Chaîne de valeur simplifiée de la robotique domestique



Les canaux d'approvisionnement en composants ne sont pour l'instant pas encore spécifiques à la robotique. Il y aurait ainsi actuellement peu encore d'acteurs spécialistes de pièces ou grands ensembles génériques pour la robotique. C'est une étape qui semble importante pour partager les coûts et réduire le prix des robots qui sont pour l'instant encore chers. Par ailleurs, il apparaît que sur ces marchés grands publics, la fabrication complète des robots ne sera viable que si une partie au moins en est faite dans des pays à bas coût de main-d'œuvre. La valeur ajoutée pour les acteurs français qui travaillent sur ces segments est donc réduite d'autant.

La conception et la fabrication de robots sont maîtrisées par les généralistes de l'électroménager et quelques spécialistes. Ces derniers profitent de leur expérience respective en produits électroménagers et en robotique : les idées proviennent par exemple souvent de grandes firmes comme l'illustre le cas d'Electrolux, à l'origine des premiers aspirateurs et tondeuses (Husqvarna). Les électroniciens (Asus ou Toshiba par exemple) pénètrent petit à petit ce marché en tant qu'acteurs alternatifs, tentant de prendre avantage de leur expérience en systèmes informatiques pour produire des robots mieux équipés ou moins chers.

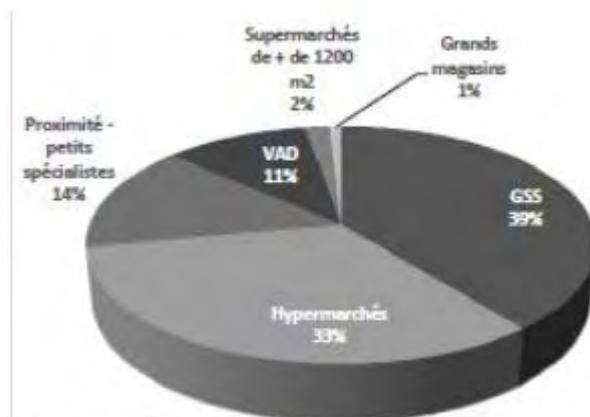
Comme pour les aspirateurs traditionnels, on assiste à une globalisation des marchés et des fabrications. Les lieux de production se délocalisent vers des pays à bas coût de main-d'œuvre. Il

¹⁷ CSP : catégorie socio-professionnelle.

n’y a par exemple en France plus de donneurs d’ordres ou de grands fabricants d’équipements ménagers, hormis Seb ; il en va de même pour les robots domestiques.

Tous ces produits s’écoulent ensuite par les circuits traditionnels longs (iRobot est exclusivement importé en Europe par Robopolis puis redistribué dans les grandes enseignes) ou courts (vente directe ou *via* un seul intermédiaire) du petit électroménager. Le graphique et le tableau suivants, indiquent les tendances de distribution des aspirateurs traditionnels qui sont proches de celles pour les robots aspirateurs.

Figure 54 : Circuits de distribution préférentiels pour les aspirateurs en 2010



Source : GFK et GIFAM (Groupement Interprofessionnel des Fabricants d’Appareils d’équipement Ménager) – décembre 2010.

Avec le développement de la robotique, on voit aussi apparaître des acteurs spécialisés de produits robotiques (domestiques ou de divertissement) qui travaillent le plus souvent en vente à distance (Robopolis, Roboshop en France par exemple).

Les services associés aux robots sont pour l’instant limités à l’assistance après vente.

Tableau 16 : Principaux acteurs de la robotique de service domestique et ludique

| | |
|---|--|
| Aspirateurs et laveurs de sols | Electrolux, iRobot, Kenwood, LG, Samsung, Dyson, Karcher, Black&Decker, Hanoor Robotics, Yunjin, Matsuhita Electric Work, Zuccheti Robotica et de nombreux acteurs chinois qui cassent actuellement les prix et la qualité des produits. |
| Tondeuses | Wany, Husqvarna/Electrolux, Friendly Robotics, Zucchetti Robotica, Brill |
| Lavages de piscines | Aquabot, Hayward, Maytronics |
| Robots compagnons/divertissement | Lego, WowWee, Meccano, Dasarobot |
| Distributeurs/Importateurs | Robopolis, Roboshop... |

Tableau 17 : Effet des principaux déterminants sur la diffusion des différents types de robots

| | Acceptation | | | Environnement | | |
|---|-------------|--------------------|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|
| | Prix | Performance perçue | Sécurité d'utilisation | Effet médias (désinformation, surinformation) | Protection du travail/éthique | Réflexion sur les normes |
| Aspirateurs | ++ | ++ | + | + | + | + |
| Tondeuses à gazon | ++ | ++ | ++ | + | - | + |
| Nettoyage de piscines | ++ | ++ | + | + | - | + |
| Laveurs de sols | ++ | ++ | + | + | + | + |
| Balayeurs | ++ | ++ | + | + | + | + |
| Robots de compagnie | ++ | - | + | + | + | + |
| Téléprésence | ++ | ++ | - | + | - | + |
| Plate-forme de programmation/éducation | + | ++ | - | + | - | + |
| Jouets | ++ | - | ++ | + | + | + |

++ = important ; + = notable ; - = sans effet/effet négligeable.

* : l'acceptation d'une solution est principalement liée à l'adéquation entre les performances attendues et les prix, critères de sécurité, effort à consentir pour l'utilisation acceptable pour l'utilisateur.

Déterminants technologiques

Afin d'assurer un développement rapide de nouvelles solutions, certains membre de l'IEEE se sont penchés en 2009 sur les défis techniques à relever à court terme pour aboutir à des solutions robotiques matures. Parmi les technologies fragiles relevées, on trouve :

- le positionnement absolu dans l'espace (coûteux),
- la couverture de terrain (nécessite des algorithmes plus poussés),
- les capteurs précis (et toujours plus chers),
- les systèmes d'autocorrection d'erreurs (autodiagnostic),
- la sécurité d'utilisation (standards à développer).

Déterminants environnementaux : économiques

Parmi les facteurs économiques saillants pouvant influencer le développement de la robotique, nous pouvons indiquer :

- La baisse de la durabilité des produits. La durabilité des produits est actuellement en nette diminution. L'ajout d'électronique à des appareils aussi rudimentaires que des aspirateurs devrait participer à diminuer leur durée de vie qui était auparavant liée à celle des éléments mécaniques (moteur, châssis...). Cela participe au raccourcissement des cycles de renouvellement.

- Le multiéquipement des ménages. Le multiéquipement consiste à acheter des appareils redondants. C'est un phénomène favorisé par la baisse des prix et observable par exemple dans le cas des aspirateurs.
- Le rapport prix/service rendu. Le rapport prix/service rendu est important comme l'a montré l'échec du Tribolite d'Electrolux (2001) ou de l'Aibo de Sony. IRobot a connu le succès avec le Roomba un an après le Tribolite car il était 5 fois moins cher pour le même niveau de service rendu.
- La saturation du secteur des électroménagers. L'électroménager est une filière qui arrive à saturation. La question est maintenant de savoir si les robots pourront amener une différenciation suffisante pour créer des relais de croissance.
- L'organisation de l'industrie robotique. Le manque d'une industrie organisée, notamment pour les composants où les sous-traitants ne sont pas encore spécialisés, conduit à des produits chers.

Déterminants environnementaux : réglementaire

Parmi les facteurs réglementaires les plus saillants, nous pouvons citer :

- La protection du travail. On assiste actuellement dans de nombreux pays à une augmentation de la pression réglementaire pour la protection de l'emploi. L'objectif est souvent de se prémunir contre des problèmes éthiques futurs. Il est encore tôt pour mesurer l'effet des robots sur l'emploi, notamment dans le monde du nettoyage professionnel en entreprise ou des services à domicile.
- La réflexion sur les normes de fabrication des robots domestiques. Les réflexions actuelles sur les normes de conception se basent pour l'instant sur celles des petits électroménagers. En Europe par exemple, ces derniers doivent se conformer à des directives sur le recyclage (augmentation de la complexité car il y a plus de pièces), le bruit (qualité et durée), la sécurité en milieu explosif, la sécurité électrique, les normes sur les batteries, les émissions chimiques et la compatibilité électromagnétique.

Déterminants environnementaux : médias

Parmi les facteurs médiatiques les plus saillants nous pouvons citer :

- L'information déformée. Les médias, plus particulièrement le cinéma, ont eu un effet mitigé sur l'implantation des robots. En effet, ils véhiculent et favorisent des idées et concepts préconçus souvent inappropriés et éloignés de la réalité qui conduisent souvent à élever le niveau d'attente des gens, au-delà de ce qui est réalisable (majordome, compagnon intelligent...) ou au contraire à effrayer le public (mythe du robot envahisseur).
- La surinformation des clients potentiels. Comme pour toute nouvelle technologie, la surinformation participe souvent à ralentir la diffusion. Les consommateurs sont aujourd'hui trop informés *via* les nouveaux médias : Internet, sondage de satisfaction, réseautage (forums, salons de discussion...).
- La forte communication des firmes industrielles. Les fabricants communiquent beaucoup sur les projets en cours et à venir, même lorsqu'ils sont encore expérimentaux. Cette communication est d'autant plus importante pour les produits de divertissement et domestiques puisque c'est le moyen de sonder le marché pendant le développement ; puis de rapidement vendre le produit une fois qu'il est abouti.

L'acceptation de la robotique en tant que vraie solution technique

La théorie unifiée d'évaluation de l'acceptation des nouvelles technologies propose 4 axes déterminants de l'acceptation :

- Les attentes de performances de l'utilisateur
- Les efforts perçus pour mettre en place le système
- L'influence sociale
- Les éléments facilitateurs de l'offre

Un sondage 2010 de la *Georgia Institute of Technology* sur les fonctions d'un robot recense aux États-Unis les demandes qui pourraient être formulées envers la robotique de service : sécurité, cuisson/préparation des aliments, assistant personnel, lessive, vaisselle, rangement, jardinage, couper le bois, prendre soin des animaux. Le type de service recherché est directement corrélé à l'âge des répondants et parmi ces demandes, beaucoup sont encore très complexes à mettre en œuvre. Ces demandes sont relativement proches de ce qui peut être demandé dans des pays européens (recoupement de sources diffuses).

Tableau 18 : Attentes de la population des États-Unis à l'égard des robots

| Task | Percentage of participant responses |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Cleaning/Chores | 35 |
| Security | 10 |
| Physical Aiding | 9 |
| Working on other machines | 8 |
| Cooking | 7 |
| Maintenance/Repairs | 5 |
| Service | 3 |
| Entertainment | 3 |
| Health-related activities | 3 |
| Cognitive Aid | 3 |
| Company/Conversation | 3 |
| Other | 11 |

Source : *Georgia Institute of Technology*.

Le robot majordome constituerait une synthèse de toutes ces demandes. Cela le rend encore plus hypothétique car trop complexe. Des échecs tels que celui d'EOS Innovation montre que l'accueil et la maturité de telles solutions ne sont pas encore réunis. Cette conception de la robotique entrera, par ailleurs, en concurrence directe avec la domotique qui gère et coordonne déjà les appareils de la maison de manière efficace. On peut donc constater que l'attente de performance est grande sur ce segment de la robotique.

Pour les applications commerciales actuelles, l'effort pour mettre et maintenir le robot en action est relativement conforme aux attentes des clients. Les constructeurs ont pris le parti de ne pas fournir des instruments trop complexes. Dans l'absolu toutefois, une étude danoise de 2010 montre que le temps à consacrer à la préparation et l'entretien des machines n'est pas négligeable, ce qui pourrait réduire l'intérêt de ces solutions.

L'influence sociale est actuellement double. Les technophiles ressentent la robotique comme un progrès pour la société et auront un rôle incitateur de ce type d'achat. Le regard des technosceptiques tendra plutôt à dénigrer l'aspect « gadget ». Chacun jouera donc un rôle pour favoriser ou freiner la diffusion des robots personnels. Les produits robotiques ont pour l'instant principalement élu demeure chez les personnes averties et facilement influençables.

Les éléments facilitateurs de l'offre ne sont pas encore nombreux pour améliorer la diffusion des robots. Ainsi, si on parle des services associés aux robots qui seraient les premiers arguments, ils sont encore assez peu développés, et le support offert pour l'utilisation des machines ne se différencie pas de celui des autres équipements de la maison.

9.5. ÉVOLUTIONS DU MARCHÉ

9.5.1. Global

Les projets à venir sont très ambitieux : ils envisagent à moyen/long terme la conception de robots rendant des services encore plus fonctionnels et complexes. À court terme toutefois, ce sont toujours des applications simples qui prévalent. Un rapide aperçu de la littérature sur les projets en cours permet d'identifier les applications qui arrivent et les solutions en cours de recherche et développement (moyen/long terme).

Les applications émergentes :

- **Piece of bot**, robot divertissement et domestique permettant par exemple de nourrir les animaux et arroser les plantes. C'est un ensemble de modules programmables avec des roues et un bras motorisé.
- **Windoro**, robot domestique de lavage des vitres. Sa future commercialisation suscite déjà des questions tant le lavage des vitres est une activité peu fréquente : chacun peut en effet se demander l'utilité d'automatiser une tâche réalisée quatre à cinq fois par an chez des particuliers.

Les solutions en cours de développement/recherche :

- Jazz de Gostai, robot compagnon / téléprésence / surveillance ;
- Ava d'iRobot, robot compagnon avec une interface tablette tactile ;
- EMOX d'Awabot, robot ludique et éducatif ;
- Willow Garage Turtlebot, robot logistique domestique (agripper et transporter des objets tels que des plats) ;
- REEM-H2, robot compagnon avec interface tactile (information/renseignement de personnes) ;
- Projet UC Berkeley, robot domestique de triage/pliage du linge. Au vu des premiers résultats, le robot de repassage est encore loin d'applications commerciales car c'est une opération trop complexe ;
- Le robot Roméo d'Aldebaran, robot domestique et compagnon humanoïde. Les dates de commercialisation d'un tel robot communiquées sont à partir de 2020 ;
- Rollin' Justin Coins, robot domestique et compagnon humanoïde ;
- Luna de Robodynamics, robot domestique ou compagnon humanoïde (en cours de développement mais la proposition de valeur n'est pas définie) ;
- iCub, plate-forme de recherche modélisant le comportement et les mouvements d'un enfant de 3 ans ;
- Eve-R-1, robot divertissement humanoïde ;
- iRobi, robot domestique et compagnon (*nanny robot*) pour l'éducation et la surveillance des enfants ;
- Panasonic, robot domestique laveur de tête, principalement pour le milieu hospitalier dans un premier temps.

