

Demande de création d'un

# **GDR Robotique**

2007-2010

Section 07 du Comité National  
(Sections secondaires : 08 et 09)

*Version provisoire (19 juillet 2006)*

Porteurs du projet :

**Etienne Dombre** (DR CNRS) [dombre@lirmm.fr](mailto:dombre@lirmm.fr)  
**Raja Chatila** (DR CNRS) [Raja.Chatila@laas.fr](mailto:Raja.Chatila@laas.fr)

## Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Historique .....   | 3  |
| Motivations.....   | 3  |
| Thématiques scientifiques .....                                  | 4  |
| Définition .....   | 4  |
| Contrôles sensori-moteurs, perception, action et mouvement ..... | 4  |
| Cognition, décision, autonomie, apprentissage .....              | 5  |
| Interaction et coopération.....                                  | 6  |
| Conception des systèmes robotiques.....                          | 6  |
| Structuration du GDR.....  | 7  |
| Positionnement vis-à-vis des autres GDR.....                     | 7  |
| Animation.....   | 8  |
| Groupes de travail .....   | 8  |
| Colloque national .....  | 8  |
| Prix de thèse .....  | 8  |
| Relations internationales .....                                  | 9  |
| Club de partenaires.....   | 9  |
| Comité Scientifique de Pilotage .....                            | 9  |
| Evaluation.....  | 10 |
| Budget annuel.....   | 10 |
| Organisation du GDR - Organigramme .....                         | 10 |
| Annexe 1 – Les groupes de travail .....                          | 11 |
| GT1 – Robotique médicale .....                                   | 11 |
| GT2 – Véhicules autonomes (terre, air, mer).....                 | 12 |
| GT3 – Manipulation multi-échelle.....                            | 14 |
| GT4 – Méthodologies pour la Robotique.....                       | 15 |
| GT5 – Interactions personnes / systèmes robotiques .....         | 17 |
| GT6 – Conception innovante et mécatronique.....                  | 20 |
| Annexe 2 – Listes des laboratoires et des équipes .....          | 22 |

## Historique

Cette demande de création de GDR Robotique fait suite à un certain nombre d'actions entreprises ces dernières années pour structurer et animer la recherche française en Robotique. Sans faire un historique trop détaillé, la communauté Robotique, révélée au début des années 80 par le programme "Automatique et Robotique Avancée" (ARA) a dû attendre le milieu des années 1990 pour se ressouder autour de l'axe prioritaire "Machines intelligentes" du CNRS/SPI. En 1997 eurent lieu les premières Journées Nationales de la Recherche en Robotique (JNRR), organisées depuis sur un rythme bisannuel.

Simultanément à la création par le tout nouveau Département STIC du CNRS des RTP (notamment RTP 17 "Robots autonomes et communicants", RTP 44 "Microrobotique", et RTP 49 "Véhicules et Infrastructures Intelligentes" pour ceux qui nous concernent le plus directement), le CNRS lançait le Programme Interdisciplinaire de Recherche (PIR) *Robea* (Robotique et Entités Artificielles, 2001-2003). Les trois appels d'offre successifs ont donné lieu à 32 projets de recherche (sur 98 propositions soumises), les derniers projets en cours se terminant fin 2006. *Robea* a impliqué au total 250 équipes appartenant à une centaine de laboratoires et a permis de former une centaine de doctorants. Ces laboratoires sont affiliés au CNRS, à l'Université, à l'INRIA, à l'INSERM, au CEMAGREF, au CEA, à la DGA et à l'INRETS.

La création de l'ANR en 2005 a suspendu les efforts faits par quelques membres du Conseil scientifique de *Robea* pour créer une ACI Robotique. A la demande de l'ex-Département STIC du CNRS, un Comité d'Experts (CE) en Robotique<sup>1</sup> a été constitué à l'automne 2005, dans le but d'établir une prospective scientifique à l'horizon 5-15 ans et de proposer au CNRS des actions à entreprendre pour conforter et développer des recherches en Robotique aux plans national et européen.

Le CE s'est réuni quatre fois depuis septembre 2005. Il a procédé à un vaste état de l'art de la recherche internationale en Robotique, en la structurant par grands domaines applicatifs. A cette occasion, un état des verrous scientifiques et technologiques a été dressé, pouvant conduire à un plan prospectif de recherche. Du fait de la réforme de l'organisation du CNRS, ce travail a été interrompu dans l'attente de la confirmation du mandat donné à ce Comité d'Experts. Cependant, celui-ci l'a poursuivi sur le terrain de la structuration nationale de l'animation de la communauté scientifique en Robotique, et propose aujourd'hui la création d'un GDR CNRS en Robotique.

## Motivations

A côté des interactions dans des projets et les programmes, les JNRR sont l'un des moyens d'animation de la communauté robotique française. L'objectif de ces journées est de faire le point sur l'état de l'art et les grandes directions de recherche. Les journées annuelles de présentation des projets ROBEA (de 2003 à 2006) sont venues compléter les JNRR. Ces événements expriment le besoin de la communauté de se retrouver et d'échanger. L'affichage par l'Europe d'un appel "Advanced Robotics" en décembre 2005, qui a connu un grand succès (123 projets soumis), par l'ANR d'un programme national de recherche "Systèmes

---

<sup>1</sup> Philippe BONNIFAIT, Nicolas CHAILLET, Raja CHATILA, François CHAUMETTE, Etienne DOMBRE, Nicolas FRANCESCINI, Wisama KHALIL, Jean-Paul LAUMOND, François PIERROT, Marc RICHETIN, Jocelyne TROCCAZ et Ali CHARARA (chargé de mission du CNRS-STIC).

interactifs et Robotique (PSIRob)" en avril 2006 (43 projets soumis impliquant une soixantaine d'équipes), et l'annonce de programmes européens en robotique dans le 7<sup>ème</sup> PCRD soulignent le dynamisme du domaine. Outre l'existence depuis 1999 du réseau d'excellence EURON (European Robotics Research Network), mentionnons aussi la création récente de la plate-forme de technologie EUROP qui regroupe une cinquantaine d'industriels européens, et qui est coordonnée par un industriel français, la SAGEM. Enfin, signalons que la Robotique française se place systématiquement en 3<sup>ème</sup> position après les USA et le Japon par le nombre d'articles dans les conférences IEEE ICRA ou IROS, les plus représentatives du domaine.

Il est donc clair que les prochaines années verront un accroissement des activités de recherche en robotique et que les relations entre les mondes académique, industriel et la société civile s'intensifieront. Le besoin de la communauté robotique de se concerter, de se coordonner, d'organiser des événements d'animation, d'échange, de discussion, de transfert et de dissémination devient ainsi pressant. Le GDR constituera le cadre général qui permettra et facilitera cette animation. Il sera organisé en groupes de travail (cf Annexe 1).

L'Annexe 2 fournit la liste des laboratoires, des institutions et des équipes qui ont manifesté leur intérêt à participer aux activités de l'un ou de plusieurs groupes de travail du GDR Robotique. Cette liste n'est bien entendu pas close.

## **Thématiques scientifiques**

### **Définition**

La Robotique fait partie des sciences des objets et des systèmes artificiels. Elle peut être présentée comme la science de la perception et du mouvement et de leur intégration en une machine physique, mécanique et informatique.

