



ISIR

INSTITUT
DES SYSTÈMES
INTELLIGENTS
ET DE ROBOTIQUE

Rapport d'activité - automne 2007

SOMMAIRE

Page 3.	Présentation générale
Page 7.	Activités scientifiques des équipes
	Systemes Interactifs (page 7)
	Assistance aux Gestes et Applications Thérapeutiques (Page 8)
	Manipuler, Analyser Percevoir les échelles Micro et Nanoscopiques (Page 13)
	Perception et Mouvement chez l'Homme (page 19)
	Perception du Mouvement (Page 20)
	Mouvement (Page 27)
	Perspectives (Page 31)
	Systemes Intégrés, Mobiles et Autonomes (page 35)
	Mobilité en Milieu Complexe (Page 36)
	Perception Active et Multisensorielle (Page 40)
	Autonomie et Adaptation (Page 44)
	Projets Intégratifs (Page 48)
Page 54.	Faits marquants
Page 56.	Formations associées au laboratoire
Page 58.	Insertion Nationale et Internationale
Page 60.	Moyens humains et budget
Page 62.	Moyens Techniques
Page 64.	Bibliographie
Page 89.	Annexe 1 - Liste des personnels permanents de l'ISIR
Page 90.	Annexe 2 - Liste des personnels non permanents de l'ISIR
Page 92.	Annexe 3 - Composition du comité d'évaluation de février 2006
Page 93.	Annexe 4 - Composition du Conseil de Laboratoire

L'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) a été créé le 1^{er} janvier 2007 par le regroupement d'équipes de recherche de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC) relevant du domaine des Sciences pour l'Ingénieur :

- le Laboratoire de Robotique de Paris dans son ensemble (**LRP**)
- le groupe Perception et Réseaux Connexionnistes (**PRC**) du Laboratoire des Instruments et Systèmes d'Ile de France (**LISIF**)
- l'équipe AnimatLab du Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (**LIP6**)



L'ISIR est aujourd'hui l'une des principales unités de recherche de la nouvelle UFR d'Ingénierie de l'UPMC, au sein de laquelle il occupe une position centrale du fait de l'intégration qu'il a réussie entre les différentes disciplines des Sciences de l'Ingénieur. Il est par ailleurs associé au CNRS (identifiant : FRE 2507) et rattaché au département Sciences et Technologies de l'Information et de l'Ingénierie (ST2I).

L'ISIR est un laboratoire de recherche **pluridisciplinaire** qui rassemble une trentaine de chercheurs et enseignants chercheurs permanents, relevant des disciplines de la mécanique, l'automatique, le traitement du signal et l'informatique.

Identité Scientifique

Les recherches menées à l'ISIR portent sur la modélisation, l'analyse et la conception de systèmes dynamiques et de systèmes de perception. Elles donnent lieu à des travaux fondamentaux très souvent associés à des développements expérimentaux. Cette pratique vise d'abord à garantir la pertinence des propositions formulées dans le cadre des recherches amont ; elle permet aussi d'avancer simultanément dans les connaissances relatives aux problèmes scientifiques traités et à leurs applications.

En particulier, de nombreux travaux sont tournés vers les applications émergentes de la **Robotique** et des **Systèmes Intelligents** dans les domaines des **Sciences du Vivant** ou ceux qui sont liés aux **Neurosciences** et aux sciences cognitives. La politique scientifique de l'ISIR vise donc plus particulièrement à établir des synergies entre le domaine des ST2I et les sciences du vivant, dans le cadre d'applications médicales et de biologie ainsi qu'en tentant de faire progresser les capacités cognitives et interactives des robots par un dialogue fertile avec les neurosciences.

En cela, elle est pleinement en phase avec les politiques scientifiques de l'UPMC et du CNRS. Elle est également en bonne adéquation avec plusieurs directions thématiques des programmes actuels de l'Agence Nationale de la Recherche, en particulier les programmes PSIROB, TecSan (ex RNTS) et RNTL, ainsi que des TIC du programme cadre de recherche et développement (PCRD) de la communauté européenne. Ceci permet à l'ISIR d'excellents résultats en termes de taux de labellisation des propositions qu'il émet.