Les produits compagnons personnels (divertissement, éducation...) se développant sont marqués par deux tendances marquantes à court terme :

- La convergence avec l'informatique/Internet du compagnon : la convergence avec les systèmes informatiques (intégration d'interfaces logicielles, d'outils de reconnaissance vocale, de voix de synthèse, d'interaction pseudo-intelligente) est déjà bien entamée. Les fonctions ludiques, pédagogiques et communicantes des robots compagnons sont celles qui étaient déjà présentes dans l'informatique. La différence est le support matériel qui permet de donner l'illusion de nouveauté et de convivialité. Le développement rapide des plateformes de programmation devraient participer à renforcer cette tendance.
- Un tâtonnement dans l'approche du marché pour les applications complexes (jouet ou autre positionnement ?) : le positionnement est le point le plus compliqué à aborder pour ce segment de produit. Une tentative de segmentation est initiée pour détacher les compagnons de l'image jouet/gadget. Il paraît toutefois compliqué de les en détacher, tellement les fonctions des nouveaux produits paraissent complémentaires de celles des articles ludiques. L'Aibo de Sony n'était pas vraiment vendu comme un jouet, son prix élevé associé à une utilité faible a participé à son éviction du marché. Robosapiens a lui été vendu comme jouet pour des fonctions sensiblement identiques mais un prix adapté en conséquence. Les systèmes plus complexes comme PaPeRo, Wakamaru (Hitachi) ou SmartPal (Yaskawa) peineront à trouver un positionnement clair.

Pour la robotique domestique, les tendances générales à court terme sont :

- Un marché peinant à innover en termes de fonctionnalités : les concepteurs peinent à imaginer des applications qui susciteraient une demande de masse. Ces dernières viendront peut-être des utilisateurs. Par exemple, iRobot n'a pas particulièrement fait d'efforts pour empêcher le piratage de ses plateformes de Roomba : leur objectif avoué à demi-mot est de permettre l'avènement de nouvelles applications qui ne peuvent venir par une approche essentiellement technologique (« vision de l'ingénieur »). Par conséquent, il est probable que les marchés tâtonneront pour trouver les futurs leviers de croissance.
- Un timide élargissement de la base de clients : les robots domestiques commencent à s'adresser aux catégories socio professionnelles moins aisées par une baisse des prix.
- Une baisse des coûts qui commence à être contrôlée : aujourd'hui, les gains de coûts s'opèrent volontiers au détriment de la qualité des produits proposés *via* des robots *low cost* moins efficaces et plus fragiles. Cela peut avoir un effet néfaste sur la filière en renforçant l'image gadget des robots de service. La vraie baisse des prix (celle qui conservera la qualité de la prestation) passera par l'effet d'expérience acquis avec les premiers robots et l'organisation efficiente de la chaîne de valeur.

Le marché des robots domestiques est tiré par les aspirateurs dont les ventes profitent de la bonne forme du marché des appareils conventionnels, et les robots tondeuse à gazon. Ces deux produits ont atteint un niveau de maturité technique suffisante pour consolider leurs marchés. Cela se manifeste notamment par une multiplication des acteurs proposant des « *me too* » de qualités variables : il existe actuellement une quarantaine de références d'aspirateurs robots.

Les robots aspirateurs représentent 95 % de la robotique domestique selon l'IFR. La tondeuse à gazon automatique, le second plus grand marché depuis 2005 stagne et a du mal à être accepté. Au vu des projets en cours de développement et de leur état d'avancement, cet ordre de grandeur devrait rester le même à court terme. En effet, il ne semble pas y avoir d'innovation de rupture prévue (aspirateur capable d'évoluer hors plan, par exemple). Il est probable qu'on observe un taux de croissance légèrement supérieur à ce qui est observé actuellement pour les cinq prochaines années (~ 10 % annuel selon l'IFR), grâce à une baisse du prix de la technologie, aux nouvelles

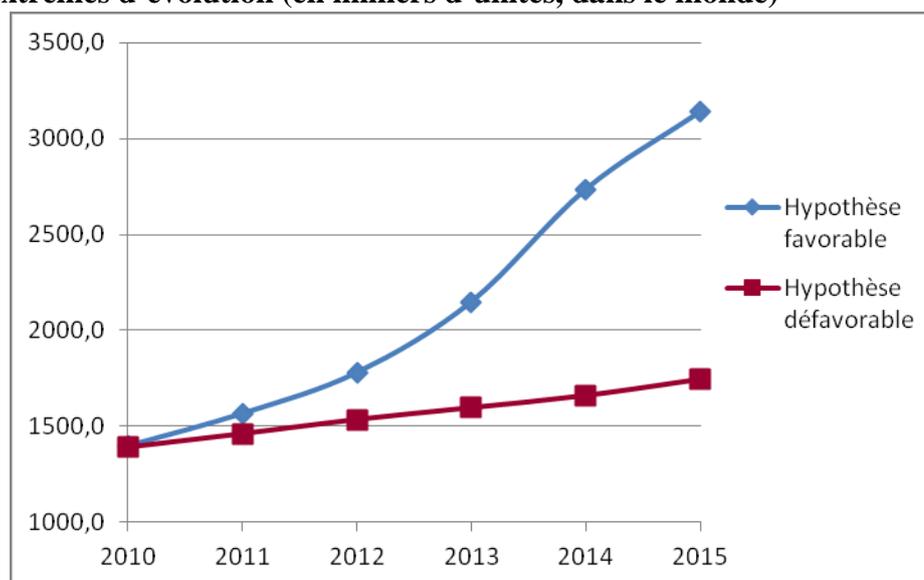
applications qui viennent d'être lancées et éventuellement à la participation de nouveaux marchés (Amérique latine, Chine...). Il reste toutefois deux inconnues majeures :

- les chiffres de l'accueil des robots balais et nettoyeurs de carrelage ;
- l'effet de la récession européenne sur la consommation et du ralentissement économique américain et asiatique.

En volume, les ventes d'aspirateurs d'iRobot (75 % du marché selon les analystes) se sont élevées à environ un million d'unités en 2010 (source iRobot). Pour comparaison, les aspirateurs sans sac de Dyson, une entreprise qui a fait ses débuts en même temps qu'iRobot, se vendent annuellement à plus de 3 millions d'exemplaires pour un prix comparable et représentent la moitié des ventes d'aspirateurs traîneaux (84 % du marché) : la diffusion des robots a donc été plus lente. Cela peut s'expliquer par le fait que les robots aspirateurs se positionnent comme des équipements secondaires.

Une projection selon deux hypothèses extrêmes, permettrait d'établir une prévision sur l'horizon 2015 de 1,7 à 3,1 millions d'unités de robots domestiques. Avec un lissage des ventes unitaires cela représenterait une fourchette des ventes de l'ordre de 8 à 11 millions d'unités en ventes cumulées entre 2011 et 2015.

Figure 55 : Potentiel d'évolution de la robotique domestique entre 2011 et 2015 selon deux hypothèses extrêmes d'évolution (en milliers d'unités, dans le monde)



Source : évaluation Erdyn.

L'hypothèse défavorable consiste en une économie mondiale en récession pour laquelle la croissance du secteur égale celle de l'économie mondiale tablée par le FMI pour 2012 à ~ 4 % (il est toutefois à noter qu'entre 2008 et 2009, l'IFR avait même enregistré une baisse des ventes) et un accueil mitigé des nouvelles applications balais et laveurs de carrelage (~ 2 % comme les tondeuses).

L'hypothèse favorable consiste, à l'opposé, en un effet minime de la récession, un accueil des nouvelles applications comparable à celui des robots aspirateurs lors de ses débuts.

Tableau 19 : Projection de vente des produits déjà lancés en 2011 (Erdyn)

| Application ou usage | Avancement chiffré (projet, produit, diffusion massive) | Potentiel 2015 (milliers d'unités) | Horizon temporel (rythme d'émergence ou de croissance) | Acteurs français |
|--|---|------------------------------------|--|-------------------------------|
| Aspirateur | Croissance | 2 100 | 2010 | Robopolis (distributeur) |
| Tondeuse à gazon | Croissance | 50 | 2010 | Robopolis (distributeur) |
| Nettoyage de piscines | Croissance | 10 | 2010 | Robopolis (distributeur) |
| Laveur de sols | Émergence | 900 | Émergence 2015 | Robopolis (distributeur) |
| Robots de compagnie | Émergence | | Émergence 2020 | Aldebaran |
| Téléprésence | Émergence | | Innovation continue | Voir parties 1 et 3 Gostai |
| Plate-forme de programmation/éducation | Émergence | | Maturation 2020, principal frein = perf, prix | Gostai, Aldebaran |
| Jouets | Mature | | Innovation continue | Meccano, WooWee |

9.5.2. Distinctions géographiques

La principale distinction des pays vis-à-vis de la robotique se situera au niveau de l'acceptation de la technologie. Si nous avons vu précédemment des critères opérationnels conditionnant l'acceptation, une étude du *Georgia Institute of Technology* menée en 2010 y rajoute la disposition sociale (émotion, empathie) et l'apparence du robot comme critère d'acceptation.

Les dispositions sociales des robots sont l'intelligence, les émotions apparentes et le non verbal. Il n'est pas encore déterminé comment ces capacités influent vraiment sur l'acceptation et la demande. Pour conquérir le grand public, le robot devrait toutefois pouvoir « se faire transparent et comprendre les besoins et humeurs des gens » selon Georgia Tech. **Les Japonais sont plus particulièrement demandeurs de robots empathiques, ce qui favorisera le développement des robots compagnons. Les Américains et Européens sont plutôt à la recherche de solutions simples, mais efficaces : ce qui favorisera l'essor des robots domestiques.**

L'apparence peut améliorer l'acceptation d'un objet. Les éléments entrant dans une maison ne doivent créer ni peur ni anxiété chez de l'utilisateur : des formes trop radicales peuvent ainsi susciter le rejet.

Si au Japon, les formes humanoïdes peuvent culturellement favoriser l'acceptation, en Europe et aux États-Unis ce n'est pas le cas. On y favorise principalement la performance et donc le design

fonctionnel qui permet de donner l'impression que la machine est professionnelle, efficace et nécessitera le moins d'interventions possibles.

L'effet de l'aspect est aussi dépendant de l'âge et de la personnalité des individus considérés. Les formes humanoïdes et zoomorphes sont ainsi plus demandées par les jeunes adultes et les enfants chez qui elles donnent une impression d'intelligence et un aspect amical/familier au robot. Les formes mécaniques et fonctionnelles sont plutôt destinées aux adultes plus âgés et aux personnes rationnelles et pragmatiques. Les constructeurs travaillent beaucoup cet aspect des robots. L'iCat de Philips a, par exemple, pris une forme féline pour répondre à ce critère, chose à laquelle sembleraient être réceptifs les Japonais, ce qui n'est pas le cas des Européens ou des Américains.

9.5.3. Place de la France

Atouts :

- fort techniquement, notamment dans le logiciel, l'humanoïde et l'interaction homme-robot
- un des marchés les plus dynamiques

La France dispose, comme nous l'avons vu dans la partie étude technologique, des savoir-faire pour réaliser des applications complexes. Ce haut niveau de spécialisation conduit toutefois les acteurs à privilégier des applications à très haute valeur ajoutée (humanoïdes, plates-formes complexes), négligeant alors les applications les plus simples et faciles à diffuser (jouets, robots domestiques).

Les robots aspirateurs représentent, selon les chiffres de GFK, 4 % des aspirateurs vendus en France en 2009, ce qui est plus que les 2,5 % observés aux États-Unis entre 2002 et 2006 par la *Vacuum Cleaner Manufacturers Association* (VCMA) et les 2 % constatés par iRobot en 2010. En volume toutefois, les États-Unis, qui comptent plus de foyers, sont les principaux acheteurs de robots domestiques et de compagnons.

Faiblesse :

- pas de fabricant d'électroménager d'envergure nationale/internationale, hormis Seb qui n'a pas pris position sur le marché des robots
- pas de fabricant de jouet d'envergure nationale/internationale
- forte dépendance en approvisionnement de composants

Comme évoqué un peu plus haut, la France a depuis longtemps délaissé les secteurs très concurrentiels. On compte ainsi peu de fabricants français de jouets ou d'électroménagers d'envergure (Seb, Meccano). Malgré un avantage technologique indéniable, la France compte ainsi un retard qu'il sera compliqué de combler si elle veut s'insérer sur ces deux segments (hors compagnon et plate-forme ludoéducative).

Par ailleurs, la France étant plus orientée technologies, elle n'est pas fabricante de composants et dépend, comme beaucoup d'autres pays, des acteurs asiatiques.

Conclusion

Les robots domestiques ou de divertissement connaissent un engouement important actuellement. On ne perçoit pour l'instant pas de signe d'essoufflement et le niveau de saturation des marchés pour les gammes actuelles de produits est difficile à évaluer.

Les robots ménagers et compagnons sont des produits matures pour certains, mais encore largement considérés comme des gadgets. L'innovation – dans les applications notamment – pour sortir de cette image est nécessaire et les constructeurs peinent à trouver les applications différenciantes et marquantes.

Les robots ménagers subissent des améliorations continues (performance ou coût). Pour augmenter la base des utilisateurs, on assiste actuellement à une baisse des prix. Cela se fait toutefois beaucoup avec une baisse de la qualité et de la performance. Cela risque de ne pas être acceptable puisqu'il existe déjà une certaine dissonance entre les performances attendues et celles proposées pour qu'on se permette de les diminuer.