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

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

Le domaine de la Robotique peut être présenté selon quatre grandes thématiques scientifiques qui contiennent chacune nombre de verrous scientifiques et technologiques :

- Contrôles sensori-moteurs, perception, action et mouvement ;
- Cognition, décision, autonomie, apprentissage ;
- Interaction et coopération ;
- Conception des systèmes robotiques.

### **Contrôles sensori-moteurs, perception, action et mouvement**

Les systèmes de contrôle sensori-moteurs sont au plus près du système physique, de ses capteurs et de ses actionneurs. Leur étude repose sur le traitement du signal et de l'image, l'automatique, l'algorithmique, disciplines que la robotique contribue à nourrir et à

développer. Leur couplage, au plus bas niveau, repose sur la compatibilité des modèles de représentation du monde physique avec les algorithmes de planification et de contrôle du mouvement.

Ces systèmes font appel en premier lieu à la perception pour les tâches de commande, de localisation et de modélisation du monde physique dans divers modes de représentation, géométriques, stochastiques, topologiques, ou sémantiques. La fonction de perception s'appuie sur la physique des capteurs et sur le traitement du signal et de l'image. Elle bénéficie des progrès technologiques en matière de capteurs et des progrès méthodologiques et algorithmiques. La diversité sensorielle, tant sur la nature physique du signal que sur les modes de traitement, conduit à des modes de représentation hétérogènes, qui placent aujourd'hui la fusion de données multi-sensorielles comme une des modalités majeures de la perception.

L'étude de l'action par le mouvement s'appuie en premier lieu sur la modélisation et la commande des systèmes. Les robots, qu'ils soient manipulateurs, mobiles, volants, humanoïdes, intracorporels, etc., recouvrent une grande variété de systèmes mécaniques : holonomes ou non holonomes, sous-actionnés ou redondants, de faible ou de grande dimension, voire des compositions de systèmes conçus pour la production d'actions coordonnées complexes. Par ailleurs, l'interaction du système avec le monde physique dans ses composantes géométriques et dynamiques s'appuie sur le couplage entre action et perception (asservissement perceptif), sur l'algorithmique géométrique (planification du mouvement) et la modélisation pour la simulation physique (interfaces haptiques).

La nécessaire intégration des divers modes de traitement de données au sein d'un même système pose ainsi des défis aux trois thématiques, traitement du signal et de l'image, automatique, algorithmique, que la robotique contribue à développer au delà de son champ propre, avec des retombées dans d'autres secteurs de l'ingénierie (réalité virtuelle, imagerie, animation graphique), voire d'autres secteurs comme les sciences du vivant (biomécanique, bioinformatique, neurosciences, neuroéthologie, biologie systémique...).

### **Cognition, décision, autonomie, apprentissage**

Les capacités cognitives de décision, d'anticipation et de réflexivité sont nécessaires pour produire un comportement allant au-delà du schéma purement réactif, et permettant d'accomplir des tâches complexes. Le système robotique perçoit à travers ses capteurs un environnement variable qui n'est *a priori* pas structuré ni préparé. Il interagit avec lui à travers ses effecteurs. A moins que les tâches soient entièrement préprogrammées et l'environnement invariant et parfaitement connu, le robot doit décider de ses actions sur la base de son interprétation sémantique de l'état de l'environnement et de son propre état, anticiper les états futurs de l'environnement, raisonner sur les conséquences de ses actions, effectuer des choix. Les actions devront être exécutées sans aide extérieure si le robot est autonome, donc être adaptées en temps réel. Ces capacités « cognitives » s'appuient sur des représentations sémantiques qui doivent tenir compte de l'incertitude de l'interprétation et de l'incomplétude de la perception. Elles peuvent utiliser des raisonnements probabilistes ou logiques. La planification d'action doit prendre en compte les contraintes temporelles de durée, d'ordre et d'événement. La mise en œuvre des actions doit être supervisée et contrôlée par des mécanismes réactifs permettant d'en vérifier l'exécution, et le cas échéant d'en modifier le déroulement en temps réel.

Les connaissances opératoires de planification ou de supervision ne pourront pas toutes être prévues *a priori*. Des mécanismes d'apprentissage sont donc nécessaires pour permettre l'émergence de nouvelles capacités, l'acquisition de compétences supplémentaires, et l'affinement des compétences existantes. Ces mécanismes peuvent utiliser des techniques

d'identification stochastique pour apprendre des modèles d'action, ou bien des techniques de renforcement pour apprendre les actions les plus adaptées. L'apprentissage est en fait transversal à toutes les capacités du robot - tant décisionnelles que perceptuelles - pour l'élaboration de représentations de l'environnement, d'objets, de concepts ou de situations dynamiques.

Les fonctions cognitives et non cognitives de perception, de décision et d'action doivent être intégrées dans une architecture d'ensemble ouverte, mettant en œuvre des mécanismes d'interaction efficaces entre ses composantes, exhibant des propriétés de délibération et de réactivité à la fois, et permettant l'extension et l'apprentissage ouvert et en continu. L'architecture doit aussi intégrer le dialogue avec l'homme, et la prise en compte des contraintes de sécurité et de lisibilité des actions et des décisions du système robotique.

### **Interaction et coopération**

Le robot n'est pas isolé. Il agit dans un environnement peuplé d'êtres humains, et éventuellement d'autres robots. Il doit donc posséder des capacités conjointes de communication et d'action.

On peut distinguer la coordination (par exemple le partage de la ressource espace par l'évitement mutuel, ou par décision partagée), de la coopération (par exemple pour la réalisation de tâches nécessitant la participation effective de plusieurs acteurs). Les systèmes multi-robots peuvent utiliser des mécanismes d'interaction distribués permettant de gérer la complexité due au nombre. Quand la population est importante (robotique d'essaim) l'émergence de patrons d'interaction collective devient un sujet d'étude.

L'interaction avec l'homme accroît la complexité de l'environnement et sa variabilité. Cette interaction est cognitive et/ou physique. Il est donc nécessaire d'utiliser des modèles des capacités perceptives, des actions et des contraintes bio-mécaniques de l'homme, ainsi qu'une perception multimodale de son visage, de ses gestes, de ses postures et de ses attitudes pour les reconnaître et les interpréter. Le lien avec la biomécanique, la physiologie et la psychophysiologie est ici patent. L'interaction inclut la prise de décision conjointe homme-robot, qui nécessite aussi des modèles rendant compte des rôles et de leur partage, ainsi que le raisonnement à partir d'intentions conjointes.

### **Conception des systèmes robotiques**

Les fonctions de perception, de décision et d'action des systèmes robotiques requièrent l'existence de différents composants matériels tels que des capteurs - notamment ceux utilisant de nouvelles technologies (MEMS...) et de nouveaux matériaux - et des structures innovantes (modulaires, reconfigurables, déployables, souples, élastiques...) pour la locomotion, la manipulation et la préhension, ainsi que des actionneurs conçus sur des principes originaux (matériaux actifs...). Ces composants doivent être compatibles avec les exigences d'échelle de l'application, la méso- et la microrobotique semblant à cet égard encore assez peu explorées.

De nouvelles modalités d'actionnement doivent être étudiées (sous- et sur-actionnement, co-actionnement, actionnement distribué, réversibilité...). Les approches de conception innovantes (par exemple, la biorobotique fondée sur la compréhension du vivant) et d'intégration (mécatronique, adaptronique) sont centrales pour réaliser des systèmes assurant des fonctions complexes tout en satisfaisant les nombreuses contraintes imposées par le domaine d'application considéré (taille, masse, intégration, précision, autoréglage, auto-reconfiguration, sûreté de fonctionnement, autonomie énergétique..., mais aussi, par exemple, biocompatibilité, acceptation par la personne...).