Compétences

L'ISIR regroupe un ensemble de compétences complémentaires relevant de divers domaines scientifiques des Sciences de l'Ingénieur et des Sciences et Techniques de l'Information. Elles recouvrent plus spécifiquement :

- la modélisation et la simulation des systèmes robotiques et des interactions complexes,
- les commandes robustes pour ces systèmes, la télé-opération et l'identification,
- les systèmes de perception (vision, toucher, parole) et le traitement du signal associé,
- les techniques de l'intelligence artificielle pour l'apprentissage et l'adaptation de comportements.

Ces compétences sont mises en synergie autour de projets de recherche à fort potentiel scientifique et d'application. Les projets sont organisés au sein des trois équipes regroupant chacune entre vingt et trente personnes (permanents et doctorants) autour d'objectifs cohérents, tant du point de vue des finalités que de celui des méthodes développées :

- Systèmes Interactifs (**SI**).
- Perception et Mouvement chez l'Homme (**PM**).
- Systèmes Intégrés Mobiles et Autonomes (**SIMA**).

Partenariats

Les recherches de l'ISIR s'appuient sur des compétences internes pluridisciplinaires, renforcées par des collaborations étroites avec d'autres équipes de l'UPMC et du CEA/LIST mais aussi d'autres établissements de la région Ile de France comme le Collège de France et l'ENSTA et plus largement en France comme le CNRS/LAAS, le CNRS/LAB ou le CNRS/LIRMM.

Une importance toute particulière est donnée à la valorisation des travaux de recherche de l'ISIR par le développement de prototypes matériels ou logiciels en collaboration avec des industriels. Le nombre important des participations de l'ISIR à des projets finalisés avec des partenariats industriels illustre cette volonté. Le CRIIF, Centre de Ressources Technologiques (CRT Robotique d'Ile de France) historiquement adossé au LRP, est aujourd'hui hébergé dans les locaux de l'ISIR et reste une structure efficace pour le transfert de technologie vers les PME de la région notamment.

Hors de l'activité de production scientifique et technologique, les chercheurs et enseignants chercheurs de l'ISIR s'impliquent fortement dans les structures nationales et internationales d'animation de la recherche. Ainsi, ils s'investissent dans les groupements de recherche du CNRS, ainsi que pour l'organisation ou la participation aux comités scientifiques de conférences et séminaires nationaux et internationaux.

Engagement dans les formations

La formation scientifique des jeunes aux méthodes et techniques des Systèmes Intelligents et de la Robotique constitue une mission pour laquelle les enseignants-chercheurs de l'ISIR sont tous mobilisés.

Des formations initiales dans ce domaine pluridisciplinaire ont été structurées à l'UPMC lors de la mise en place de la réforme LMD en 2004. Elles accueillent aujourd'hui un grand nombre d'étudiants pour des enseignements de base dans les cycles de Licence et Master 1 et plus de 60 étudiants pour les enseignements spécialisés du Master 2 Sciences de l'Ingénieur.

Ces formations ont été complétées en 2006 par la création d'une spécialité de Robotique à l'école d'ingénieur de Polytech'Paris-UPMC.

La formation se fait aussi, naturellement, dans les locaux de l'ISIR. Ainsi, dans le cadre de ces formations mais aussi de bien d'autres, l'ISIR accueille annuellement plus d'une cinquantaine de stagiaires.

Enfin, la formation par la recherche de jeunes doctorants et post-doctorants constituant notre première responsabilité, plus d'une cinquantaine de doctorants sont présents actuellement dans l'unité et une douzaine effectuent leur thèse à l'extérieur dans le cadre de collaborations industrielles.

Domaines de recherches des équipes

Les travaux de l'ISIR adressent prioritairement un certain nombre de défis scientifiques choisis parmi quelques domaines d'application à fort enjeu sociétal et/ou économique, qui sont :

- l'assistance aux gestes médicaux et chirurgicaux ;
- la télé-micro-manipulation ;
- les systèmes de perception, d'analyse et d'apprentissage du mouvement humain ;
- la simulation physique en réalité virtuelle ;
- les outils de diagnostic et de rééducation des déficits moteurs et perceptifs ;
- les robots et drones autonomes et adaptatifs pour une exploitation en milieu ouvert.

L'équipe **Systèmes Interactifs** a pour objectif général de développer des méthodes et des systèmes pour l'assistance à la manipulation. Les travaux concernent plus spécifiquement la manipulation d'objets biologiques, dans le cadre de la caractérisation cellulaire ou de la chirurgie. Ils donnent tous lieu à des validations expérimentales, réalisées dans des conditions in-vivo ou ex-vivo. Les actions de recherche développées par cette l'équipe sont regroupées selon deux grands axes : la robotique pour gestes médico-chirurgicaux assistés (groupe AGATHE) et la télé-micro/nano-manipulation (groupe MAP).