Les robots de divertissement devront certainement passer par une association à des services pour percer vers des marchés adultes. Actuellement, ce ne sont en effet principalement que des jouets. Par ailleurs, les compagnons sont encore loin de vrais produits qui apportent de la valeur et seront certainement aussi des supports de services plutôt qu'une fin en soi.

Pour la filière française, le robot domestique ne semble pas être une voie de développement industriel à court terme. Les positions sont à prendre sur des marchés à plus long terme comme le compagnon, qui pourrait voir de premiers produits à horizon de cinq à dix ans. Le compagnon humanoïde, pour sa part, n'apparaît pas comme techniquement et commercialement viable à court terme.

10. LA SURVEILLANCE ET LE GARDIENNAGE

10.1. APPLICATIONS COUVERTES

10.1.1. Introduction

Le segment « Surveillance et gardiennage » concerne la robotique pour des applications de surveillance de zones ou périmètres délimités, aussi bien pour le marché des professionnels avec la surveillance d'entrepôts ou zones industrielles ; pour le marché de la robotique domestique avec la surveillance du domicile ; ou encore pour la sécurité des États et du public à travers la surveillance de sites sensibles ou le contrôle des frontières (sécurité intérieure).

Ce segment ne concerne pas la robotique de sécurité au sens large : sont exclus notamment les robots d'intervention en zones sinistrées ou radioactives, les robots de déminage et la robotique militaire. La surveillance de personne dans un souci d'assistance, par exemple la surveillance de personnes âgées, est traitée dans la partie « Assistance aux personnes en perte d'autonomie ».

Par ailleurs, nous considérons ce segment sous l'angle de la surveillance régulière et périodique (de type « rondes ») par opposition aux missions plus ponctuelles (reconnaissance, intervention, inspection...). Néanmoins, il paraît important de traiter la télérobotique, bien que cette dernière concerne à l'heure actuelle plutôt des missions d'inspection ou de reconnaissance.

Ce segment a été divisé en quatre grands types d'application :

- gardiennage professionnel ;
- gardiennage domestique ;
- surveillance environnementale ;
- sécurité intérieure.

Sur chacune de ces applications, la surveillance peut être étudiée sous l'angle de la télérobotique comme sous l'angle de la robotique autonome.

Tableau 20 : Disponibilité des offres commerciales de robotique de surveillance en 2011

| | Télérobotique | Robotique autonome |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|
| Gardiennage professionnel | Moyenne | Faible |
| Gardiennage domestique | Faible | Très faible |
| Surveillance environnementale | Faible | Très faible |
| Sécurité intérieure | Faible | Inexistante |

Une grande partie des applications actuelles de la robotique de surveillance se fait à travers la télérobotique. Le développement de la robotique « intelligente » ou « autonome » devrait pleinement impacter ce segment de marché, en permettant notamment de passer de l'inspection à de la véritable surveillance. Là où un opérateur doit obligatoirement contrôler le robot en direct en télérobotique, les robots autonomes peuvent envoyer tout seul des alertes lors d'une détection suspecte. Il est ainsi possible d'anticiper une bascule progressive de la télérobotique vers la robotique autonome au fur et à mesure des avancées technologiques dans les dix années à venir.

10.1.2. Gardiennage professionnel

Au niveau professionnel, les robots de surveillance et gardiennage sont utilisés pour surveiller des zones (en intérieur ou extérieur) pour des applications de détection d'intrusion et de sécurité incendie. Ces robots sont basés sur des plates-formes mobiles (essentiellement terrestres) équipées d'un certain nombre de dispositifs de perception (caméra, caméra IR, radar, capteurs de fumée, de substances chimiques, microphones...) qui permettent d'assurer les fonctions de surveillance du robot.

À l'heure actuelle, ces robots sont utilisés dans des environnements où la surveillance par des humains est fastidieuse, coûteuse ou dangereuse. Les lieux d'emploi peuvent être des bâtiments (sièges, usines, musées...), des sites industriels ou des sites militaires.

Ces robots sont en concurrence directe avec la vidéosurveillance et plus généralement la télésurveillance (incluant notamment les réseaux de capteurs). À ce titre, apparaît immédiatement la nécessité pour le robot d'apporter une valeur ajoutée par rapport à ces autres dispositifs pour s'imposer comme un outil valable.

Le marché de la robotique de gardiennage professionnelle n'est pas mûre, et bien que de nombreuses sociétés proposent des robots dédiés à ces applications, 50 à 200 unités au plus sont vendues chaque année (IFR, 2010), essentiellement pour des projets d'expérimentation. Ces ventes ne décollent pas.

Acteurs de la robotique de surveillance et de gardiennage professionnelle (télérobotique et robotique autonome)

- **Airrobot (GE) : mini drone**
- **Effidence (FR) : acteur de la vidéosurveillance et de la robotique**
- **EOS Innovation (FR) : robot e-vigilante**
- **Frontline Robotics (CA) : réseaux de robots pour surveiller un périmètre**
- **General Dynamics Robotic (US) : robots autonomes ou téléopérés pour environnements extérieurs**
- **Gostai (FR) : robot Jazz**
- **OCRobotics (UK)**
- **Robosoft (FR)**
- **Robowatch (GE) : robots Mosro et Ofro**
- **Rotundus (SE) : robot Groundbot pour la télésurveillance en extérieur**
- **SOHGO Security Services (JP)**
- **Tmsuk (JP) : robot de gardiennage T63 Artemis**



(source : Robowatch)

Figure 56 : Robot de surveillance professionnel Mosro de Robowatch

Le robot Ofro est un robot de surveillance professionnel dédié aux environnements intérieurs. Les robots Ofro et Mosro de Robowatch ont été expérimentés par la filiale française de la société de sécurité G4 Securicor en 2006. À l'époque G4S a même signé un contrat d'exclusivité pour la fourniture de contrats de surveillance avec ces robots. Il semblerait que le partenariat n'ait pas perduré.

Figure 57 : Robot RobuLAB 80 de Robosoft dans une configuration de surveillance

RobuLAB est une des plates-formes robotisées standards de Robosoft pour des applications d'intérieur, ici complétée par une caméra directionnelle sur un mât.



(source : Robosoft)



(source : TMSUK)

Figure 58 : Robot de surveillance T63 Artemis de TMSUK

Ce robot construit par la société japonaise TMSUK est autonome ou téléopéré et utilise des armes non létales comme un canon *paintball* ou un générateur de brouillard.

Figure 59 : Robot GroundBot de la société Rotundus

Ce robot de la société suédoise Rotundus peut uniquement être téléopéré et est dédié à la surveillance extérieure de sites « étendus ».



(source : Rotundus)



(source : EOS Innovation)

Figure 60 : Robot e-vigilante de EOS Innovation

Projet de robot autonome de surveillance dont le contrôle est pris par un opérateur dès qu'une anomalie ou une intrusion est détectée.

10.1.3. Gardiennage domestique

La robotique de gardiennage domestique concerne la surveillance des habitations de la même façon que pour le gardiennage professionnel. Il n'existe pas aujourd'hui à proprement parler une vraie offre de robotique de surveillance et de gardiennage pour le grand public, ces fonctions étant assurées par des robots de téléprésence.

Issus de fabricants de webcams ou de jouets, les robots disponibles pour la télésurveillance sont téléopérés à travers Internet, donc pas ou peu autonomes, et assurent plutôt une fonction de téléprésence plus « générale » que la simple sécurité : surveillance d'enfants, d'animaux ou vidéoconférence. Des fonctions d'autonomie basiques peuvent éventuellement être apportées par de la programmation par des utilisateurs experts.

Noyés parmi les acteurs de robots jouets ou de l'électronique grand public, les robots de surveillance pour le grand public ne sont pas aisément identifiables. L'offre dédiée est en tous cas aujourd'hui extrêmement restreinte et se compose essentiellement du robot Rovio de la société WowWee.

Acteurs de la robotique de surveillance et de gardiennage domestique

- WowWee (Hong Kong) : robot Rovio
- Speecy (JP) : robots webcam
- Robowatch (GE) : robot Mosro Mini



(source : WowWee)

Figure 62 : Robot aspirateur Tangoview de Samsung

Un phénomène intéressant tend à confirmer l'apport de la fonction de surveillance à travers des robots domestiques déjà déployés : les derniers modèles haut de gamme de robots aspirateurs intègrent aujourd'hui une caméra à des fins de surveillance ou téléprésence, comme le robot Tangoview de Samsung.



(source : Samsung)

10.1.4. Surveillance environnementale

Les applications de la surveillance environnementale visent à assurer une veille contre la pollution ou encore à prévenir les catastrophes naturelles sur différents types de sites privés (surveillance de sites industriels) ou publics (missions de protections de différentes agences environnementales, par exemple).

Aujourd'hui des drones et des robots sous-marins sont utilisés pour ce type de mission mais exclusivement en inspection, et non pour une utilisation périodique. Les robots terrestres ont pour le moment assez peu de valeur ajoutée sur ces applications : il est néanmoins possible de retrouver des fonctions de surveillance environnementale sur des robots patrouilleurs multifonctions (gardiennage et environnement).

Ces robots sont rarement dotés d'autonomie si ce n'est quelques robots marins ou sous-marins assurant des missions longues durées en mer : relevés de population, étude de la faune... Les drones sont quant à eux utilisés pour de l'analyse de composants atmosphériques ou l'analyse de la surface terrestre à l'aide de différents capteurs. Cependant, aucun robot de surveillance environnementale ne semble être déployé aujourd'hui pour la surveillance en continu de sites industriels à risque.



(source : Liquid Robotics)

Figure 63 : Robot Wave Glider de Liquid Robotics

Robot autonome pour l'exploration océanique : ce dernier peut effectuer des relevés de nombreux paramètres sur plusieurs mois.

Figure 64 : Drone Scancopter X6 de Fly-n-Sense

Ce drone peut embarquer différents types de capteurs et vise, entre autre, à réaliser des missions de surveillance environnementale.



(source : Fly-n-Sense)

10.1.5. Sécurité intérieure

Ce dernier segment comprend la robotique destinée à la surveillance de sites sensibles (centrales, aéroports, gares, lignes de chemin de fer, sites militaires...), le contrôle des frontières, mais aussi la surveillance des prisons dont les premières expérimentations ont actuellement lieu en Corée du Sud.

Les particularités de ce segment concernent la taille souvent importante des zones à couvrir et leur accessibilité au public. Cette dernière caractéristique induit notamment un grand nombre de verrous potentiels liés à des questions de réglementation (circulation de robots dans l'espace public).

Bien que plusieurs projets d'expérimentation aient pu être identifiés, peu ont atteint le stade de déploiement de robots sur le terrain. Ce segment est en effet particulièrement sensible aux problèmes d'éthique et juridiques, le marché est essentiellement aujourd'hui un marché de machines spéciales.

À noter que pour ce segment, des pays comme la Corée du Sud et Israël ont franchi une étape en dotant certains robots de capacités d'utilisation d'armes létales.



(source : G-NIUS)

Figure 65 : Robot Guardium-LS de G-NIUS

Robot téléopéré et tout-terrain de la société israélienne G-NIUS.

Figure 66 : Illustration du robot gardien de prison coréen

La Corée du Sud expérimentera à partir de mars 2012 un robot de garde autonome dans le centre pénitentiaire de Pohang.



(source : Yonhap News)



(source : TALOS)

Figure 67 : Projet européen TALOS

Le projet européen TALOS (*Transportable Autonomous Patrol for Land Border Surveillance*) est porté par un consortium de 14 membres dont l'ONERA devrait s'achever en 2012. Il vise la réalisation d'un système de protections de frontières par l'utilisation de robots terrestres et de drones.

10.2. CONTEXTE ET ENJEUX

L'amélioration de la sécurité des personnes et des biens est un des grands enjeux du monde actuel, et de nombreux travaux sont menés sur l'amélioration des systèmes visant à répondre à cet enjeu. La surveillance et la sécurité ont d'ailleurs été des applications envisagées dès la création de la robotique.

D'après le Cabinet Ecorys, le marché global de la sécurité (sécurité des particuliers, des professionnels et sécurité intérieure des États) représentaient 100 Mds\$ en 2008 dans le monde et employait plus de 2 millions de personnes. La part de l'Europe représentait environ 30 Mds\$.

Au niveau professionnel, les systèmes robotisés visent plusieurs avantages par rapport aux systèmes conventionnels comme la vidéosurveillance et la télésurveillance :

- **La réduction des coûts** à travers l'utilisation de ressources moindres pour une zone donnée. Le déploiement de réseaux de vidéosurveillance peut être coûteux notamment en environnement extérieur (déploiement d'infrastructures pour l'énergie et les communications). Un robot téléopéré peut permettre, en outre, d'effectuer la levée de doute dans un endroit non couvert par une caméra et ainsi limiter les interventions humaines. La réduction des coûts est évidemment à mettre en relation avec le niveau d'autonomie du robot. À noter que cette économie peut se faire au détriment de l'efficacité, un réseau de capteurs pour de la télésurveillance bien installés peut, contrairement à un robot, assurer une couverture permanente de la zone.
- **L'amélioration de l'efficacité de la surveillance** : moyennant certains capteurs spéciaux, le robot peut être plus efficace que l'humain dans certaines situations (détection de produits chimiques, vision dans des endroits sombres, détection de mouvements rapides...). Par rapport aux systèmes classiques fixes, le déplacement de robots de surveillance permettrait de couvrir les zones de façon optimale. Il reste néanmoins la question du pouvoir de dissuasion d'un robot face à de réelles patrouilles « humaines ».
- **L'amélioration de la sécurité des intervenants** : les agents de surveillance sont moins exposés sur le terrain, n'intervenant que lorsque la présence humaine est nécessaire. Cela est vrai aussi bien pour la sécurité liée à des intrusions et agressions que la sécurité liée à de la pollution.