La conception des systèmes robotiques revêt également sur un plan architectural, un niveau de complexité considérable. En effet, sous-jacente aux différents aspects évoqués dans les thèmes précédents (commande, perception, décision, planification, interaction, technologie...), se cache l'architecture de contrôle du robot, tant matérielle que logicielle. L'architecture est devenue d'une part un support fondamental à l'intégration de ces travaux divers et d'autre part un facteur essentiel pour répondre à l'adaptation qu'impose l'évolution technologique. L'évolutivité du robot dépend considérablement de son architecture : réactivité, modularité, réutilisabilité, adaptabilité et analysabilité sont autant de propriétés recherchées, d'autant plus qu'elles rendent possible la mutualisation et l'intégration des travaux de la communauté. Un défi des années à venir est de proposer un référentiel logiciel afin d'adresser cette problématique. Si la tendance est à la promotion de la standardisation d'architectures de contrôle (ouvertes), les réflexions devraient au moins engager vers l'interopérabilité (entre les différents constituants d'une architecture).

## Structuration du GDR

Suite à son travail de prospective et en accord avec la direction scientifique du département Ingénierie du CNRS, le CE Robotique a proposé la création d'une structure d'animation scientifique nationale - le GDR Robotique - proposition qui a été validée lors des Journées Bilan du Programme Robea (03-04/04/06) par la communauté française Robotique. Un Comité Scientifique de Pilotage (CSP) pluri-établissements a été constitué avec comme première tâche la définition de groupes de travail (GT) et la désignation d'animateurs.

Une structure initiale du GDR Robotique en 6 GT qui couvrent à la fois des démarches méthodologiques, des champs applicatifs et des domaines thématiques, présentant aujourd'hui des défis scientifiques ou des enjeux applicatifs importants, est proposée dans le tableau ci-dessous. Le contenu scientifique de ces GT, ainsi que leur mode d'action, sont développés dans l'Annexe 1.

|     | <b>Thèmes</b>   | <b>Animateurs</b>  |
|-----|---|--|
| GT1 | <b>Robotique médicale</b>                               | Jacques GANGLOFF (LSIIT)<br>Philippe POIGNET (LIRMM)                                     |
| GT2 | <b>Véhicules autonomes<br/>(terre, air, mer)</b>        | Thierry FRAICHARD (INRIA Rhône-Alpes)<br>Bruno JOUVENCEL (LIRMM)<br>Simon LACROIX (LAAS) |
| GT3 | <b>Manipulation multi-échelle</b>                       | Stéphane REGNIER (LRP)   |
| GT4 | <b>Méthodologies pour la Robotique</b>                  | Nicolas ANDREFF (LASMEA)<br>Christine CHEVALLEREAU (IRCCyN)                              |
| GT5 | <b>Interactions personnes /<br/>systèmes robotiques</b> | Rachid ALAMI (LAAS)<br>Bruno ARNALDI (IRISA)   |
| GT6 | <b>Conception innovante et<br/>mécatronique</b>         | Dominique DUHAUT (VALORIA)<br>Fathi BEN OUEZDOU (LIRIS)<br>Philippe WENGER (IRCCyN)      |

## Positionnement vis-à-vis des autres GDR

La Robotique est un champ pluridisciplinaire (STIC, SPI, SDV, SHS), ce qui rend difficile son intégration dans les GDR couvrant des domaines scientifiques connexes (notamment

MACS, ISIS et STIC Santé). En revanche, le GDR Robotique doit être considéré comme complémentaire de ces GDR. A l'initiative des porteurs du projet, des contacts seront pris – et ont déjà été pris pour certains – avec les directeurs des GDR concernés pour susciter et coordonner des actions aux frontières (par exemple en vision avec ISIS, mécatronique et commande avec MACS, robotique médicale avec STIC Santé, microsystemes avec MNS...).

## **Animation**

Afin d'associer les compétences nécessaires et tisser les liens étroits indispensables entre les acteurs, l'animation scientifique sera conduite à plusieurs niveaux :

- Actions des GT sur les sujets « chauds » du domaine ;
- Colloque national annuel où se fera la dissémination des travaux et réflexions menées dans les GT et les équipes de recherche associées ;
- Jeunes chercheurs : prix de thèse et ½ journée lors du Colloque annuel ;
- Relations internationales et plus particulièrement au niveau européen ;
- Création d'un site Web pour faciliter les échanges.

## **Groupes de travail**

- Les GT peuvent être thématiques ou applicatifs ;
- Les GT évolueront dans le temps (création et arrêt) sous le contrôle du CSP ;
- Les GT ont une durée limitée à 2 ans à l'issue de laquelle leur reconduction sera systématiquement reconsidérée (ce qui n'empêche pas que certains GT puissent être arrêtés par le CSP avant cette échéance) ;
- Ils pourront :
  - traiter un problème dans l'actualité ou un problème prospectif et bien ciblé ;
  - afficher un objectif pour la fin de l'action : rapport, élaboration de projets, réponse à appels d'offre... ;
  - contribuer à l'identification de champs de recherche future et à la prospective ;
  - organiser toute forme d'action pertinente : séminaires, écoles d'été, organisation de session dans des conférences, numéro spécial de revue...

Ils seront portés par un nombre minimum de laboratoires (5 par exemple) et évidemment ouverts à d'autres équipes et laboratoires.

## **Colloque national**

Le GDR organisera un Colloque national annuel. Ce Colloque sera couplé une année sur deux aux JNRR dont le rythme est bisannuel. Son format sera le suivant :

- deux journées bilan et prospective des GT. Les années couplées, cet aspect bilan sera allégé pour laisser une place plus grande aux exposés spécifiques des JNRR ;
- une ½ journée consacrée aux doctorants sous la forme de présentations interactives : posters, démonstrations... ;
- une ½ journée consacrée à l'assemblée générale du GDR : évaluation des actions menées (poursuite ou arrêt), nouvelles actions à créer, modification de la structure du GDR, renouvellement du CSP...

## **Prix de thèse**

Le GDR organisera chaque année un Prix de thèse robotique spécifique.

## **Relations internationales**

Une mission d'animation importante du GDR sera de favoriser les relations de la communauté avec les pays ayant des programmes de recherche ambitieux et les réseaux. A cet égard, des relations privilégiées seront mises en place avec les structures européennes EURON et EUROP.

## **Club de partenaires**

Le GDR sera ouvert sur le monde industriel au travers d'un club de partenaires invités à participer aux actions d'animation. Ce souci d'ouverture est concrétisé par la présence dans le CSP d'un représentant industriel.

Des moyens seront sollicités auprès des membres du club de partenaires sous différentes formes :

- aides financières (adhésion notamment) ;
- allocations de recherche (co-financements) ;
- ouverture de plates-formes.

En contrepartie, les partenaires pourront accroître leur visibilité sur les activités qui les intéressent, participer aux manifestations organisées par le GDR et auront accès aux résultats et rapports produits dans le cadre du GDR.