En ce qui concerne la télé-micro/nano-manipulation, l'objectif est de proposer et de valider expérimentalement des techniques et des technologies nouvelles pour des manipulations télé-opérées d'objets de dimensions submillimétriques. Il s'agit de concevoir des systèmes et des techniques de télé-micromanipulation à très haute sensibilité permettant de « ressentir » des interactions à l'échelle du micro-newton et « d'assister » les manipulations. Dans le domaine de l'assistance aux gestes et de ses

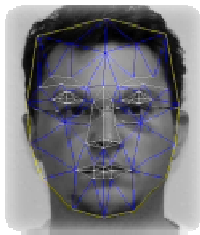
applications thérapeutiques, en chirurgie notamment, les objectifs sont d'augmenter la qualité de la manipulation et les performances des modes d'assistance robotisée. Les projets de recherche développés dans cet objectif suivent trois directions complémentaires que sont l'assistance au geste par retour d'effort, la conception et la commande d'instruments dextres et le guidage automatique des dispositifs robotiques à partir d'imageurs médicaux.



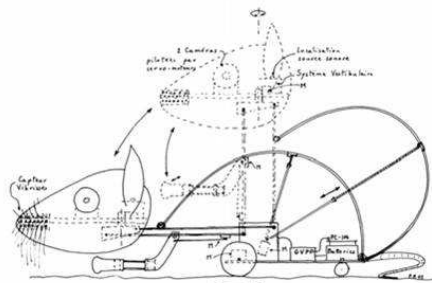
L'équipe **Perception et Mouvement chez**

l'Homme s'intéresse à la représentation, la modélisation, la synthèse et l'assistance aux

mouvements chez l'Homme. Un certain nombre de problèmes fondamentaux ou appliqués liés au mouvement et à la perception sont abordés par cette équipe. Le but est d'atteindre une compréhension globale permettant de concevoir des systèmes anthropocentrés allant de la capture des signaux et la reconnaissance des gestes, intentions ou paroles jusqu'au contrôle actif et à la correction des fonctions motrices et sensori-motrices. Les applications de ces travaux concernent aussi bien l'analyse que le traitement thérapeutique de certaines pathologies du système sensori-moteur.



Les recherches développées par l'équipe **Systèmes Intégrés Mobiles et Autonomes** portent sur l'étude des systèmes de locomotion (principalement terrestres et aériens), la perception visuelle et acoustique pour atteindre un haut degré d'autonomie et l'adaptation du comportement des systèmes à leur environnement.



Une dimension particulière dans les travaux de cette équipe concerne le développement de méthodes pour la conception et la commande de nouveaux systèmes de locomotion en passant notamment par des approches biomimétiques mais aussi par des approches plus classiques d'analyse et d'optimisation de systèmes. Un autre aspect concerne la perception de l'environnement et l'estimation d'état par la perception panoramique visuo-acoustique.

Equipe Systèmes Interactifs

Dans le domaine de la manipulation robotique, nos recherches ont été concentrées, au cours des dernières années, vers la **maîtrise d'interactions complexes** pour la réalisation de gestes dextres et/ou précis, en considérant les difficultés particulières rencontrées lorsque :

- l'échelle de réalisation de la tâche est micro- ou nanométrique ;
- le système robotique pratique une intervention médico-chirurgicale.

Le choix de ces deux domaines d'application a d'abord permis de structurer les activités de l'équipe en deux groupes aujourd'hui bien identifiés à l'intérieur de l'ISIR et clairement visibles depuis l'extérieur. Il a surtout induit une problématique très stimulante dans les domaines de la conception, la modélisation et la commande de systèmes d'assistance à la manipulation. La nature spécifique des tâches considérées impose en effet le développement d'approches innovantes considérant simultanément l'intégration physique des éléments actifs et sensoriels, la synthèse de la commande et la planification de la manipulation. Ces travaux sont fortement guidés par la modélisation et l'analyse des interactions et des contraintes drastiques imposées par les conditions expérimentales.