Afin de présenter des avantages par rapport à des systèmes de surveillance classiques, la robotique de surveillance est plutôt à réserver à la couverture de grandes zones ou de zones assez encombrées dans lesquelles un système mobile est essentiel.

Les enjeux concernant la robotique de surveillance domestique sont quant à eux aujourd'hui assez limités, les systèmes de détection d'intrusion classiques étant souvent assez efficaces sur les petites surfaces à surveiller. À ce titre, la surveillance doit plutôt être vue comme une fonction supplémentaire de systèmes robotiques multitâches. La robotique de gardiennage domestique en environnements extérieurs pourrait présenter davantage d'intérêt mais aucune offre n'existe aujourd'hui.

La surveillance environnementale présente des enjeux au niveau de l'amélioration de l'efficacité de la surveillance par la possibilité d'atteindre des endroits habituellement non accessibles (utilisation de drones ou de robots sous-marins), et éventuellement au niveau de la sécurité des intervenants en limitant l'exposition sur des zones potentiellement à risque.

Enfin, le segment de la sécurité intérieure s'intéresse à l'amélioration de l'efficacité et de la sécurité du personnel.

Tableau 21 : Pertinence des enjeux de la robotique de surveillance sur chacun des segments

| | Diminution des coûts | Amélioration de l'efficacité de la surveillance | Sécurité des intervenants |
|--------------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|
| Gardiennage professionnel | ++ | ++ | ++ |
| Gardiennage domestique | - | + | - |
| Surveillance environnementale | + | +++ | ++ |
| Sécurité intérieure | - | ++ | ++ |

(Légende : +++ / ++ / + = pertinence très forte / moyenne / faible, - = non pertinent).

10.3. LES DÉTERMINANTS DU MARCHÉ

Plusieurs éléments s'avèrent être clés pour le futur développement de la robotique de surveillance et de gardiennage :

- **Les aspects économiques, et notamment la démonstration de la valeur ajoutée de tels systèmes** : aujourd'hui cette valeur ajoutée est encore relativement faible par rapport à des systèmes de caméras ou de réseaux de capteurs. Les progrès de la vidéosurveillance dite « intelligente » devrait notamment « éliminer » plusieurs avantages de la robotique. Par ailleurs, il est important que les acteurs de la robotique de surveillance trouve un modèle d'affaire adapté à ces nouveaux dispositifs (modèle d'affaire plutôt orienté services que produits). Plus spécifiquement sur le marché domestique : à nouveau la valeur ajoutée est aujourd'hui suffisamment peu évidente pour que la robotique de surveillance domestique ne se développe pas comme une offre à part entière mais plutôt comme une fonctionnalité ajoutée à d'autres types de robots domestiques. Que ce soit pour le gardiennage professionnel ou domestique, le prix jouera forcément un rôle au regard de la perception de valeur ; la surveillance environnementale et la sécurité intérieure seront moins sensibles à cette question.
- **Les limites techniques** : le domaine de la sécurité exige un haut niveau de fiabilité encore loin d'être atteint aujourd'hui par la robotique. Plusieurs années de maturation R & D seront probablement nécessaires avant la commercialisation de robots de surveillance autonomes satisfaisant le secteur. La performance semble moins importante pour la robotique domestique que pour les robots à usage professionnel. Néanmoins, les robots domestiques feront face à un enjeu supplémentaire concernant la convergence de ces dispositifs avec l'électronique grand public. Ces robots devront en effet pouvoir être utilisés à travers Internet, smartphones et tablettes tactiles afin de faciliter leur adoption et leur prise en main. Plusieurs technologies sont jugées clés pour la robotique de surveillance :
 - la perception intelligente, notamment la détection de mouvement lorsque le robot est en mouvement ;
 - la navigation afin de rendre le robot le plus autonome possible dans son milieu ;
 - l'autonomie énergétique pour faire face aux contraintes de tournées ininterrompues ;
 - les réseaux de robots pour couvrir de grands espaces avec plusieurs robots communiquant entre eux.
- **Les problèmes juridiques et réglementaires** : notamment les problèmes de responsabilité vis-à-vis des actions effectuées par un robot. Par ailleurs et même si cela va dépendre d'un

pays à l'autre, il y a peu de chance pour que la réglementation autorise des robots à intervenir de façon physique pour éviter une infraction par exemple, ce qui limite les avantages à employer ces derniers. À noter qu'aujourd'hui, les robots de surveillance sont soumis aux mêmes contraintes réglementaires que les systèmes de vidéosurveillance. On peut aussi citer l'inexistence de cadre réglementaire pour les drones à usage civil en France. Du fait de leur utilisation dans un cadre strictement privé, les contraintes réglementaires devraient être moins fortes pour les robots de surveillance domestique.

- Enfin, on soulèvera **la question de l'acceptabilité** déjà vue dans de nombreuses applications de la robotique. Les acteurs traditionnels de la sécurité, souvent assez peu formés à la technique, accepteront-ils de travailler avec des robots, voire de remplacer des hommes par des robots ? En outre, au même titre que pour la vidéosurveillance, se posent les problèmes de respects de la vie privée et de protection des données sensibles contre le piratage par exemple.

Tableau 22 : Effets des déterminants sur les différents segments de la robotique de surveillance

| | Technique | Économique | Juridique | Acceptabilité |
|--------------------------------------|-----------|------------|-----------|---------------|
| Gardiennage professionnel | ++ | +++ | ++ | ++ |
| Gardiennage domestique | + | ++ | + | - |
| Surveillance environnementale | + | - | + | - |
| Sécurité intérieure | ++ | - | ++ | +++ |

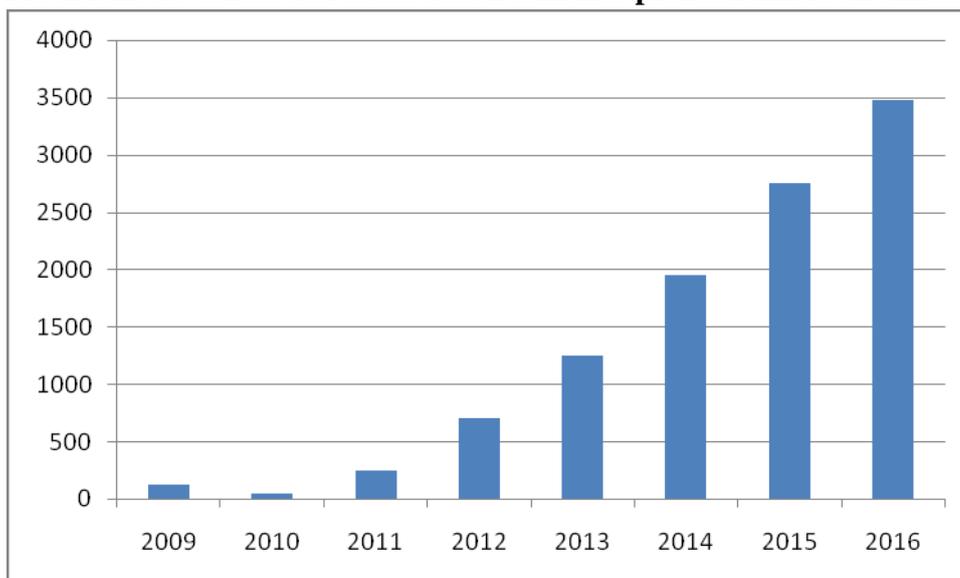
(Légende : +++ / ++ / + = effet très fort / moyen / faible, - = pas d'effet).

Le faible développement de la robotique autonome par rapport à la télérobotique s'explique, par ailleurs, aussi bien à cause de verrous technologiques que de contraintes légales. La performance de l'autonomie n'est pas jugée encore assez bonne alors que le domaine de la surveillance exige un haut niveau de fiabilité. Les robots de surveillance sont amenés à se déplacer dans des espaces ouverts à la circulation de personnes ou d'engins, des robots laissés libres dans des environnements peu structurés pourraient être source d'accidents.

10.4. ÉVOLUTIONS DU MARCHÉ

10.4.1. Gardiennage professionnel et domestique

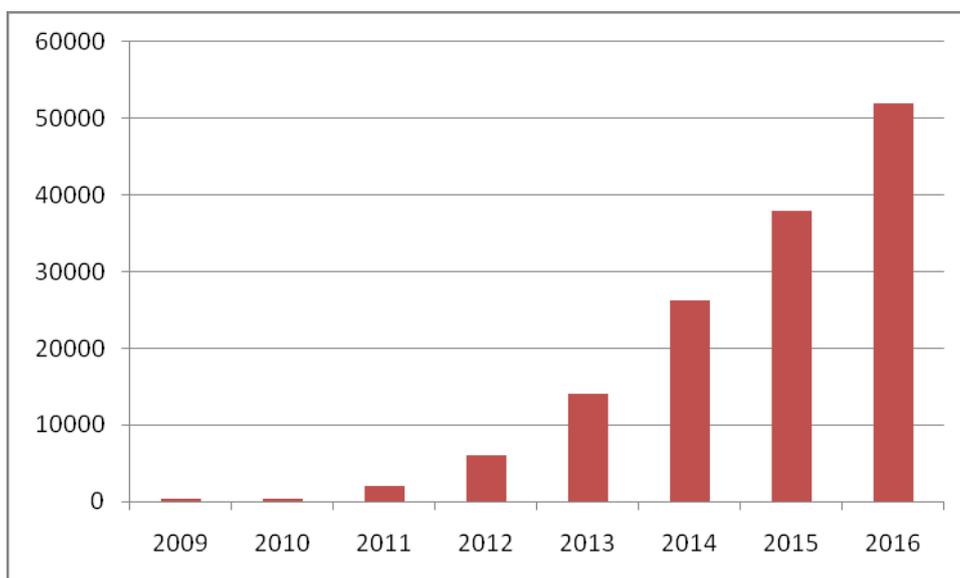
En 2010, pour le marché de la surveillance et du gardiennage professionnels, l'IFR indique que moins de 50 robots ont été vendus dans le monde. Toujours selon l'IFR, plus de 4 000 unités devraient être vendues entre 2011 et 2014. Nous estimons que le marché devrait représenter 3 500 unités en 2016 au niveau mondial, pour une valeur de 140 M\$.

Figure 68 : Prévisions de ventes de robots de surveillance professionnels en unités

Source : IFR 2011 - évaluation Erdyn.

À noter que la robotique de surveillance professionnelle devrait en grande partie prendre des parts sur le marché de la vidéosurveillance. ABI Research indique que le marché mondial de la vidéosurveillance (matériel mais aussi services) devrait être de 17 Mds\$ en 2011, avec un taux de croissance annuel de l'ordre de 10 % par rapport à 2010.

Le chiffrage du marché de la robotique de surveillance grand public est lui plus compliqué du fait de la non-spécificité de ce type de robot. La fonction de surveillance viendra probablement d'autres appareils grands publics déjà plus ou moins présents dans les foyers : webcams, robots jouets et robots de nettoyage. Un autre scénario possible concerne la création d'une offre de robotique domestique dédiée à la surveillance, qui viendrait ainsi prendre des parts sur le marché de la détection d'intrusion (systèmes d'alarme et réseaux de capteurs). C'est ce deuxième scénario que nous allons considérer pour la réalisation des projections.

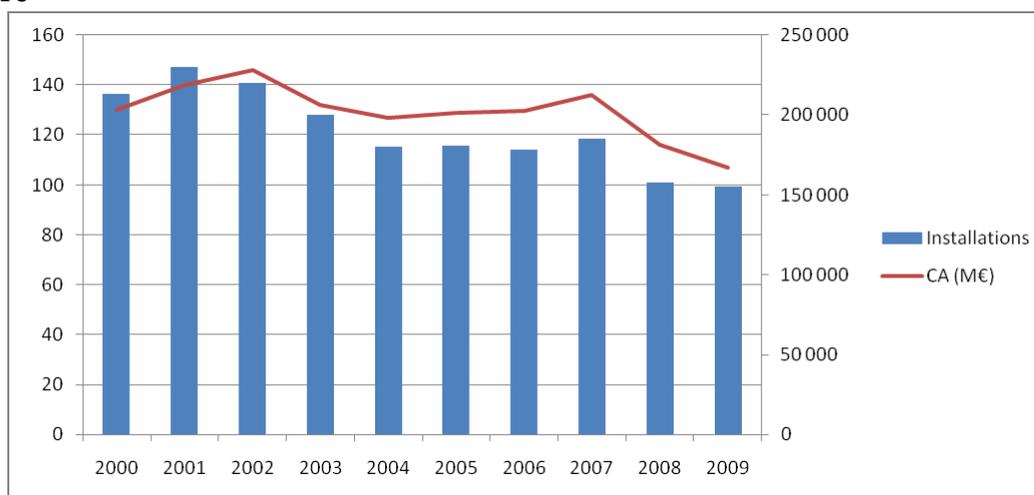
Figure 69 : Prévisions de ventes de robots de surveillance domestiques dans le monde, en unités

Source : IFR 2011 - évaluation Erdyn.

Nous estimons que le robot de surveillance domestique devrait représenter un marché de 25 M€ en 2016 dans le monde, avec 52 000 unités vendues. Ce marché sera adressé par des robots dédiés de type Rovio et autres webcams robotisées, les aspirateurs comportant des fonctions de téléprésence étant exclus de cette projection.

À noter la relative mauvaise forme du marché français de la détection d'intrusion à usage domestique qui est stagnant depuis quelques années déjà, preuve qu'un certain niveau de saturation a été atteint.

Figure 70 : Marché français de la détection d'intrusion domestique, nouvelles installations et CA généré



Source : GIMES 2009.

10.4.2. Surveillance environnementale et sécurité intérieure

Le segment de la surveillance environnementale est un marché de niche qui concerne pour beaucoup des missions d'inspection et de diagnostic. De la même façon que pour la surveillance domestique, il est probable que la surveillance environnementale soit une fonctionnalité intégrée dans des robots de surveillance davantage généralistes. La détection d'incendie semble par exemple devenir une fonction de base des robots de gardiennage professionnel.