## **Comité Scientifique de Pilotage**

Le CSP initial est constitué par :

Claude BARROUIL (ONERA, Chatillon), Michel BERDUCAT (CEMAGREF, Clermont-Ferrand), Philippe BIDAUD (LRP, Paris), Philippe BONNIFAIT (HEUDIASYC, Compiègne), Nicolas CHAILLET (LAB, Besançon), Raja CHATILA (LAAS, Toulouse), François CHAUMETTE (IRISA, Rennes), Etienne DOMBRE (LIRMM, Montpellier), Delphine DUFOURD (SPART, DGA), Nicolas FRANCESCHINI (LAPS, Marseille), Grigore GOGU (LaMI, Clermont-Ferrand), Wisama KHALIL (IRCCyN, Nantes), Christian LAUGIER (INRIA Rhone-Alpes), Jean-Paul LAUMOND (LAAS, Toulouse), Jean-Pierre MERLET (INRIA, Sophia Antipolis), Alain MICAELLI (CEA, Fontenay aux Roses), BRUNO PATIN (Dassault Aviation, St Cloud), Marc RICHTIN (LASMEA, Clermont-Ferrand), Jocelyne TROCCAZ (TIMC, Grenoble) + Chargé de mission du CNRS-STIC.

La composition du CSP pourra être modifiée lors de la première assemblée générale en 2007.

Les missions du CSP sont :

- l'évaluation interne du fonctionnement du GDR ;
- la mise en adéquation de la prospective scientifique des GT avec les besoins du secteur aval et l'émergence de nouvelles technologies ;
- les propositions de modification du périmètre scientifique du GDR.

Le CSP se réunira au moins une fois par an à l'initiative du directeur du GDR.

## **Evaluation**

- A l'issue de chaque colloque annuel, un rapport scientifique, financier et moral sera produit par le GDR ;
- Le GDR sera évalué suivant les procédures réglementaires par la section 07 et les sections secondaires de rattachement 08 et 09 du Comité National ;
- Un représentant de chaque section sera invité à participer au colloque national afin d'évaluer, notamment, la qualité de l'animation scientifique dans la communauté.

## **Budget annuel**

Les financements seront exclusivement utilisés pour l'animation scientifique :

- organisation du colloque annuel ;
- soutien de manifestations scientifiques;
- soutien d'écoles d'étés ;
- fonctionnement général du GDR (secrétariat, site Web) et des GT ;
- missions pour l'animation du GDR.

Les financements seront sollicités auprès :

- des départements de tutelle au CNRS ;
- de la direction de la recherche et de la technologie au ministère ;
- du club de partenaires.

## **Organisation du GDR - Organigramme**

- Direction :
  - Directeur
  - Directeur adjoint
  - + secrétariat + webmestre
- Bureau exécutif : le GDR constituera un bureau exécutif incluant un animateur par GT
- CSP

# Annexe 1 – Les groupes de travail

## GT1 – Robotique médicale

**Animateurs : Jacques GANGLOFF (LSIIT), Philippe POIGNET (LIRMM)**

### Objectifs

La robotique médicale est une discipline qui étudie les problèmes liés à l'utilisation d'un robot dans un contexte médical. L'objectif de ce groupe de travail est d'animer et favoriser l'échange au sein de la communauté robotique médicale française. On distingue ici la *robotique d'assistance au médecin ou au chirurgien* de la *robotique d'assistance à la personne*. Ces deux domaines d'application sont couverts par le groupe de travail.

La robotique d'assistance au médecin concerne notamment les robots pour la chirurgie, l'exploration, le diagnostic, la thérapie ou l'apprentissage dans des spécialités telles que la neurochirurgie, l'orthopédie, la chirurgie abdominale ou la chirurgie cardio-vasculaire utilisant des techniques comme la chirurgie mini-invasive, la chirurgie percutanée, la chirurgie transgastrique ou la télé-chirurgie. La robotique d'assistance à la personne inclut la robotique de suppléance et de rééducation. La robotique de suppléance englobe les robots ou dispositifs destinés à améliorer la qualité de vie et l'autonomie des personnes handicapées ou des personnes âgées. La robotique de rééducation concerne les robots ou dispositifs mécatroniques pour la rééducation fonctionnelle, l'entraînement du sportif, ...

L'échange suscité par les réunions de travail portera autant sur des aspects fondamentaux (problèmes génériques en robotique médicale, nouvelles thérapies, nouvelles architectures mécaniques, commande avancée) que sur des aspects plus technologiques (méthodologie de conception ou de réalisation, capteurs, actionneurs, dispositifs d'imagerie, outils de chirurgie). Ces échanges pourront mettre en évidence des synergies potentielles entre équipes travaillant sur des sujets similaires et ainsi susciter d'éventuelles collaborations.

### Thèmes

Les thèmes suivants, sans être exhaustif, pourront être retenus :

- 1) Robotique d'assistance au médecin ou au chirurgien :
  - Robots IRM ou CT-compatibles ;
  - Architectures mécaniques pour la chirurgie mini-invasive ;
  - Interaction avec les tissus mous ;
  - Compensation des mouvements physiologiques ;
  - Recalage multi-modal ;
  - Asservissement visuel avec imageur médical ;
  - Interface homme-machine ;
  - Retour haptique et tactile ;
  - Microrobotique médicale ;
  - Capteurs et actionneurs pour le médical ;
  - Les thérapies du futur...
- 2) Robotique d'assistance à la personne :
  - Système de suppléance ou de rééducation ;
  - Interface vivant / artificiel ;
  - Modélisation et contrôle du système sensori-moteur...

## Actions

Le groupe de travail se réunira avec une périodicité d'environ 4 mois. Les animateurs solliciteront des présentations orales en fonction du thème retenu pour la journée. Un site Web sera créé et constituera le principal lien entre les participants du groupe hors réunion. Ce site Web sera sous la tutelle du site Web du GdR Robotique. Les réunions de travail thématiques pourront être co-organisées avec d'autres groupes de travail du GdR Robotique dont le thème central correspond à certains aspects plus spécifiques des journées organisées (par exemple les GT3 "Manipulation multi-échelle", GT4 "Méthodologies pour la robotique", GT6 "Conception innovante et mécatronique") ou bien encore avec d'autres GdR (MACS, STIC et Santé).

Les supports des présentations et d'éventuelles documentations annexes seront mis à disposition sous forme électronique sur le site Web du groupe. Ce site contiendra également une section "ressources" qui donnera accès à des logiciels, publications ou documentations fournies sous une licence libre par la communauté. Le GT fournira aussi un document de présentation de l'état de l'art et prospective.

## GT2 – Véhicules autonomes (terre, air, mer)

**Animateurs : Thierry FRAICHARD (INRIA Rhône-Alpes), Bruno JOUVENCEL (LIRMM), Simon LACROIX (LAAS)**

### Objectifs

Ce groupe de travail est centré sur les véhicules autonomes évoluant en environnements extérieurs aériens, marins et terrestres, structurés ou non, et dédiés à des missions d'exploration, d'intervention ou de transport. Les applications potentielles concernent de nombreux domaines (spatial, militaire, sécurité civile, agriculture, transports routiers...), et correspondent à des missions d'exploration, de reconnaissance, de surveillance, d'intervention et de transport.