Les orientations de nos recherches se situent aujourd'hui dans le contexte foisonnant de la **robotique interactive** : le paradigme du « tout automatique », qui prévalait il y a vingt ans pour la robotisation des tâches industrielles, n'est clairement plus approprié. Le système robotique doit maîtriser des interactions complexes dans des environnements mal connus et réaliser des tâches qu'il devient difficile de décrire a priori comme une séquence de consignes selon un plan préétabli. Ces difficultés sont particulièrement aiguës dans le cadre des applications considérées.

Les nouvelles générations de robots sont donc des assistants apportant une aide motrice et/ou sensorielle à un opérateur qui conserve les capacités décisionnelles pour le contrôle de l'exécution de la tâche. S'ajoutent aux problèmes de la modélisation et de la maîtrise de l'interaction entre le robot et le site de l'intervention, ceux qui sont liés à l'interfaçage avec un sujet supervisant la manipulation. La mise au point des dispositifs **d'assistance**

interactive enrichit notre problématique, au centre de laquelle se trouve maintenant la modélisation des gestes, mouvements, et sensations de l'utilisateur, qu'il soit un chirurgien pratiquant un geste fin sous assistance par comanipulation, ou un opérateur interagissant en temps réel avec le micro-monde par télémanipulation.

Nos recherches sont assez naturellement structurées en deux groupes, dont les activités sont présentées dans ce qui suit :

- **AGATHE** : assistance aux gestes et applications thérapeutiques ;
- **MAP** : manipuler, analyser et percevoir les échelles micro et nanométriques.



ASSISTANCE AUX GESTES ET APPLICATIONS THERAPEUTIQUES



Un des enjeux majeurs de la robotique interactive est le développement de dispositifs d'assistance permettant d'augmenter les performances de manipulation d'un opérateur tout en limitant le temps d'apprentissage des gestes. Les recherches du groupe AGATHE s'organisent autour de ces nouveaux systèmes d'assistance. Elles adressent à la fois la conception de systèmes mécatroniques dextres et instrumentés et la commande robuste des interactions. Elles sont toutes orientées vers les nouvelles applications de la robotique médico-chirurgicale, qu'il s'agisse d'assister les gestes fins du chirurgien ou les mouvements du bras d'un patient en rééducation post-traumatique.

Contexte & objectifs

Les systèmes robotiques interactifs proposent un mode de fonctionnement supervisé grâce auquel l'opérateur contrôle en temps réel l'exécution d'une tâche. Ils sont exploités lorsque la tâche à réaliser est difficilement programmable a priori, en particulier dans le cas où les incertitudes sur la géométrie et la dynamique de l'environnement sont grandes. C'est donc une approche de choix pour la robotisation de la chirurgie, qui est le domaine d'application privilégié de nos recherches.

Deux types de dispositifs sont considérés. Lorsque l'opérateur est physiquement éloigné du lieu d'exécution de la tâche qu'il supervise, on exploite des systèmes de **télémanipulation**. C'est le cas par exemple du robot *da Vinci* pour la chirurgie laparoscopique, la mise à distance étant mise à profit ici pour éviter d'ouvrir la paroi abdominale en accédant au site

opérateur. Lorsque, au contraire, le système robotique et l'opérateur manipulent simultanément le même objet, ce sont des dispositifs de **comanipulation**. L'assistance prend alors la forme d'un guidage actif, ce qui trouve des applications en neurochirurgie cérébrale ou pour les systèmes d'apprentissage du geste, par exemple.

L'objectif principal de nos recherches est de dépasser les limitations des dispositifs utilisés en routine clinique, en particulier par la mise à disposition de fonctions d'assistance avancées, intégrant modalités sensorielles augmentées, dextérité distale des instruments, et fonctions de guidage actif. Les méthodes utilisées puisent à la fois dans la conception optimale des mécanismes, la mécatronique et la commande robuste des interactions.

Un exemplaire du système da Vinci, télémanipulateur de chirurgie laparoscopique, est utilisé en routine clinique chez nos partenaires de l'hôpital de la Pitié Salpêtrière. L'interactivité du système est limitée du fait de l'isolation du chirurgien et de l'absence de retour d'effort.



Instrumentation dextre

Une des difficultés inhérentes aux applications de chirurgie, en particulier mini-invasive, réside dans la nécessité de disposer d'instruments présentant suffisamment de mobilité distale pour réaliser des gestes complexes tels que, par exemple, ceux de la suture. Nous avons entrepris depuis plusieurs années des recherches méthodologiques et appliquées destinées à trouver des solutions pour la réalisation de ces nouveaux instruments.