Le segment de la sécurité intérieure est plus conséquent mais il présente encore des verrous forts notamment dans les pays européens et en France aux niveaux réglementaire et éthique. Dès lors, ce segment ne devrait pas pouvoir décoller avant plusieurs années.

10.4.3. Vision globale

La vision à moyen terme du marché de la robotique de surveillance et de gardiennage est assez complexe à déterminer, en effet les projets sont encore pour la plupart au stade d'expérimentation, et ce malgré la présence d'un premier niveau d'offre.

Tableau 23 : Synthèse des segments

| Application ou usage | Avancement | Potentiel | Horizon temporel | Acteurs FR |
|--------------------------------------|---|---|-------------------------|--|
| Gardiennage professionnel | Produits commerciaux intégrés dans des expérimentations, mais diffusion limitée | Professionnels ayant des surfaces importantes à protéger, professionnels de la sécurité | Émergence sous 5 ans | Effidence EOS Robotique Gostai Robosoft |
| Gardiennage domestique | Produits provenant des jouets et des webcams | Tout utilisateur grand public | Émergence sous 5 ans | - |
| Surveillance environnementale | Déploiement pour de l'inspection et du diagnostic | Agences environnementales, industriels manipulant des produits polluants, centrales électriques | Émergence sous 10 ans | Fly n Sense Novadem Onera |
| Sécurité intérieure | Projets d'expérimentation à long terme | États, armées, entreprises possédant des sites publics | Émergence sous 15 ans | ECA Robotics Onera Thales |

10.4.4. Place de la France

La France est connue comme étant un des grands marchés mondiaux d'utilisation des systèmes de sécurité. Néanmoins, elle est adressée pour beaucoup par des acteurs étrangers. Par ailleurs, sa dynamique semble plutôt être à la stagnation ces derniers temps.

Le point faible de la France sur la robotique de surveillance et de gardiennage concerne son écosystème d'acteurs relativement limité sur les aspects de la robotique proprement dite. L'écosystème industriel et de service dédié à la surveillance, et plus généralement à la sécurité est par contre assez développé, avec notamment des acteurs industriels de premier plan (Thales, Morpho...).

11. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES, JURIDIQUES, NORMATIVES

Nous établissons dans ce chapitre quelques faits spécifiques à la robotique sur les plans éthiques, juridiques et normatifs. Deux points méritent d'être soulignés à ce stade :

- Aujourd'hui, et compte tenu de l'émergence des applications de la robotique de service, ces aspects n'apparaissent pas comme des freins au développement de la filière : les questions éthiques ne se poseront réellement que dans le cadre d'applications dans le domaine de la santé, de la sécurité, ou à terme dans la perspective d'une diffusion massive dans le public – voire dans les espaces publics – de robots, éventuellement humanoïdes, bénéficiant d'une grande autonomie de décision et d'action ; les questions de responsabilité, en droit, seront traitées en grande partie par la jurisprudence ; sur le plan des normes, les seuls travaux en cours à notre connaissance concernent les spécifications en termes de sécurité des robots de service.
- *A contrario*, la réglementation peut être un accélérateur pour les marchés de la robotique de service. Un exemple archétype en est la Corée du Sud, qui a fait de la robotique, de par la loi, un objectif stratégique pour le développement industriel, y compris par la commande publique. En France, les futures lois sur le financement de la dépendance sont attendues par les acteurs comme des accélérateurs possibles pour le développement et le déploiement de produits et services utilisant des robots.

11.1. L'ÉTHIQUE ET LA DIFFUSION DES ROBOTS DE SERVICE

La question éthique est régulièrement posée dans les réflexions sur le déploiement des robots de service. Elle n'est jamais générique, toujours liée à un cas d'usage spécifique. La question est aujourd'hui beaucoup traitée dans la littérature sous l'angle des applications pour la sécurité.

L'atelier sur la « roboéthique » du réseau européen EURON aborde la question de l'éthique en constatant que les applications sont émergentes et foisonnantes, et qu'il n'est pas possible de traiter une question unique de l'éthique de la robotique. Il constate aussi l'absence de réponses simples aux questions posées par l'introduction des systèmes robotiques dans des environnements personnels ou professionnels. Dans cet état d'esprit, de nombreux colloques dédiés à la « roboéthique » sont régulièrement organisés par les sociétés savantes.

Les principales considérations éthiques que nous choisissons de mettre en avant eu égard à notre étude sont les suivantes :

- la dignité humaine – notamment pour les applications liées à la dépendance ou au handicap ;
- la vie privée, les libertés individuelles, la confidentialité – par exemple pour la sécurité intérieure ;
- la responsabilité sociale – par exemple dans les questions liées à la sauvegarde de l'emploi ;
- la solidarité, l'égalité, l'équité – concernant l'accès de tous aux « bienfaits » des technologies...

D'une manière générale, la robotique se voit appliquer les mêmes grandes considérations éthiques que tout produit technologique ou non, notamment sur le critère d'absence d'effets indésirables ou nuisibles dans leur usage. Les grands principes éthiques que nous ne détaillerons pas ici sont portés par un grand nombre de textes nationaux et internationaux.

Trois grandes questions nous semblent mériter d'être mises en avant :

La robotique pour la sécurité

La robotique de défense, utilisée principalement sur les théâtres d'opérations, ne pose pas de questions éthiques majeures :

- la question de l'autonomie de décision pour les drones de combats a été résolue en attribuant systématiquement la décision de tir à l'opérateur humain ;
- au-delà de cette question précise impliquant des tirs létaux, le champ militaire, par nature, est peu sujet au questionnement éthique.

Par contre, le passage des mêmes objets technologiques dans le champ civil pour des questions de sécurité, par exemple pour la surveillance de frontières, fait systématiquement apparaître un questionnement éthique.

Dans cette veine, on note que le projet TALOS dédié à la surveillance des frontières par robots, a spécifiquement exclu du champ du projet les questions pouvant porter des interrogations éthiques.

La robotique humanoïde ou à forme animale est-elle acceptable ?

Cette question pose un problème éthique important. Considérant la robotique humanoïde, mais la question se pose aussi avec les robots en forme d'animaux, une position couramment exposée pose comme postulat que le robot humanoïde sera plus facilement accepté par les personnes, notamment les personnes âgées ou en état d'altération des facultés mentales. La raison, vérifiée notamment dans le cas du robot thérapeutique Paro au Japon, de cette acceptabilité améliorée, est imputée à la dimension affective que prend la « relation » avec le robot.

Cette dimension pose cependant un problème éthique important, qui semble aujourd'hui peu traité par la communauté de la robotique, mais qui est présente à l'esprit des prescripteurs potentiels et des acteurs de l'offre de service liée. Certains observateurs pointent en effet du doigt les potentiels leurres affectifs que représentent ces objets. Les différences d'approche de ces questions éthiques selon les zones géographiques ne sont pas mises en évidence aujourd'hui.

Autre question éthique liée à l'humanoïde : l'imprévisibilité potentielle des réactions des robots au regard de leur aspect humain.

Les questions posées dans les réflexions du monde académique sur l'éthique et la robotique ont d'abord été dictées par les premiers marchés de masse des robots de défense et de sécurité ; notamment, la question de l'intervention directe d'un robot (tir létaux sur théâtre d'opérations) sans supervision humaine est aujourd'hui totalement exclue.

La question de l'emploi

Cette question ne trouve pas de réponse plus simple et plus générique que les deux précédentes, et est *de facto* très liée à des questions d'acceptabilité sociale : le robot, en reproduisant des gestes humains, est-il intrinsèquement destructeur d'emplois ? La réponse est évidemment négative : aucun lien systématique ne saurait être fait entre l'usage d'un outil et les impacts en termes d'emploi. Cependant cette question peut être un réel frein à l'acceptabilité des robots dans des environnements professionnels, privés, ou dans les espaces publics.

11.2. LA QUESTION DU DROIT

Du point de vue du droit, les robots sont soumis aux mêmes obligations que tous les produits manufacturés, dont en France :

- L'obligation de garantie imposée par l'article 1603 du Code civil.
- La responsabilité du fait du produit défectueux (loi 98-389 du 19 mai 1998) : il s'agit de l'obligation qui peut éventuellement poser problème, comme on le détaille par la suite. Elle fait porter sur le fabricant ou le vendeur la responsabilité des conséquences d'un

fonctionnement inapproprié du produit : un exemple en est l'affaire du limiteur de vitesse bloqué. Il revient en général au tribunal de décider si le produit est défectueux, c'est-à-dire victime d'un dysfonctionnement que le fabricant aurait pu identifier dans l'état de ses connaissances.

- La responsabilité élargie du producteur, et notamment l'article 5 du décret 2005-829 du 20 juillet 2005, qui stipule que les équipements électriques et électroniques doivent être conçus et fabriqués de façon à faciliter leur démantèlement et leur valorisation. Cette tendance générale pour l'ensemble des biens de consommation et d'équipement est particulièrement considérée pour les produits électroniques en raison de la nature des matériaux utilisés notamment dans les composants électroniques et les batteries.
- La protection des données personnelles, notamment pour les robots domestiques, médicaux, de sécurité, etc. Ce point particulier est très largement encadré par le droit actuellement, et ne constitue pas un enjeu majeur d'adaptation pour la robotique. La diffusion des téléphones mobiles avec des fonctions élaborées, associée au développement des réseaux sociaux et à la numérisation croissante des données personnelles ont permis de conforter le cadre légal.

La question de la responsabilité

La question de la responsabilité est centrale dans le déploiement dans un environnement non maîtrisé de certains types de robots. Un exemple emblématique, qui entre dans les dispositifs robotiques, concerne les assistances automatiques à la conduite dans le milieu automobile. Dans ce cadre, des réflexions longues ont été menées par les constructeurs automobiles pour trouver un compromis entre la performance des systèmes, leur niveau de confiance, la compréhension qu'en a le conducteur et les éventuels transferts de responsabilité que ces systèmes pourraient occasionner, du conducteur vers le constructeur. Sur ce point, la règle stipule également que dans le cas d'un produit défectueux, le fabricant du produit complet et le fabricant du composant défectueux sont solidairement responsables.

Cette question de responsabilité explique notamment, que les systèmes anticollision ne concernent que le freinage d'urgence, dans des temps avant collision, inférieurs au temps de réaction du conducteur : le système n'agit qu'à partir du moment où le conducteur ne peut plus contester le bien-fondé de l'action. Par ailleurs, il ne prétend à aucun moment éviter la collision, ne pouvant ainsi être pris en défaut en cas de non-fonctionnement ; le conducteur ne peut se reposer sur le système pour éviter l'accident.

Aujourd'hui, dans le contact avec les personnes dans une assistance à la vie quotidienne, cette question de la responsabilité pourrait créer un frein au déploiement des technologies. Cependant, le déploiement au cours des dernières années de nombreux produits technologies a montré deux tendances sur ce point de droit :

- Une tendance à traiter ce point par la jurisprudence plutôt que d'anticiper les évolutions utiles du droit. Les juristes ne travaillent valablement que sur des cas d'usage concrets.
- Des différences de traitement de la question suivant les zones géographiques. Suivant le niveau de protection offert par la société, les risques sont plus ou moins acceptables pour les industriels : aux États-Unis, c'est en général l'expérimentation qui prime, le droit étant adapté par la jurisprudence lorsque des problèmes se posent, conduisant à un déploiement rapide de nouveaux produits¹⁸ ; en Europe, la protection des consommateurs et citoyens par les États implique des précautions supplémentaires prises par les industriels avant la diffusion de nouveaux produits ; en Asie, le poids de l'État dans les politiques industrielles

¹⁸ C'est dans le Nevada que Google a obtenu l'autorisation de tester sur route ouverte des véhicules automatiques.

permet d'anticiper les conditions de déploiement de nouvelles technologies en adaptant la loi, voire imposer le déploiement de ces technologies par la loi.

Dans le cadre d'une assistance au geste professionnel, la question se pose de manière très différente. C'est le droit du travail et la responsabilité des CHSCT et de l'inspection du Travail (en France) de veiller à ce que les conditions de sécurité soient suffisantes pour permettre la présence concomitante des robots et des employés.

11.3. LA ROBOTIQUE DE SERVICE DANS LES NORMES

Le travail normatif peut-il accélérer le développement des marchés ?

Cette question pose de fait deux problèmes : la question des normes internationales comme garantes d'une certaine qualité de fonctionnement des systèmes, comprenant la question de la sécurité ; la question de l'interopérabilité ou de la compatibilité des briques technologiques ou des robots entre eux. Bien entendu, le droit sur les produits s'impose dans toutes les zones géographiques : notamment, en Europe, les directives produits et machines, et le marquage CE, constituent le cadre de base de développement des robots de service et des robots personnels.

La première question est d'ores et déjà étudiée par les groupes de travail de l'ISO notamment. La robotique industrielle est déjà encadrée par une norme internationale ISO 10218 : la partie 1 porte sur les exigences de sécurité des robots, la partie 2 sur les systèmes robotiques et de l'intégration des robots ayant été publiée en juillet 2011. Cependant, les normes sur les robots industriels ne peuvent encadrer le déploiement de la plupart des robots de service tels que nous les concevons dans cette étude.

Le projet de norme ISO/DIS 13482 porte sur la sécurité de fonctionnement des dispositifs robotiques « non médicaux pour les soins personnels », c'est-à-dire les robots thérapeutiques et les robots d'assistance personnelle pour les personnes en perte d'autonomie, que ce soit au domicile personnel ou dans une institution d'accueil. Un autre groupe de travail (TC 184/SC 2/WG 8) porte, lui, sur les robots de service de manière générale. Dans tous les cas, les exigences de sécurité de fonctionnement sont centrales dans les réflexions des groupes de travail.

Sur ces questions de sécurité, si le rapport du JRC *A helping hand for Europe : the competitive outlook for the UE robotics industry* propose une description de la chaîne de valeur de la sécurité applicable dans le domaine de la robotique industrielle et partiellement dans la robotique de service en milieu industriel, cette chaîne est en grande partie inadaptable à la robotique de service qui impose une interaction forte avec l'humain, et ceci dans un environnement moins contrôlé que les sites industriels.