Tous ces contextes recouvrent des réalités très différentes aussi bien au niveau de l'environnement et des univers d'évolution des véhicules que des missions à réaliser, et nécessitent donc l'étude d'un large spectre de problématiques. Mais le point commun à tous ces systèmes est qu'ils doivent être capables de *mobilité autonome dans des environnements étendus*, sur lesquels différents types d'informations initiales peuvent éventuellement être connues. L'autonomie du mouvement dans de tels environnements est donc un objectif essentiel. Mais celle-ci doit être complétée par des capacités d'autonomie décisionnelle nécessaires à la réalisation des missions, et propres à gérer les ressources des véhicules, leurs communications et leurs interactions avec des opérateurs. Les activités du groupe de travail se focaliseront donc sur la perception et la modélisation de l'environnement, l'autonomie du mouvement et l'autonomie décisionnelle.

### Thèmes

*Perception et modélisation de l'environnement.* Même si les environnements considérés sont divers, de nombreuses problématiques communes aux différents contextes existent. La modélisation de l'environnement peut être la finalité de la mission des véhicules (cas de la robotique d'exploration), mais est surtout nécessaire à la prise des différentes décisions nécessaires pour mener à bien les missions et à la définition de déplacements référencés par rapport à certains éléments. Différents modèles de l'environnement doivent donc être construits selon le contexte de la mission et les besoins au niveau décisionnel : ainsi un

modèle tridimensionnel est nécessaire à la planification des placements pour permettre des observations, un modèle de traversabilité est nécessaire à la planification des déplacements des véhicules terrestres, et des informations particulières sont nécessaires au contrôle de l'exécution des déplacements de tous types de véhicules. Le maintien de la cohérence spatiale de ces différents modèles implique bien entendu de poursuivre les travaux sur la localisation des véhicules, qui est fortement liée aux processus de modélisation : les problématiques de cartographie et localisation simultanées, encore peu exploitables en environnements extérieurs et en trois dimensions, restent un domaine de recherche où des avancées sont nécessaires. Par ailleurs, le caractère dynamique de certains environnements (notamment routiers) nécessite aussi des nouvelles contributions. Pour ces différents besoins, la fusion multisensorielle joue bien entendu un rôle central, et se décline dans les différents milieux considérés.

La considération d'informations initiales (Systèmes d'Information Géographique) est un aspect essentiel en tous milieux : il est nécessaire de développer les méthodes qui permettent d'une part d'exploiter ces informations quand elles existent, pour la localisation ou la planification des déplacements par exemple, et d'autre part de compléter ces informations à partir de données acquises par les véhicules. Cette problématique commence seulement à être abordée dans la communauté, elle présente un ensemble de problèmes non résolus et est pertinente dans la plupart des applications envisageables.

*Autonomie du mouvement et autonomie décisionnelle.* L'autonomie du mouvement passe par la détermination des déplacements, de manière planifiée et réactive, et par la commande des déplacements. Si les méthodes mises en jeu sont fortement dépendantes des modèles cinématiques et dynamique des engins considérés, des méthodes génériques commencent à apparaître, surtout pour la planification de trajectoire et la commande référencée sur des éléments de l'environnement. Dans le contexte de ce groupe de travail, la taille des environnements considérés nous amènera plus particulièrement à nous intéresser à l'intégration de méthodes locales de gestion des mouvements avec des méthodes plus globales, qui considèrent l'ensemble des informations disponibles sur l'environnement et la mission à réaliser.

Ces derniers aspects relèvent surtout de l'autonomie décisionnelle : il s'agit de déterminer les placements à rallier, les modalités de déplacement à adopter et les informations à acquérir. Posée dans le contexte d'environnements larges, éventuellement dynamiques, enrichie par la considération de systèmes multi-véhicules pas nécessairement homogènes (ainsi la coopération entre véhicules terrestres et aériens), et de contraintes de communication et de gestion des ressources, cette problématique est encore très ouverte. La possibilité d'interactions avec des opérateurs, distants ou non, doit aussi être considérée à différents niveaux au sein des véhicules. Ces problèmes d'autonomie ajustable passent notamment par le développement de concepts d'organisation des processus décisionnels (architecture de contrôle).

## **Actions**

La large couverture thématique et la variabilité des milieux et contextes applicatifs considérés font qu'il existe aujourd'hui un relatif cloisonnement qu'il est souhaitable de réduire. Le principal objectif du groupe de travail est donc de recenser et de rapprocher les différents acteurs de la recherche concernés dans les laboratoires français, mais aussi dans les industries impliquées. Cet objectif sera atteint par l'organisation de 4 à 6 ateliers de travail d'une à deux journées focalisés sur les thèmes du GT, qui laisseront une grande place à l'animation de discussions. Une mailing list et un site web regroupant les diverses informations pouvant intéresser les différents acteurs seront mis en place.

Par ailleurs, les problématiques considérées nécessitent l'exploitation de moyens expérimentaux lourds : afin de mutualiser les recherches, le développement de plates-formes communes présente un intérêt évident. Le GT ne peut assurer la mise en place de telles plates-formes, mais pourra cependant s'investir dans la mise en œuvre de moyens communs, en mettant à la disposition de la communauté des données et simulateurs, et en recherchant des soutiens financiers pour supporter le développement de plates-formes physiques.

## GT3 – Manipulation multi-échelle

**Animateur : Stéphane REGNIER (LRP)**

### Objectifs

La manipulation d'objets est nécessaire à de nombreux procédés techniques et scientifiques. D'une manière générale, la manipulation repose sur des actions de saisie, de transfert, de positionnement, d'orientation, de dépose, en vue d'applications d'assemblage, de tri, de sélection...

Différentes échelles relatives à l'objet peuvent ainsi être considérées :

- l'échelle macroscopique : le poids de l'objet, sa géométrie et l'espace de travail imposent des conditions pour la manipulation avec un préhenseur multi-digital ;
- les échelles microscopique et nanoscopique : celles-ci se caractérisent principalement par le fait que les forces surfaciques sont prépondérantes par rapport aux forces volumiques, engendrant des complexités nouvelles. Le poids est ainsi négligeable à cette échelle. De la même manière, l'augmentation de l'influence des bruits est caractéristique, phénomène amplifié à l'échelle nanométrique avec par exemple le bruit thermique ;
- l'échelle mésoscopique : cette dernière forme un trait d'union entre les deux mondes précédents. Elle se caractérise principalement par une balance macroscopique des efforts (forces de gravité encore prépondérantes) mais aussi la nécessité d'outils de microscopie pour la scène de la préhension.

### Thèmes

La *préhension d'objets macroscopiques* se caractérise par la génération d'efforts de serrage de module proportionnel à l'accélération développée et au poids de l'objet manipulé pour la réalisation de la tâche. Ces efforts permettent de le solidariser avec le préhenseur afin de procéder à son déplacement. Le système de manipulation dans son ensemble possède des dimensions appartenant à la même gamme dimensionnelle que celle de l'objet. Pour cette thématique, des problèmes de conception de préhenseur à un ou plusieurs degrés de liberté, de commande haut niveau, de planification réactive, de modélisation des efforts de manipulation coordonnée sont des verrous de recherche.

Lorsque l'on considère la *micropréhension* et la manipulation précise d'objets microscopiques, la corrélation entre la taille de l'objet et le système de manipulation n'existe plus. Les déplacements mis en jeu appartiennent à une plage très large allant de la dizaine de nanomètres à une dizaine de micromètres, et peuvent être produits par des systèmes de dimensions très supérieures. Au minimum, le préhenseur doit posséder des dimensions comparables à celles de l'objet. Les mêmes propriétés sont observées pour la nanomanipulation. Les problèmes considérés sont cette fois liés aux différents composants d'une station de manipulation, le préhenseur et le mode de préhension associé, les stratégies de manipulation, les actionneurs, les capteurs de déplacement et d'effort, la vision, les outils d'assistance pour la manipulation automatisée, la commande.