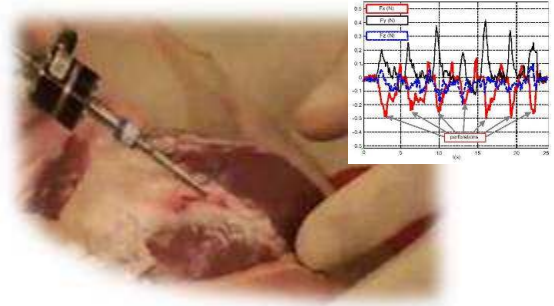
Tout d'abord, nous avons développé des **méthodes de conception avancées**, permettant d'intégrer, dans un processus interactif et itératif, les modèles des

contraintes et de la tâche à réaliser, afin de produire des mécanismes spécialisés pour la réalisation de gestes dextres. Ces méthodes exploitent des **algorithmes évolutionnaires** optimisant l'agencement de modules individuels au regard d'un indice de performance. La performance (*score*) peut être calculée par exemple en évaluant la qualité de réalisation de la tâche à l'aide d'une simulation réaliste du geste et des interactions. Un premier travail a permis de concevoir un instrument de chirurgie cinématiquement optimal pour la réalisation de sutures coronariennes, les modules agencés étant ici des mécanismes à deux axes

rotoïdes [2006acln31]. Les mêmes principes algorithmiques sont exploités pour la synthèse de **mécanismes à déformation programmable**. Ici, la fonction optimisée est le transfert entre un mouvement élémentaire de l'actionneur et une déformation souhaitée pour la réalisation de la tâche.

Cette approche générique a permis par exemple la synthèse de pinces monoblocs – donc très facilement miniaturisables – dont le mouvement des mors, obtenu par déformation, est commandable à partir d'une simple translation d'un des points [2004thdr163].

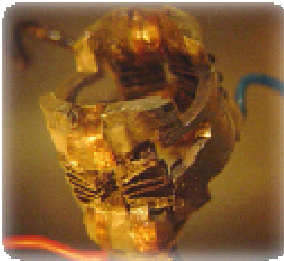
La modélisation et l'identification des gestes sont une étape indispensable pour la conception des instruments dextres de chirurgie : les dispositifs de caractérisation mis en œuvre intègrent une mesure des efforts d'interaction et des déplacements de l'effecteur selon 6 degrés de liberté. Des essais réalisés avec des chirurgiens, ci-contre, permettent de définir un modèle des trajectoires suivies et des forces nécessaires pour réaliser les sutures coronariennes. Ces données alimentent ensuite un simulateur exploité pour la conception optimale des mécanismes.



La question de l'intégration des actionneurs et des capteurs à l'échelle considérée (inférieure au centimètre) ne peut pas être éludée. Elle est abordée dans le groupe AGATHE en privilégiant l'utilisation des matériaux actifs et en particulier des **alliages à**

mémoire de forme

(AMF). Nos recherches dans ce domaine adressent les problèmes posés par le dimensionnement optimal des actionneurs, leur intégration dans la



structure mécanique, et leur commande. Cette dernière doit être robuste aux incertitudes non paramétriques pesant sur les modèles des matériaux et, surtout, doit fonctionner avec un minimum d'information sensorielle, tant l'intégration de capteurs est difficile dans les conditions données (encombrement, stérilisabilité, etc.). Le choix d'une

commande en position par modes glissants, très robuste permet de résoudre ces difficultés. L'efficacité d'une **approche intégrée** considérant simultanément la modélisation, la caractérisation, la conception et la commande a été démontrée dans le cadre de l'étude d'un endoscope actif à actionnement distribué sur la structure [2005thdr167]. Nos recherches les plus récentes se situent dans le domaine du **cathétérisme actif**. Ici, la structure n'est pas articulée. Elle est constituée d'un cathéter standard de diamètre 1mm, à la périphérie duquel un fil en AMF est fixé. La contraction de ce dernier, induit par la circulation d'un courant électrique, produit une flexion commandable que l'on peut contrôler. Nos recherches visent à maîtriser la courbure en boucle fermée pour assister le geste du chirurgien [2007acti653].