12. CONCLUSIONS

12.1. TROIS TYPES DE MARCHÉS

La robotique de service ne constitue pas un marché homogène, mais une juxtaposition de marchés de niche ou de masse, réunis par une même science de l'intégration. Ces marchés peuvent, dans les grandes lignes, être séparés en trois grandes catégories, qui proposent des modèles industriels différents :

- **Les marchés de masse** que sont les jouets, les appareils ménagers ou les compagnons grand public, sont basés sur des modèles de production tirés par les coûts dès lors qu'ils sont matures. Ces marchés, s'ils sont accessibles à des industriels français, ne permettent pas une présence française sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Les composants génériques, ainsi que, le cas échéant, l'assemblage ne sont aujourd'hui économiquement viables que lorsqu'ils sont sous-traités à des pays à bas coût de main-d'œuvre. Ceci est particulièrement vrai tant que l'assemblage ne peut être automatisé largement. Sur ces segments, la valeur ajoutée pour l'écosystème français proviendra plutôt de la R & D, éventuellement de l'assemblage final, de la fourniture de quelques briques haut niveau (notamment le logiciel), de la commercialisation et du service associé. L'image de marque d'entreprises françaises peut éventuellement être également valorisée.
- **Les marchés de niche**¹⁹, tirés principalement par la valeur, avec des petites séries nécessitant tout de même une optimisation des coûts. Plus accessibles à des produits complexes et plus onéreux, les marchés professionnels (agricole, logistique, assistance à la personne, etc.) constituent des opportunités de développement importantes pour les acteurs industriels français. Sur ces marchés, il est cependant inévitable de travailler sur la base de besoins avérés, et de mettre en évidence l'apport de solutions. Aujourd'hui, au contraire d'industriels d'autres pays, les acteurs français sont peu présents dans des expérimentations en vraie grandeur, qui permettent de prendre des positions sur les marchés, de favoriser le développement des générations ultérieures par les retours d'expérience, de construire une image de marque. Ces expérimentations requièrent souvent un support de l'action publique (comme c'est le cas en Corée du Sud par exemple), et toujours une capacité d'investissement des industriels : sur des marchés émergents, les fabricants travaillent souvent à marge réduite ou nulle sur la première génération de produits.
- **Les marchés de robots spécifiques**, qui portent dans certains cas les germes de certains marchés de niche, regroupent les applications sur lesquelles chaque produit vendu fait l'objet d'un développement spécifique (machines spéciales). Dans cette optique, chaque projet profite moins d'effets d'échelle que les deux catégories précédentes, mais permet la construction d'une image de marque. Elle demande cependant une reconnaissance « métiers » pour asseoir la légitimité des entreprises (bureaux d'études, fabricants) sur les applications de leurs clients. Avec le développement technologique et l'évolution des besoins, les marchés spéciaux peuvent devenir des marchés de niche.

À l'heure où nous rédigeons ces lignes, les industriels français sont principalement positionnés sur les marchés spéciaux, peu sur les marchés de niche. Sur les marchés de masse, seul Meccano se positionne aujourd'hui avec des robots jouets. Robopolis est également un acteur visible de ces

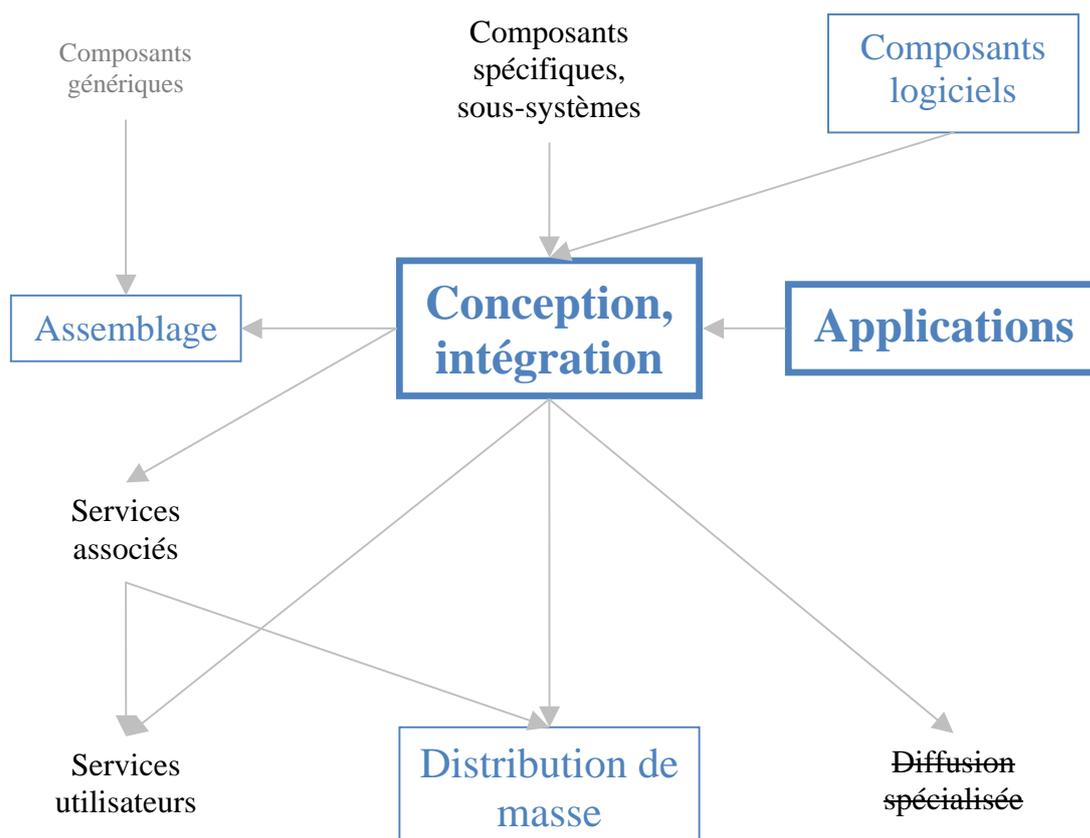
¹⁹ Certaines niches représentent des volumes importants. On les nomme ainsi par contraste avec les marchés de masse, principalement tournés vers la robotique personnelle.

marchés, en tant que distributeur. Awabot travaille au développement de robots ludiques, mais aucun produit n'existe aujourd'hui.

12.2. L'ÉCOSYSTÈME FRANÇAIS

Dans cette section, nous nous efforçons d'illustrer le potentiel de développement économique de la filière française sur les trois segments de marchés détaillés dans les chapitres 8 à 10.

Marchés de masse

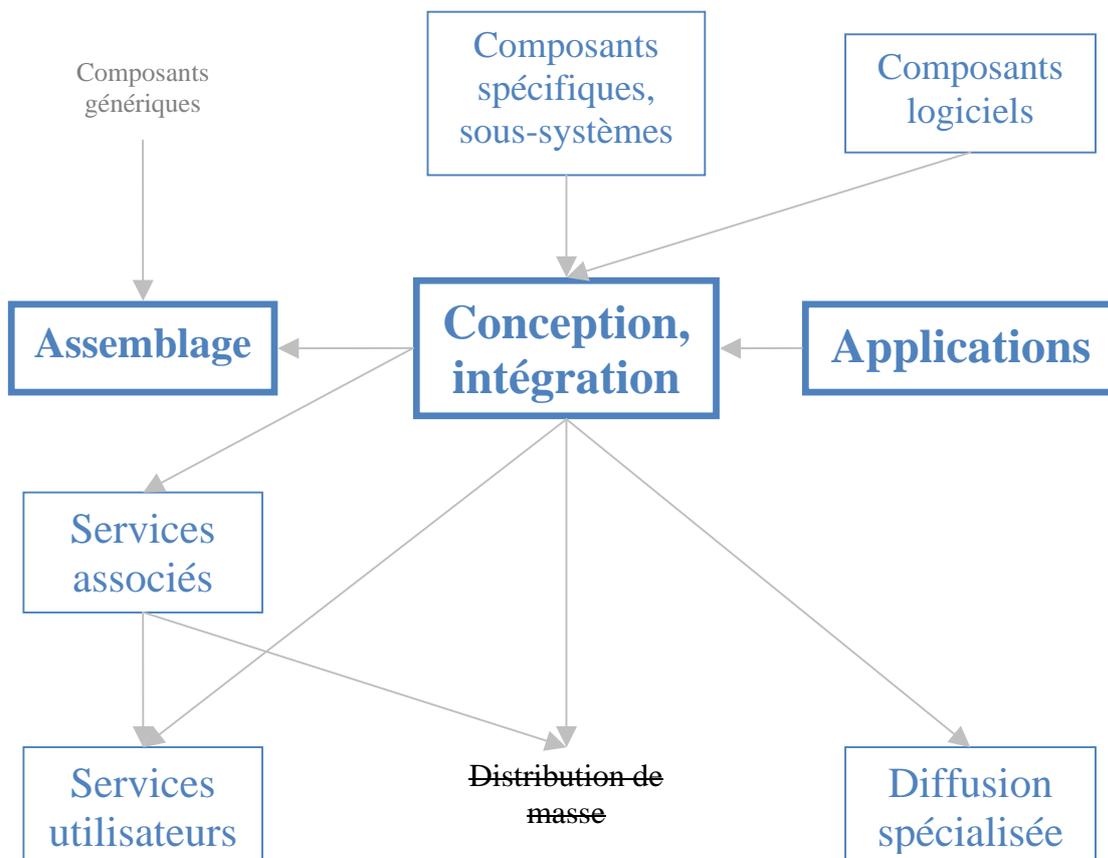


Sur les marchés de masse, les potentiels pour l'industrie française se situent principalement sur les champs suivants :

- la conception et intégration : les bureaux d'études sont une force de l'écosystème français, dès lors que les compétences d'industrialisation auront été appréhendées ;
- la mise au point des applications logicielles, basées sur l'excellence française dans le secteur du logiciel d'application, est éventuellement un champ d'activité propice à l'exportation ;
- les composants logiciels, qui comprennent les blocs de programmation bas niveau permettant la réalisation des actions élémentaires (déplacement, préhension, localisation, navigation, perception...) ;
- l'assemblage final, dans certains cas d'applications à relativement haute valeur ajoutée ;
- enfin, le champ de la distribution et du service après-vente.

Sur les marchés de masse, on aura relativement peu à faire à des composants spécifiques, le champ des composants génériques étant aujourd'hui difficilement accessible aux acteurs français et européens.

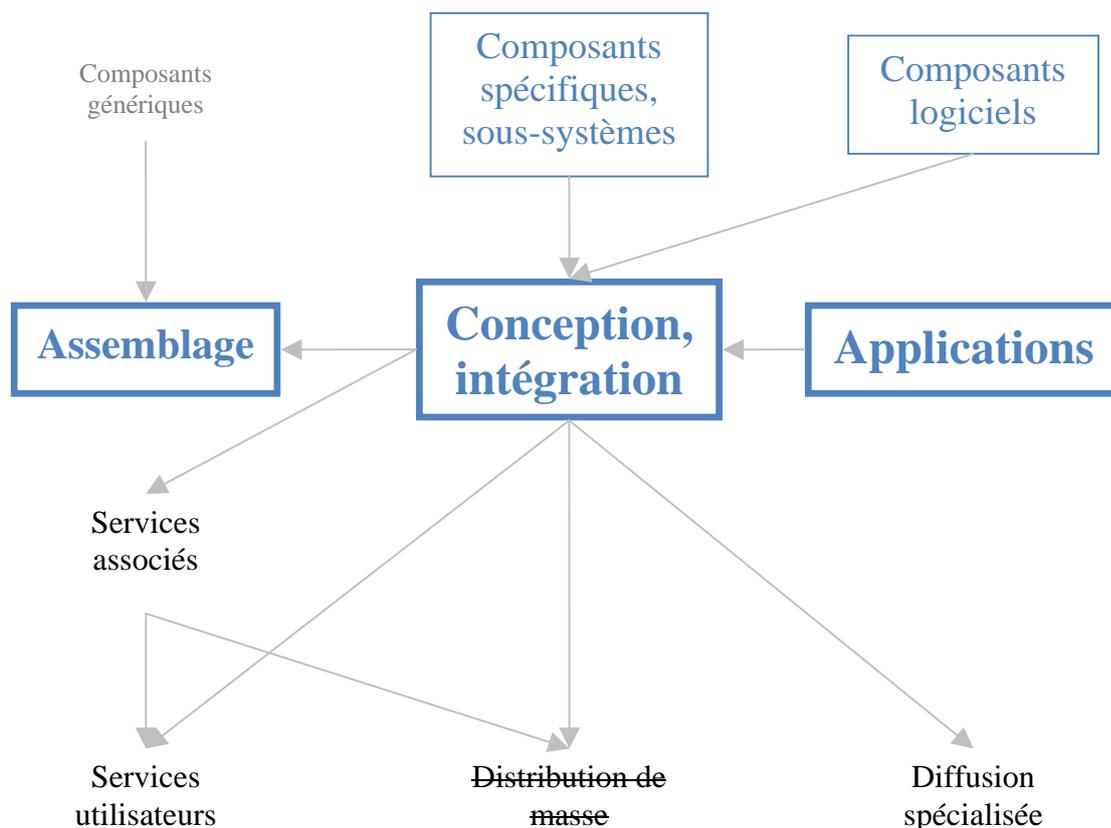
12.2.2. Marchés de niche



Sur les marchés de niche, avec des robots de plus grande valeur, la part de valeur captée par les entreprises françaises peut être plus importante :

- Comme pour les marchés de masse, la France dispose de compétences fortes et de capacités de production sur les applications, la conception, l'assemblage.
- Ces marchés font appel plus fréquemment à des composants spécifiques, qui peuvent être produits en Europe compte-tenu des volumes considérés. On pense par exemple aux systèmes mécatroniques, aux batteries spécifiques, aux parties d'exosquelette, etc.
- Ces marchés sont également créateurs de valeur et d'emploi sur les services associés (mise en service, service après-vente, etc.), les services utilisateurs (mise à disposition dans le cadre d'une prestation de surveillance, de télémédecine, etc.), ou encore la diffusion spécialisée par des acteurs des métiers visés par les niches...