*Aux échelles intermédiaires*, l'approche macroscopique de la préhension peut encore être appliquée et les problèmes parasites liés aux forces surfaciques ainsi que des problèmes technologiques sont surmontés. De nouveaux domaines de recherche émergent ainsi à cette échelle intermédiaire comme la modélisation/commande de matériaux et structures actifs, la conception de préhenseurs bidigitaux et les commandes associées, les systèmes de positionnement, l'assemblage.

Le GT s'articulera autour de ces trois domaines dimensionnels recouvrant des thématiques avec les autres GT comme les interactions homme-robot, la conception... Les mises en communs de différents sous-thèmes permettront de couvrir une large gamme d'applications dont les points de focalisation seront par exemple l'assemblage et le domaine biologique.

Au plan général, les problématiques scientifiques traitées dans ce GT reposent sur trois piliers :

- la connaissance et la maîtrise du monde dans lequel intervient et/ou est immergé le système robotique manipulateur et avec lequel il interagit (comportements physiques statique et dynamique, exploitation et contrôle de ses propriétés propres) ;
- la conception et la fabrication des structures robotiques appropriées (mécatronique, approche multi-physique) ;
- la perception et la commande (mesures proprio et extéroceptives, stratégies de commande multi-niveaux, interaction homme-robot).

Ces axes sont déclinés de manière assez, voire radicalement différente selon l'échelle dimensionnelle considérée, avec des degrés de maturité scientifique également très différents. En particulier, aux plus petites échelles, ils demeurent tous encore aujourd'hui des problèmes largement ouverts sans solution encore réellement stabilisée. Ainsi, les échanges au sein du GT et la confrontation des savoir-faire et technologies aux différentes échelles pourront se révéler particulièrement fructueux.

### **Actions**

Il est à noter que ce GT est extrêmement multidisciplinaire et que l'un de ses objectifs est de proposer des échanges et des collaborations avec les biophysiciens, les chercheurs de la microscopie à champ proche, des microsystèmes et microtechnologies ou de l'assemblage et de la sûreté de fonctionnement. Ce GT sera donc un lieu d'échange à la fois pour des exposés relatifs aux thèmes mais aussi pour des domaines connexes pouvant être à la base de nouvelles recherches soit applicatives soit relatives à la modélisation, comme par exemple en tribologie.

Le GT produira un document d'état de l'art et de prospective.

## **GT4 – Méthodologies pour la Robotique**

**Animateurs : Nicolas ANDREFF (LASMEA), Christine CHEVALLEREAU (IRCCyN)**

### **Objectifs**

L'objectif de ce GT est de travailler de manière transversale par rapport aux applications et de se focaliser sur les aspects les plus théoriques. Les travaux porteront sur les principes des méthodologies pour la Robotique et sur leurs aspects théoriques. Le domaine d'application dans lequel la méthodologie a été développée servira d'appui pour mettre en évidence les extensions à des contextes applicatifs connexes et les limites de l'approche proposée. Le but visé est soit de faire émerger de nouveaux domaines d'applications pour une méthodologie

donnée, soit de faire émerger de nouvelles méthodologies. Le GT s'intéressa également aux outils génériques et réutilisables caractérisant les méthodologies pour la Robotique.

### **Thèmes**

Dans un premier temps, le GT4 se focalisera sur les thèmes scientifiques suivants, dont la liste pourra évoluer selon les attentes de la communauté robotique :

#### (1) Modélisation et Commande des systèmes complexes

La commande des systèmes robotique est un passage incontournable. Les systèmes robotiques (véhicules autonomes, robots à pattes, robots parallèles, humanoïdes, drones ...) sont très complexes. Cette complexité, qu'il faut modéliser, concerne aussi bien le modèle intrinsèque du robot (nombreux degrés de liberté, non linéarités, par exemple) que l'existence d'éléments extérieurs au robot (contact avec l'environnement, prise en compte de perturbations : vent, mouvement d'ensemble, imperfection des surfaces de contact ...). De plus, on ne dispose souvent pour la commande que de modèles approchés. En effet, les imprécisions du modèle de commande peuvent provenir d'éléments dont les modèles sont mal connus (frottements, flexibilités, impact ...), d'approximations faites pour simplifier le modèle, de paramètres du modèle mal connus. Les objectifs de la commandes peuvent être variés : commande en position, en effort, recherche de mouvement cyclique, suivi de trajectoires, suivi de cibles ou mal définis comme dans les tâches de locomotion. Des difficultés particulières peuvent aussi exister : holonomie ou non, sur- ou sous-actionnement, redondance, coopération entre robots.

Dans ce contexte difficile, les approches de commande doivent être à la fois robustes et performantes et de nouvelles méthodologies sont souvent à mettre en place.

#### (2) Robotique et calcul numérique

Les aspects numériques de la robotique sont essentiels. En effet, de la prise en compte des erreurs de mesure ou de modèle et de leur propagation dans la chaîne de traitement dépendent la qualité et la précision de la tâche robotique effectuée. Par ailleurs, il est fréquemment fait appel en robotique aux techniques d'optimisation. Cependant, les techniques d'optimisation classiques sont-elles suffisantes ? Ce n'est pas si sûr car elles ne sont pas forcément compatibles avec les contraintes temps réel : il faut parfois obtenir plusieurs solutions (voire toutes) car une solution proche (mais différente) d'un optimum peut être satisfaisante, les fonctions à optimiser n'étant ni forcément analytiques, ni forcément convexes, ni forcément continues, etc.

Aussi souhaitons-nous réfléchir, dans une optique spécifique à la robotique, à des sujets tels que l'analyse par intervalles ou à erreur bornée, les processus stochastiques non linéaires, la gestion de l'incertain, les techniques d'optimisation ou encore le choix des heuristiques, etc.

#### (3) Perception pour l'action

La perception de l'environnement d'un robot est un élément essentiel à son autonomie. Cette perception ne peut cependant pas être limitée à une dimension purement informative et accumulative et doit être dirigée vers l'action, la réaction, l'interaction. Ainsi, la perception peut servir à la localisation et à la navigation. Elle intervient également pour la détection d'obstacles et pour l'estimation du mouvement de ces derniers dans le but d'adapter ou de replanifier en temps-réel la trajectoire en cours.

La perception est fondée sur la mesure par le biais de capteurs ou d'association de capteurs, dont l'adéquation à la tâche doit être évaluée. L'exploitation des mesures peut se faire sur une base cognitive ou sur la modélisation fine des phénomènes physiques associés, mais toujours en prévision de l'action. Elle peut servir de base à une interprétation de plus ou moins haut

niveau de l'état de l'environnement selon le niveau de l'action. Ainsi, l'asservissement perceptif se place au plus près du signal issu du ou des capteurs : image (vision classique, vision panoramique, échographie, etc.), force, radar, lidar, etc.

Enfin, l'ouverture de la robotique vers de nouveaux domaines d'application amène à se questionner sur les méthodologies d'exploitation de capteurs biologiques, physiologiques, chimiques, etc.