Chirurgie robotique à retour d'efforts

Les systèmes robotiques actuellement en service pour la chirurgie endoscopique ne permettent pas un contrôle direct des interactions distales instrument-organes. Une première analyse nous a permis de montrer que le problème premier est celui de la mesure des efforts à l'intérieur du patient (encombrement, stérilisation). Nous avons alors

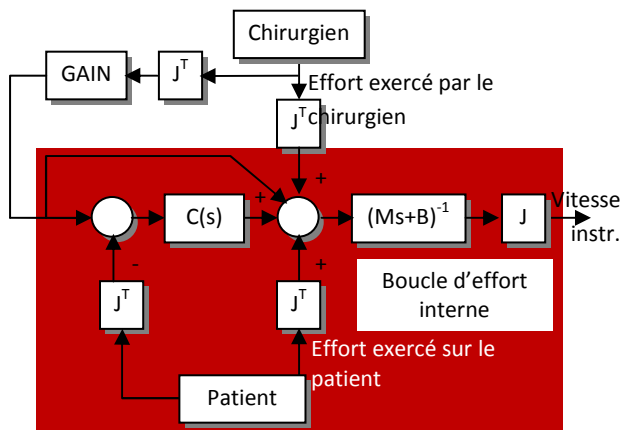
proposé une solution originale (brevetée), organisant système sensoriel et actionneurs autour du trocart [2005br853].

Le robot MC²E ainsi obtenu est un



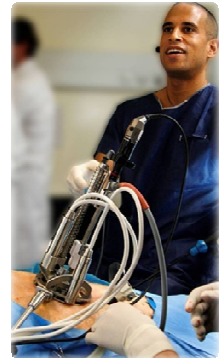
mécanisme sphérique compact à quatre degrés de liberté. Il permet une **estimation de l'interaction distale** (organe-instrument) à partir d'un capteur placé à l'extérieur du patient. Une difficulté majeure pour la commande consiste alors à préserver la stabilité en dépit de la contrainte cinématique imposée par le trocart et du fait que des efforts appliqués sur l'instrument sur l'extrémité distale ou proximale sont mesurés indistinctement. Grâce à la **théorie de la passivité**, nous avons pu prouver la robustesse et la stabilité d'une commande réalisant un équilibrage entre le torseur mesuré et un torseur désiré, par projection de l'erreur dans l'espace articulaire [2005thdr176].

Nos recherches actuelles sont conduites dans deux directions : la première est la **compensation des mouvements physiologiques** grâce à la commande à retour d'efforts et à l'exploitation des propriétés



cycliques des perturbations (respiration contrôlée) [2007acti657]. La seconde est la mise en œuvre d'un **retour d'effort augmenté** en comanipulation : le système n'est plus simplement transparent, mais il amplifie, au niveau de la main du chirurgien, les efforts appliqués par l'instrument sur l'organe. On comprend facilement l'intérêt d'une telle modalité d'interaction

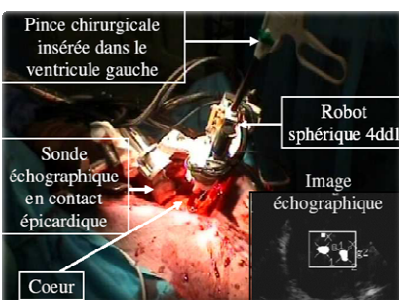
en microchirurgie, lorsque les efforts appliqués sur le patient sont presque imperceptibles par le chirurgien. La loi de commande proposée pour réaliser cette fonction exploite deux capteurs d'efforts séparés. Avec le premier, qui mesure l'interaction avec l'organe, on réalise un asservissement d'effort passif (boucle interne). Avec le second, on produit, après filtrage et mise à l'échelle, la consigne de la première boucle. Il est démontré qu'on préserve ainsi la passivité, et ce malgré l'éventuelle présence d'une contrainte cinématique. Par ailleurs, nous avons entrepris avec la société Endocontrol, notre partenaire industriel pour la valorisation de ces recherches, un **transfert des technologies** de mesure et de comanipulation sur le système porte-endoscope VIKY qu'ils commercialisent, et dont la structure est voisine de celle de MC²E. Cet effort de valorisation n'est pas isolé, puisque nous développons également, en collaboration avec la Société Colin ORL, un prototype pour l'assistance à la chirurgie de l'oreille interne.