12.2.3. Marchés de machines spéciales



Sur les marchés de machines spéciales, la relation commerciale est souvent directe entre l'utilisateur ou prescripteur et le fabricant. Sur ces marchés, l'intégrateur prend en général en charge la totalité ou la majeure partie des opérations de conception et de d'assemblage des robots. Si le potentiel de création d'emploi est plus faible sur ce type de marchés, ils sont cependant d'éventuels germes pour les marchés de niche.

12.3. COMMENT LEVER LES VEROUS ?

Il ressort de l'analyse les principaux verrous suivants, à lever pour permettre le développement de l'industrie et des marchés, et présentés ici par ordre de priorité. À ce stade, nous ne proposons pas d'actions pour les lever, mais nous contentons de les décrire et d'évaluer l'impact de la levée de ces verrous :

- **Expérimenter en vraie grandeur** ou en présérie les solutions technologiques imaginées en réponse à un besoin. La plupart des acteurs internationaux visibles sur les marchés de masse ou de niche, personnels comme professionnels, utilisent cette étape pour mettre au point les premières versions commerciales de leurs produits. Ceci est particulièrement aisé dans le domaine de la défense, qui finance en général dans les programmes d'armement une grande partie des déploiements expérimentaux. Pour les applications grand public, cette phase de déploiement doit en général être supportée en grande partie par les industriels, éventuellement soutenus par des mécanismes de subvention français ou européens.

Impacts :

- Retours d'expérience pour la mise au point des produits, du mode d'usage et du modèle économique ;
 - Amorçage des marchés pour les industriels, favorisant l'industrialisation.
- **Rapprocher les filières** de la robotique, afin d'optimiser les coûts de développement. Contrairement à ce qui se passe en Allemagne où la robotique de service se développe sur le terreau de la robotique industrielle, l'écosystème de la robotique de service français se construit sur la base de technologies issues de la recherche, sans le support industriel d'un écosystème existant. Il apparaît donc important que des rapprochements se fassent entre acteurs sur des technologies connexes, afin d'une part de capitaliser sur l'expérience de l'industrialisation d'acteurs établis, d'autre part de mutualiser les coûts de développement et de fabrication sur des briques technologiques (logicielles, matérielles, intégration) communes à des secteurs d'application différents, y compris avec des niveaux de performances requis différents également.

Impacts :

- Facilitation de l'industrialisation ;
 - Gains économiques à travers la mutualisation.
- **Assurer le développement** des entreprises passe par un financement sur le long terme, permettant de mettre en œuvre une stratégie guidée par la vision des applications et des marchés. Aujourd'hui, il est patent qu'une partie des difficultés que rencontrent les *startups* provient de la difficulté à financer les développements, et contraignant donc à chercher des ressources sur le marché avec des produits ou services non aboutis. Les causes de ces difficultés sont de deux ordres. Premièrement, les fonds de capital risque ne sont aujourd'hui pas moteurs sur le domaine de la robotique en France, par manque de culture et de visibilité. Deuxièmement, il arrive que les créateurs d'entreprise aient peur de voir leur part de capital se diluer trop vite dans leur entreprise, favorisant alors des levées de fonds à des hauteurs inadaptées, trop fréquentes, ne donnant pas à l'entreprise la visibilité pour le développement des ses produits et de ses expérimentations.

Impacts :

- Survie des entreprises à moyen terme.
- **Favoriser les transferts de technologie** entre le monde de la recherche académique et les industriels est un sujet à multiples facettes. La première est technologique et requiert que la recherche appliquée se fasse en collaboration, ou du moins en bonne entente sur les objectifs, entre la recherche et l'industrie. Pour reprendre l'exemple de l'Allemagne, cette proximité fait partie de la culture nationale, et est matérialisée notamment par les collaborations au sein des instituts Fraunhofer ; en France, c'est l'objectif des IRT²⁰ et IEED²¹ labellisés et financés dans le cadre des investissements d'avenir ; il est trop tôt pour un tirer un retour d'expérience. Ce travail de rapprochement ne doit évidemment pas se faire au détriment de la recherche fondamentale, permettant le ressourcement technologique de la recherche appliquée. Autre facette de la problématique, le coût des transferts (contrats, modèles de rémunération, support juridique) est également un enjeu pour les PME notamment.

Impacts :

- Excellence technologique des entreprises françaises maintenues dans la durée ;

²⁰ IRT : Institut de Recherche Technologique.

²¹ IEED : Institut d'Excellence sur les Énergies Durables.

-
- Retour sur investissement optimisé pour les acteurs académiques.
 - **Accentuer la recherche sur les usages et les modèles économiques**, en parallèle des expérimentations de produits, est également un moyen de favoriser le développement de la robotique de service. Les travaux sur les usages permettent de nourrir notamment les indicateurs pertinents sur l'acceptabilité des solutions technologiques apportées à un certain nombre de besoins. Le travail sur le modèle économique de la diffusion des robots est également un élément fort pour le développement de la filière. Dans tous les cas, **ce travail ne peut être efficace et pérenne que basé sur l'identification de besoins réels** des entreprises et des autres acteurs économiques (BTP, mutuelles, assurance, logistique industrielle, etc.) potentiels utilisateurs des systèmes mis au point (robot et son environnement de fonctionnement).

Impacts :

- Construction de la connaissance sur les critères d'acceptabilité et d'utilisabilité, les verrous juridiques et économiques ;
 - Amélioration de la réussite des mises sur le marché de nouveaux produits et services.
- **Amorcer les marchés par la commande publique** est également un moyen de permettre les développements de la filière. On peut faire l'analogie avec ce qui se pratique en Corée, sur la robotique de service (expérimentation de 1 000 robots éducatifs dans les écoles) ou les initiatives de commande publique de véhicules électriques (commande par les administrations et entreprises publiques de 15 000 Kangoo électriques à Renault) qui permettent de générer de premiers revenus pour les constructeurs en créant cette expérimentation à grande échelle telle que nous la décrivons ci-dessus.

Impacts :

- Amorçage des marchés pour les industriels, favorisant l'industrialisation ;
- Sensibilisation des entreprises et du grand public à la robotique.

13. SIGLES

| | |
|--------|--|
| AAL | Ambient Assisted Living (Programme européen) |
| AAP | Appel à projets |
| AGV | Automatic Guided Vehicle |
| ANR | Agence Nationale de la Recherche (France) |
| APA | Allocation Personnalisée d'Autonomie |
| APCH | Association Point Carré Handicap |
| ASIPAG | Association Solutions Innovantes Pour l'Autonomie et Gérontechnologies |
| FUI | Fond Unique Interministériel (France) |
| IFR | International Federation of Robotics |
| PCH | Prestation de Compensation du Handicap |

14. INDEX DES TABLEAUX

| | |
|---|-----|
| Tableau 1 : Synthèse des positions relatives des différents pays sur le développement des technologies clés pour la robotique de service..... | 50 |
| Tableau 2 : Les PME françaises de la robotique de service..... | 54 |
| Tableau 3 : Positionnement de la France sur les technologies clés de la robotique..... | 59 |
| Tableau 4 : Positionnement de l'Allemagne sur les technologies clés de la robotique..... | 66 |
| Tableau 5 : Positionnement du Royaume-Uni sur les technologies clés de la robotique..... | 70 |
| Tableau 6 : Positionnement de l'Italie sur les technologies clés de la robotique..... | 74 |
| Tableau 7 : Positionnement des États-Unis sur les technologies clés de la robotique..... | 80 |
| Tableau 8 : Positionnement de la Corée du Sud sur les technologies clés de la robotique..... | 87 |
| Tableau 9 : Positionnement du Japon sur les technologies clés de la robotique..... | 92 |
| Tableau 10 : Positionnement de Taïwan sur les technologies clés de la robotique..... | 94 |
| Tableau 11 : Positionnement des pays analysés sur certains marchés de la robotique de service (échelle qualitative)..... | 105 |
| Tableau 12 : Positionnement des pays analysés sur trois compétences spécifiques (échelle qualitative)..... | 106 |
| Tableau 13 : Applications domestiques commerciales..... | 143 |
| Tableau 14 : Applications compagnon (divertissement ou éducation) commerciales..... | 144 |
| Tableau 15 : Pertinence des applications actuelles avec les enjeux poursuivis..... | 149 |
| Tableau 16 : Principaux acteurs de la robotique de service domestique et ludique..... | 151 |
| Tableau 17 : Effet des principaux déterminants sur la diffusion des différents types de robots..... | 152 |
| Tableau 18 : Attentes de la population des États-Unis à l'égard des robots..... | 154 |
| Tableau 19 : Projection de vente des produits déjà lancés en 2011 (Erdyn)..... | 158 |
| Tableau 20 : Disponibilité des offres commerciales de robotique de surveillance en 2011..... | 161 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 21 : Pertinence des enjeux de la robotique de surveillance sur chacun des segments..... | 169 |
| Tableau 22 : Effets des déterminants sur les différents segments de la robotique de surveillance.. | 170 |
| Tableau 23 : Synthèse des segments | 173 |

15. INDEX DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Robot de déminage Packbot 510 EOD | 23 |
| Figure 2 : Robot d'inspection et réparation de canalisation KASRO 4.0 DN200-DN600 | 24 |
| Figure 3 : Robot d'inspection de surveillance Jazz Security..... | 26 |
| Figure 4 : Robot d'assistance au geste (ou cobot) RB3D..... | 27 |
| Figure 5 : Robot thérapeutique Paro..... | 28 |
| Figure 6 : Chaîne de valeur de la robotique de service | 32 |
| Figure 7 : Ventes de robots de service professionnels en 2010 (en nombre d'unités et en M\$)..... | 37 |
| Figure 8 : Le marché de la robotique de service personnelle en 2010 – un marché de 540 M\$..... | 38 |
| Figure 9 : Répartition des forces académiques françaises en robotique..... | 53 |
| Figure 10 : Exosquelette Hercule de la société RB3D | 55 |
| Figure 11 : Robot Nao | 56 |
| Figure 12 : Programmes nationaux et européens en robotique jusqu'en 2009 | 58 |
| Figure 13 : Financements relatifs des programmes-cadres européens en faveur de la robotique et la cognition – année 2009 (M€) | 61 |
| Figure 14 : Répartition des clusters technologiques allemands pour la robotique industrielle (2008) | 62 |
| Figure 15 : Les budgets allemands pour la recherche sur la robotique en 2008 | 67 |
| Figure 16 : Les incitations financières fédérales en Allemagne, applicables à la robotique..... | 68 |
| Figure 17 : Implantations géographiques de l'ITT..... | 72 |
| Figure 18 : Calendrier du déploiement du projet LELR | 75 |
| Figure 19 : Objectifs du projet LELR (février 2011) | 76 |
| Figure 20 : Carte des entreprises et universités intervenant sur la robotique..... | 77 |
| Figure 21 : Les principaux marchés visés par les compagnies américaines de la robotique | 83 |
| Figure 22 : Points clés du premier plan pour les robots intelligents en Corée du Sud..... | 87 |

| | |
|---|-----|
| Figure 23 : Projections du METI et du NEDO (<i>New Energy and Industrial Technology Development Organization</i>) sur le marché mondial de la robotique..... | 91 |
| Figure 24 : Tendances du développement de la recherche taïwanaise en robotique..... | 93 |
| Figure 25 : Répartition de l'activité de l'industrie taïwanaise en 2010..... | 95 |
| Figure 26 : Schéma de financement public du soutien à la filière robotique | 95 |
| Figure 27 : Provinces chinoises ayant des compétences notables en robotique..... | 97 |
| Figure 28: Répartition des entreprises de robotique de service recensées par l'IFR | 102 |
| Figure 29 : Estimation du nombre d'entreprises industrielles dans les principaux pays de l'étude (fourchette basse/haute)..... | 103 |
| Figure 30 : Origine des robots de service vendus dans le monde en 2010..... | 104 |
| Figure 31 : Principales associations structurées d'acteurs de la robotique de service | 107 |
| Figure 32 : Exemples de financements directement dédiés à la robotique de service | 108 |
| Figure 33 : Compilation d'estimations des marchés de la robotique personnelle (domestique et ludique) – estimations raisonnables (ligne) et optimistes (barres) – en M\$..... | 110 |
| Figure 34 : Compilation d'estimations des marchés de la robotique de service professionnelle – estimations raisonnables (ligne) et optimistes (barres) – en M\$ | 111 |
| Figure 35 : Répartition des marchés de la robotique de service en fonction du critère de maturité et de typologie des marchés | 113 |
| Figure 36 : Proposition de priorisation des déterminants pour le robot domestique..... | 116 |
| Figure 37 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots d'assistance aux personnes en perte d'autonomie | 117 |
| Figure 38 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots de défense..... | 117 |
| Figure 39 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots de surveillance..... | 118 |
| Figure 40 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots agricoles..... | 118 |
| Figure 41 : Proposition de priorisation des déterminants pour les robots de service en logistique . | 119 |
| Figure 42 : Évolution attendue des services de téléassistance en Europe | 123 |

| | |
|---|-----|
| Figure 43 : Exosquelette HAL (gauche) et robot Mobiro (droite) | 124 |
| Figure 44 : Prothèse de bras Otto Bock Healthcare Product GmbH | 125 |
| Figure 45 : Exosquelette Hercule | 125 |
| Figure 46 : Robot RI-MAN (Japon) | 126 |
| Figure 47 : Robots de rééducation Kinova (gauche) et Armeo (droite) | 127 |
| Figure 48 : Robots de rééducation InMotion (gauche) et Rutgers Master II Glove (droite)..... | 127 |
| Figure 49 : Quelques projets de robots d'assistance « intelligents »..... | 129 |
| Figure 50 : Évaluation du marché des robots d'assistance aux personnes en perte d'autonomie – hors rééducation – à horizon 2018 (hypothèses haute et basse, en M€) | 139 |
| Figure 51 : Exemples de robots domestiques | 144 |
| Figure 52 : Exemple de comparaison de performances entre robot et humain sur des tâches simples | 148 |
| Figure 53 : Chaîne de valeur simplifiée de la robotique domestique | 150 |
| Figure 54 : Circuits de distribution préférentiels pour les aspirateurs en 2010..... | 151 |
| Figure 55 : Potentiel d'évolution de la robotique domestique entre 2011 et 2015 selon deux hypothèses extrêmes d'évolution (en milliers d'unités, dans le monde)..... | 157 |
| Figure 56 : Robot de surveillance professionnel Mosro de Robowatch..... | 163 |
| Figure 57 : Robot RobuLAB 80 de Robosoft dans une configuration de surveillance..... | 163 |
| Figure 58 : Robot de surveillance T63 Artemis de TMSUK | 163 |
| Figure 59 : Robot GroundBot de la société Rotundus..... | 164 |
| Figure 60 : Robot e-vigilante de EOS Innovation..... | 164 |
| Figure 61 : Robot Rovio de WowWee | 165 |
| Figure 62 : Robot aspirateur Tangoview de Samsung | 165 |
| Figure 63 : Robot Wave Glider de Liquid Robotics | 166 |
| Figure 64 : Drone Scancopter X6 de Fly-n-Sense..... | 166 |

| | |
|---|-----|
| Figure 65 : Robot Guardium-LS de G-NIUS | 167 |
| Figure 66 : Illustration du robot gardien de prison coréen | 167 |
| Figure 67 : Projet européen TALOS | 167 |
| Figure 68 : Prévisions de ventes de robots de surveillance professionnels en unités | 171 |
| Figure 69 : Prévisions de ventes de robots de surveillance domestiques dans le monde, en unités | 171 |
| Figure 70 : Marché français de la détection d'intrusion domestique, nouvelles installations et CA généralisé | 172 |