#### (4) Architectures logicielles et matérielles

La complexité des applications robotiques nécessite le traitement de données volumineuses sous des contraintes temporelles fortes, ce qui implique la définition d'architectures logicielles et matérielles idoines. L'objectif ici est de définir des méthodologies à suivre lors de la conception de telles architectures. Cela concernera aussi bien les aspects temps-réel que la gestion de systèmes hybrides (synchrones/asynchrones, continus/échantillonnés). Nous nous intéresserons également à l'organisation et à la représentation des données et de leurs flux, que ce soit de manière matérielle, logique ou encore cognitive. La réflexion portera aussi sur les interactions entre l'architecture matérielle et logicielle d'un système robotique et la manière de définir des tâches et des missions.

#### (5) Apprentissage, Adaptation.

Dans certains contextes d'utilisation, des modèles et des méthodologies de commande établis hors ligne sont parfois insuffisants pour prendre en compte le contexte réel d'utilisation et il est fondamental de pouvoir enrichir les performances du robot par un apprentissage et/ou par une adaptation à l'environnement. Ceci peut aussi être nécessaire dans le cas d'un système trop complexe pour pouvoir être décrit par un modèle permettant l'écriture hors ligne d'une commande.

Ces aspects sont très importants, en particulier dans un contexte où l'environnement n'est pas connu *a priori* ou dans le cadre de coopération ou d'interaction avec d'autres systèmes. A partir d'information extérieure (provenant de capteur ou d'un superviseur), le système devra alors prendre des décisions et adapter son comportement

### Actions

- Au moins une réunion sur chacun de ces thèmes sera organisée, soit 5 réunions sur 2 ans. Des réunions complémentaires pourront être programmées sur ces thèmes ou sur d'autres si le besoin s'en fait sentir ;
- C'est l'occasion d'enrichir les liens avec les disciplines connexes (automatique, informatique, vision, etc) en invitant une personnalité à chaque réunion ;
- Autres actions envisagées :
  - Numéro spécial à JESA ;
  - Organisation d'une session spéciale à CIFA 2008 ;
  - Organisation d'une session à RFIA 2008.
  - Le GT fournira un document d'état de l'art et de prospective.

## GT5 – Interactions personnes / systèmes robotiques

**Animateurs : Rachid ALAMI (LAAS), Bruno ARNALDI (IRISA)**

### Objectifs

L'interaction est sans doute un point focal de la robotique de demain et de son articulation avec de nombreuses disciplines et notamment la réalité virtuelle. Au-delà de l'interaction

constitutive de la notion même de robot, celle avec son environnement, les interactions qui nous intéressent dans le contexte de ce groupe de travail concernent :

- les interactions homme-robot et robot-robot liées à l'opération, la coopération et la coordination de systèmes multi-robots ;
- l'interaction du robot avec l'homme qu'il soit distant ou présent physiquement dans l'environnement du robot, qu'il partage la décision ou la tâche ;
- les interactions avec les systèmes d'information existants, et notamment avec ceux qui renseignent sur l'environnement ;
- enfin les interactions dans d'autres domaines et que l'on peut étudier en utilisant les outils issus de la robotique et de la réalité virtuelle.

Les systèmes multi-robots constituent un domaine de recherche dans lequel l'interaction sous différentes formes conduit à l'étude d'architectures, de comportements, de types d'organisation et de tâches en articulation avec divers domaines allant des multi-agents aux réseaux de capteurs.

Pour ce qui concerne la relation de l'homme au robot, à côté d'une téléopération qui s'enrichit de développement d'interfaces et de liens forts avec la réalité virtuelle, l'émergence d'une robotique d'assistance à l'homme et de la robotique personnelle apporte de nouveaux aspects à la problématique de l'interaction homme-robot. Dorénavant, l'homme et le robot partagent l'espace, la tâche et la décision. Ceci nécessite des fonctions évoluées et nouvelles pour le robot : perception de l'homme et de son activité, action physique partagée et/ou en synergie avec l'homme, décision interactive et partagée, capacité évoluée de dialogue, grande capacité d'adaptativité et d'apprentissage. S'ajoutent également les contraintes de la sécurité, de l'acceptabilité et de la lisibilité (par l'homme) des intentions, décisions, et actions du robot.

La structuration nationale du domaine de la réalité virtuelle et plus généralement de la problématique de l'humain en interaction avec un environnement virtuel, pose clairement la question du positionnement de l'activité de recherche et de développement de la robotique dans ce contexte. Si l'on projette l'évolution récente des domaines comme le jeu vidéo, la réalité virtuelle industrielle et la robotique, on observe une nette tendance à la convergence de ces domaines. Cette convergence n'est pas à considérer comme un risque d'absorption mais plus à envisager comme un potentiel fort de fertilisation croisée. En effet, il est évident que les algorithmes et méthodologies développés depuis de nombreuses années dans le domaine robotique ont trouvé de nouveaux champs applicatifs dans les domaines de l'interaction avec le virtuel (ex : cinématique inverse, planification, couplage virtuel...). De même, la conception et le contrôle de systèmes d'interaction avancés (ex : bras à retour d'effort, interfaces tactiles) participent de manière déterminante à la pénétration et à l'utilisabilité, dans le domaine industriel, des applications des technologies interactives. L'industrie du jeu vidéo est aussi consommatrice de dispositifs d'interaction novateurs dont la principale contrainte est d'être produit à bas coût.

De plus, dans le domaine de l'interaction, l'idée maîtresse de la pluridisciplinarité est très largement mise en œuvre par des rapprochements thématiques potentiellement très riches. Dans l'esprit d'une ouverture thématique vers d'autres domaines scientifiques, techniques ou relatifs aux sciences humaines, les grands domaines que le GDR, tout particulièrement dans le GT5, devra regarder de près sont :

- La communauté de la réalité virtuelle : liens et manifestations éventuellement communes avec l'AFRV (<http://www.afrv.fr>) ;
- La communauté de l'informatique graphique : liens et manifestations éventuellement communes avec l'AFIG (<http://www.afig.org>) ;
- La communauté de l'analyse d'images : liens et manifestations éventuellement communes ;

- La communauté des sciences humaines : ergonomes, psychologues et plus généralement les neurosciences (exemple de laboratoires cibles : LPPA, LMP,..).

La richesse des interactions de la robotique avec des disciplines différentes est aussi un vecteur probable de nouvelles problématiques et de nouvelles avancées en prenant en compte notamment les facteurs humains et l'utilisabilité des systèmes.

Les retombées des travaux qui nous concernent ici peuvent être considérées comme essentielles pour l'autonomie et l'usage des machines. Une application emblématique est celle du robot personnel ou encore assistant dans un lieu public ou privé.

L'impact sociétal des travaux dans ce domaine peut être d'une grande ampleur dans la mesure où les sujets traitent de l'interaction avec des machines ou des mondes virtuels.

## Thèmes

Sans trop préjuger de la diversité et du nombre de thèmes que le GT doit aborder, il n'en demeure pas moins que quelques sujets préliminaires émergent. Cette liste préliminaire, que le groupe de travail devra s'approprier, devra être consolidée dans les premières réunions de ce GT :

- *Algorithmiques de la robotique*: analyse de la performance des méthodes utilisées actuellement dans le domaine de l'interaction et élaboration de nouvelles pistes de transfert pour le futur (quelques pistes : modèle de tâches, programmation graphique, environnement physique), planification de tâche et de mouvement ;
- *Technologie des dispositifs d'interaction* : analyse et prospection sur l'élaboration de nouveaux dispositifs d'interaction (chaîne capteur → effecteur) sous l'angle de la miniaturisation et du coût de production (compromis coût - performance), déclinaison de la réalité virtuelle au jeux vidéo ;
- *De la téléopération à la réalité virtuelle* : la téléopération représente un des fondements historiques de la réalité virtuelle ; elle est aujourd'hui enrichie par le développement d'interfaces et de modes d'interaction avancés ;
- *Convergence robot humanoïde - humain virtuel* : un axe important de forte interaction entre la robotique et l'interaction concerne le modèle d'humain (passage du réel au virtuel et au robot). Que ce soit au niveau de la recherche (convergence des outils et des méthodologies) ou au niveau des applications industrielles, ce rapprochement est aujourd'hui acquis et doit faire l'objet d'une analyse ;
- *Modèles de l'homme et de l'action interactive* : plus généralement, un champ d'investigation nouveau s'ouvre, portant sur des modèles de l'homme, de l'action et de la décision conjointe homme-robot, des préférences et comportements de l'homme dans le contexte des tâches à réaliser ;
- *Image et robotique* : dans le domaine de la réalité augmentée, le lien entre l'image (vidéo), le pilotage de systèmes actifs (ex. : asservissement visuel) et interaction. La perception par le robot de son environnement est également ici essentielle : construction de modèles et interprétation de scènes à fort contenu sémantique : lieux, objets, activités humaines ;
- *Évaluation de l'interaction avec des systèmes actifs* : les sciences humaines (ergonomie, psychologie expérimentale) et les neurosciences sont de manière évidente des vecteurs incontournables d'analyse des systèmes interactifs. Ce point doit être étudié sous l'angle des apports potentiels (protocoles, connaissances transposables du domaine). Un autre point, peut-être plus porteur dans le cadre du GT5 du GDR, concerne la relation symétrique. En effet, le domaine des SHS est aussi à la recherche de nouveaux systèmes et dispositifs permettant de réaliser ou de rendre plus efficace l'étude de l'homme (extraction de modèles, validateurs d'hypothèse...) ;

- *Intelligence ambiante et robotique ubiquiste* : enfin, un lien fort, à cultiver, est celui de robot avec les environnements intelligents et notamment les réseaux de capteurs et l'intelligence ambiante.

### **Actions**

Le GT "Interactions personnes / systèmes robotiques" se donne pour objectif de mobiliser et d'organiser la communauté concernée par ses thématiques. Il semble en effet nécessaire et utile d'avoir une démarche d'investigation des liens existants et/ou à développer entre les chercheurs en robotique, en réalité virtuelle et au-delà.

Il s'agira d'identifier les acteurs français du domaine et de les mettre en situation de mener ce travail d'affinement des thématiques et de fertilisation croisée. Diverses activités seront menées : réunions d'un premier groupe de personnes actives dans le domaine, mise en place d'une page Web qui recense les actions actuelles ainsi que d'une mailing-list d'information et d'échange, organisation d'un workshop ouvert aux disciplines connexes.

A plus long terme, en fonction des réactions de la communauté, le groupe de travail pourrait travailler à l'établissement d'une prospective thématique (roadmap) et à la promotion d'initiatives à l'échelle nationale, européenne ou internationale.

## **GT6 – Conception innovante et mécatronique**

**Animateurs : Dominique DUHAUT (VALORIA), Féthi BEN OUEZDOU (LIRIS),  
Philippe WENGER (IRCCyN)**

### **Objectifs**

L'objectif de ce groupe de travail est de réunir les acteurs qui s'attaquent aux problèmes liés à la conception en robotique en intégrant des aspects de la mécatronique. Ce GT a donc un spectre assez large et trouvera des applications dans pratiquement tous les domaines de la robotique et plus particulièrement dans les domaines suivants :

- la robotique manufacturière ;
- la robotique médicale ;
- la robotique humanoïde ;
- les systèmes haptiques ;
- la locomotion ;
- la robotique d'assistance.

### **Thèmes**

Nous proposons d'organiser ce GT autour des quatre thèmes suivants :

#### (1) Méthodologie de conception

La conception innovante cherche à développer des produits ou des concepts novateurs. Pour cela, elle devra s'appuyer sur des méthodes et des outils de conception performants, comme :

- la conception préliminaire (définition conceptuelle en phase amont, par exemple choix de topologie de mécanismes...);
- critères d'évaluation des performances (méthode d'évaluation de l'espace de travail, de la détection des singularités...);
- l'optimisation multi-objectif (construction et exploitation des fronts de Pareto) ;
- la conception robuste (sensibilité des performances aux erreurs, analyse et synthèse des tolérances...);

- la conception bio-inspirée (algorithmes génétiques, réseaux de neurones, comportement bio-fidèle, neurophysiologie) ;

## (2) Architectures robotiques du futur

La conception innovante et mécatronique doit permettre de définir de nouvelles architectures robotiques permettant d'améliorer de façon très sensible les performances (nouvelles cinématiques) ou les services rendus (robotique ambiante). Pour les nouvelles architectures cinématiques, ces améliorations concerneront l'espace de travail (y compris en orientation), les vitesses de travail, la précision, la rigidité, l'autonomie, la miniaturisation, ... Le coût de fabrication et d'utilisation sont aussi des critères de performances à prendre en compte. Les architectures potentiellement innovantes pourront être parallèles, hybrides, à câbles, redondantes, cuspidales, autonomes...

La robotique ambiante se place dans la continuité du domaine plus restreint de l'informatique ambiante. Dans un contexte robotique, les services offerts à l'utilisateur seront des services de contrôle de l'environnement : perception ou action. Les architectures développées devront être reconfigurables (sur les plans logiciel et matériel). Cette thématique est particulièrement justifiée par le vieillissement de la population qui amènera de plus en plus de monde à souhaiter un contrôle partiel de leur environnement immédiat. Dans ce cadre, le GT6 encouragera vivement la communauté à des développements matériels dans le domaine de la robotique humanoïde.

## (3) Constituants technologiques innovants et actionneurs intégrés

Des constituants technologiques innovants doivent être mis au point pour accompagner le développement des nouvelles architectures de robots. A titre d'exemple on peut citer les constituants suivants :

- articulations (à grands débattements, sans jeu, compactes, miniaturisées, articulations reconfigurables...) ;
- actionneurs (actionneurs linéaires, alliages à mémoire de formes...) ;
- effecteurs reconfigurables, instruments de chirurgie mini-invasive, mains artificielles... ;
- conception d'actionneurs intégrés pour des applications robotiques et mécatroniques (aspects mécaniques de transmission des mouvements et des efforts, capteurs nécessaires à l'observation du système, boucles de contrôle locales)

## **Actions**

Il est prévu d'organiser 4 réunions de travail par an. Des réunions supplémentaires pourront être programmées si le besoin s'en fait sentir. Ce GT aura vraisemblablement de nombreuses interactions avec l'ensemble des autres GT. Le cas échéant, il sera intéressant de réunir simultanément les acteurs de plusieurs GT.

Le GT fournira un document d'état de l'art et de prospective.

## **Annexe 2 – Listes des laboratoires et des équipes**

- Equipe concernée (une fiche par équipe)
- Nom du laboratoire
- Statut (UMR, EA...) et établissement(s) de rattachement
- Contact équipe (nom, mail, tél.)
- Potentiel de recherche équipe : \_\_\_ permanents, \_\_\_ thésards
- Nombre de chercheurs CNRS concernés dans l'équipe
- Mots clefs / compétences de l'équipe
- Participera aux activités de quel(s) GT du GDR ?