16. LISTE DES PERSONNES CONSULTÉES DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE

| | |
|---------------------------|--|
| M. Jean-Christophe Bailly | Gostai |
| M. Philippe Bidaud | CNRS-ISIR, GdR Robotique |
| M. Jacques Blanc-Talon | DGA |
| M. Bruno Bonnell | Robopolis, Awa Robotics, Syrobo |
| M. Rodney Brooks | Heartland Robotics |
| M. Philippe Caton | Covea Tech |
| M. Guy Caverot | BA System |
| M. Renaud Champion | Robolution Capital |
| M. Kyung Chul Shin | KROS / Yujin Robot |
| M. Paul Dancer | SEB |
| M. Paolo Dario | Université de Pise, Scuola Superiore Sant'Anna |
| M. Bernard Descargues | CNSA |
| Mme Josepha Digiormo | Medimex |
| M. Rüdiger Dillmann | Karlsruhe Institute of Technology (KIT) |
| M. Charles Fattal | CNSA, Approche |
| M. Rodolphe Gelin | Aldebaran |
| M. Daniel Gerard | SEB |
| M. Aurélien Godin | DGA |
| M. Michel Gugliemi | IRCCyN |
| M. Martin Hägele | Fraunhofer IPA Stuttgart |
| M. François Hanat | Cap Digital |
| Mme Petra Koudelkova | Aldebaran, Cap Robotique |
| M. Benoît Labarthe | Assistance Publique Hôpitaux de Paris |
| M. Frédéric Laurent | Ministère de la recherche |
| Mme Qingyi Le Lay | Aldebaran |
| M. David Lemaître | EOS Innovation |
| M. Christophe Leroux | CEA LIST |
| Mme Betty Liu | ROBOAT |
| M. Bruno Maisonnier | Aldebaran |
| M. Patrick Mallea | CNR Santé |
| Mme Annick Martin | CNSA |
| M. Raoul Mallart | Archos |
| M. Yoshio Matsumoto | AIST, JRL |
| M. Robert Meyrignac | Rowenta |
| M. Geoff Pegman | RURobots |
| Mme Fabienne Provençal | Orange |
| M. Jean-Luc Raffin | Adept Technology |
| Mme Anne-Sophie Rigaud | Hôpital Broca, Soliage |
| M. Philippe Roy | Cap Digital |
| M. Patrick Schouller | DGCIS |
| M. Vincent Schramm | SYMOP |
| M. Jean-Pierre Soulier | Rowenta |

Mme Astrid Southon
Mme Véronique Tanguy
M. Cédric Tessier
M. Philippe Vallet
M. Sylvain Van Wassen

DGCIS
ONERA
Effidence
AFM
DRK Mobility

17. BIBLIOGRAPHIE

World robotics, par l'International Federation of Robotics, éditions **2006 à 2011**.

International Assessment of Research and development in Robotics, rapport pour la National Science Foundation (NSF) USA, par George Bekey *et al.*, **2006**.

Work on Preparatory Studies for Eco-Design Requirements of EuPs (II) : Lot 17 Vacuum Cleaners, rapport pour la Commission européenne, par Intertek ETL SEMKO et Consumer Research Associates, **2006**.

EURON Roboethics Roadmap, par Gianmarco Veruggio, janvier **2007**.

Étude prospective sur les technologies pour la santé et l'autonomie, par la Caisse nationale de Solidarité pour l'Autonomie (CNSA), **2007**.

Robotics for Healthcare, rapport pour la Commission européenne, par un panel d'experts, **2008**.

Le financement des aides techniques, présentation disponible sur le site de la CNSA, par l'Observatoire du marché et des prix des aides techniques, **2008**.

Advanced Robotics, Market Intelligence Report, par iti Techmedia, **2008**.

Domestic Robotics, Springer Handbook of Robotics (pp 1253-1281), par Erwin Prassler et Kazuhiro Kosuge, **2008**.

Housewives or technophiles ? : understanding domestic robot owners, publication de la Georgia Institute of Technology, par Ja-Young Sung *et al.*, **2008**.

Le marché français de la téléassistance, présentation disponible sur le site de la CNSA, par l'Association française de téléassistance, septembre **2008**.

Délivrance et prise en charge des aides techniques au Québec, présentation disponible sur le site de la CNSA, par la CNSA, décembre **2008**.

Robotics : State Of The Art And Future Challenges, par George A. Bekey *et al.*, Imperial College Press, **2008**.

A roadmap for US Robotics: From Internet to Robotics, par le Computing Community Consortium, mai **2009**.

L'offre de téléassistance en France et ses perspectives, présentation disponible sur le site de la CNSA, par T. Perier – Institut Silver Life, décembre **2009**.

Séries de monographies par pays, issues de l'*Étude européenne sur le marché et les prix des aides techniques destinées aux personnes handicapées et en perte d'autonomie* (Espagne, Italie, Suède, Royaume Uni, Allemagne), monographies disponibles sur le site de la CNSA, décembre **2009**.

Section 230 Immunity for Personal Robotics, document de la littérature grise, par Ryan Calo – Stanford Law School, novembre **2009**.

Achieving Global Leadership : a roadmap for robotics in Massachusetts, littérature grise, par la Massachusetts Technology Leadership Council, **2009**.

Latest Trends in the North American Consumer Robotics Market, étude de Robotics Trends, présentée par Michael Siggins, **2010**.

Robots On the Move from the Production Line to the Service Sector : The Grand Challenges for Contractors, Workers, and Management, eChallenges e-2010 Conference Proceedings, par Kim Normann ANDERSEN *et al.*, **2010**.

Servicerobotik, rapport de la VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, par Rainer Heinstejn, mai **2010**.

Service Robotics: A global Market Report, par Global Industry Analysts, juillet **2010**.

A helping hand for Europe : The Competitive Outlook for the EU Robotics Industry, JRC Scientific and Technical Reports, pour la Commission européenne, par Simon Forge et Colin Blackman, **2010**.

Enjeux et défis de l'industrie de la robotique en Île-de-France, par la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE), **2010**.

Robotic Visions to 2020 and beyond – Strategic research Agenda for Robotics in Europe, Rapport par l'European Robotics Technology Platform, **2010**.

EuRobotics – Shaping the future of European robotics, littérature grise, par Rainer Bischoff *et al.*, **2010**.

US Technological Innovation Systems for Service Robotics, Mark Van den Brandt, mai **2010**.

Market and Perspective of Service Robots in Korea, présentation lors de la conférence Innorobo en mars **2011**, par Kyung Chui Shin – Yujin Robot Co.

Service robotics is a key market of the future, par Christopher Parlitz – Schunk GmbH & Co. KG, avril **2011**.

GfK TEMAX : étude sur les biens d'équipement de la maison au troisième semestre 2011, GfK Retail and Technology, novembre **2011**.

Personal Robot User Expectations, Technical Report 08-01 – Robotics and Intelligent Systems, par S.N. Copleston et G. Bugmann, **2011**.

Wirtschaftlichkeitsanalyse neuartiger Servicerobotik-Anwendungen und ihre Bedeutung für die Robotik-Entwicklung (EFFIROB) [Analyse économique des nouvelles applications de la robotique de service et son importance pour le développement de la robotique], par l'Institut IPA Fraunhofer, **2011**.

Product Category Rules (PCR) for preparing an ENvironmental Product Declaration for Robotic Vacuum Cleaner, document de la littérature grise, par Matsutek Enterprises Co., Ltd., **2011**.

Understanding Robot Acceptance, Rapport technique (HFA-TR-1103) de la Georgia Institute of Technology, par Jenay Beer *et al.*, **2011**.

President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership, communiqué de presse de la Maison Blanche, juin **2011**.

The Robot DustCart, IEEE Robotics & Automation Magazine, par Pericle Salvini *et al.*, mars **2011**.

Exhibition Watch Report GENESICS 2, rapport disponible sur le site www.veillesalon.com, par VIEDOC, **2011**.

La robotique française se cherche encore, article paru dans les Échos du 18 janvier **2011**.

La robotique industrielle et de service : la place de l'Italie dans le Monde, rapport d'étude, par Jean-Charles Tropato – ambassade de France en Italie, août **2011**.

The local Educational Laboratory on Robotics : methodology and results on teaching with robots, par Pr. Paolo Dario, présentation réalisée le 13 mai **2011** au cours de la conférence *International Conference on Robotics and Automation* (Shanghai).

Status Report of Robot Industry in Taiïwan, par Cheng-Han Shieh, présentation réalisée en mars **2011** lors du salon Innorobo (Paris).

Manufacturing Advanced Robotics and Intelligent Automation, par le National Institute of Standards and Technology, août **2011**.

UK Status Report Highlights, par Geoff Pegman, présentation réalisée en **2011** lors de la 30th Joint Committee Forum (Séoul).

Site Internet de l'Association de la robotique américaine : <http://www.robotics.org>, accès valide en janvier **2012**.

Site <http://www.transit-port.net>, recensement non exhaustif des laboratoires de recherche en robotique implantés au Japon, en Allemagne et en Australie. Accès valide en janvier **2012**.

The status of Intelligent Robotics Industry Development in Taiwan, Department of Investment Services de Taïwan, **non daté**.

Les rapports Pipame déjà parus

- *Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) dans le bâtiment*, juin 2009
- *Étude de la chaîne de valeur dans l'industrie aéronautique*, septembre 2009
- *La logistique en France : indicateurs territoriaux*, septembre 2009
- *Logistique mutualisée : la filière « fruits et légumes » du marché d'intérêt national de Rungis*, octobre 2009
- *Logistique et distribution urbaine*, novembre 2009
- *Logistique : compétences à développer dans les relations « donneur d'ordre – prestataire »*, novembre 2009
- *L'impact des technologies de l'information sur la logistique*, novembre 2009
- *Dimension économique et industrielle des cartes à puces*, novembre 2009
- *Le commerce du futur*, novembre 2009
- *Mutations économiques pour les industries de la santé*, novembre 2009
- *Réflexions prospectives autour des biomarqueurs*, décembre 2009
- *Mutations économiques dans le domaine de la chimie*, février 2010
- *Mutations économiques dans le domaine de la chimie – volet compétences*, février 2010
- *Mutations économiques dans le domaine automobile*, avril 2010
- *Maintenance et réparation aéronautiques : base de connaissances et évolution*, juin 2010
- *Pratiques de logistique collaborative : quelles opportunités pour les PME/ETI*, février 2011
- *Dispositifs médicaux : diagnostic et potentialités de développement de la filière française dans la concurrence internationale*, juin 2011
- *Étude prospective des bassins automobiles : Haute-Normandie, Lorraine et Franche-Comté*, novembre 2011
- *M-tourisme*, décembre 2011
- *Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020*, février 2012
- *La gestion des actifs immatériels dans les industries culturelles et créatives*, mars 2012

La robotique personnelle et de service est un champ d'application de la robotique en plein essor. L'action des entreprises du secteur en France, comme celle d'autres pays, est de plus en plus significative pour promouvoir des applications et des robots technologiquement perfectionnés, de l'aspirateur personnel au robot d'assistance médicale, en passant par des formes de robot humanoïde.

Afin de fournir à la filière et aux pouvoirs publics une vision claire de la réalité de cette industrie et de ses marchés, ainsi que de leur potentiel à moyen terme, en France et dans le monde, la direction générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIIS) a confié au cabinet Erdyn, dans le cadre du Pipame, une étude prospective sur le « Développement industriel futur de la robotique personnelle et de service ».

L'étude comprend une analyse comparée de l'écosystème français (recherche-développement, applications industrielles...) et des pays en pointe sur le développement de la robotique de service. Ce benchmark montre les atouts de la France, ainsi que ses faiblesses, pour profiter de l'essor attendu de la robotique de service dans les 5 à 10 années qui viennent.

Elle s'intéresse plus spécifiquement à l'analyse des marchés de la robotique personnelle et de service à travers trois segments : assistance à la personne en perte d'autonomie et réponse aux situations de handicap ; robots compagnons ou robots domestiques ; robots de surveillance et de gardiennage.

Enfin, l'étude présente des recommandations à destination des pouvoirs publics et de la filière pour asseoir le développement de la robotique personnelle et de service française dans les meilleures conditions.