Octobre 2005 : le Dr N. Bonnet, chirurgien cardiaque à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière, réalise sur modèle animal une cholécystectomie avec l'assistance du robot MC²E. Deux fonctions sont utilisées : la comanipulation, mode transparent qui permet au chirurgien de positionner l'instrument et de saisir la vésicule ; le maintien d'une force de traction constante, qui permet à MC²E de dégager la vésicule **automatiquement** lorsque la dissection progresse pour détacher la vésicule du foie. L'opération est un succès.

Guidage par l'image

Une des modalités d'assistance au geste chirurgical est le guidage. Dans les systèmes existants de GMCAO, celui-ci est réalisé de façon passive sur la base de modèles 3D issus d'images préopératoires, recalés sur le patient en début d'intervention. Nous avons, au cours des dernières années poursuivi une autre voie,



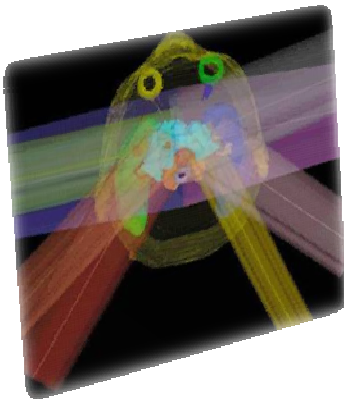
qui consiste à proposer un guidage sur des contraintes spécifiées directement dans une image acquise en temps réel. L'intérêt de

cette approche est d'éviter l'accumulation des erreurs induite par le chaînage des transformations géométriques reconstruites. Concrètement, on exploite les méthodes de **l'asservissement visuel** : l'objectif de position est explicité dans l'image, par exemple par une interface tactile ; le système compare ensuite sur chaque image, en temps réel, la position courante à cet objectif pour calculer les corrections envoyées au robot. Nos recherches consistent à concevoir le système robotique et sa commande pour une robustesse maximale : positionnement de l'imageur par rapport à l'instrument et la tâche, choix des variables d'état pour l'asservissement, commande non linéaire à erreurs de poursuites bornées, ... Nos contributions sont d'abord méthodologiques, avec par exemple un travail sur les coordonnées dites « 2D

étendues », intermédiaire entre la commande 2D et la commande 3D, qui permet d'obtenir des **propriétés de stabilité et de robustesse** supérieures aux propositions existantes [2006acl33].

Nos recherches adressent également de nouvelles applications, notamment en **chirurgie intracardiaque à cœur battant**. L'imageur exploité est un système **d'échographie** fournissant une coupe. Il permet de localiser un instrument, manipulé par un robot et inséré par la pointe du cœur. Les commandes de déplacements sont envoyées au robot pour minimiser

l'écart entre la localisation courante de l'instrument dans l'image et celle qui a été indiquée via l'interface au chirurgien. Des essais in vivo ont permis de montrer la robustesse de l'approche [2006thdr174]. Une autre application est la **protonthérapie**. Le système que nous avons développé en collaboration avec le Centre de Protonthérapie d'Orsay (CPO) exploite deux modalités d'imagerie : les rayons X (utilisés pour le recalage et la vérification finale) et une paire stéréo infra rouge [2007acti661].



*Un traitement par protonthérapie demande le positionnement très précis de la tête d'un patient en vis-à-vis d'un faisceau de proton fixe (1mm au centre de la tumeur). Nous avons développé une méthodologie de positionnement itératif, basé sur une contention par masque marqué et un recalage initial entre **images RX** et reconstruction 3D de la position des marqueurs sur le masque. Cette solution, aujourd'hui exploitée en routine clinique pour enchaîner les traitements comportant plusieurs incidences de faisceau, permet de soigner les patients environ deux fois plus vite qu'avec l'ancienne méthode de positionnement.*



Perspectives

A l'origine, nos recherches, issues de l'ex LRP, ont été organisées autour de projets applicatifs pour la robotique chirurgicale. Grâce à cette démarche orientée projets, nous avons pu montrer la pertinence de notre approche de la robotique et de la commande référencée capteurs pour le domaine. En particulier, les nombreuses validations in vivo, ainsi que le développement d'une application clinique performante sont autant de preuves de la robustesse des méthodes proposées. Aujourd'hui, nous avons donc entrepris plusieurs actions de valorisation et de transfert de technologie en partenariat avec des industriels du domaine (Endocontrol, Koelis, Collin ORL) et souhaitons intensifier cette activité. Un des éléments qui structurera les activités du groupe Agathe est la création, sur le campus de Jussieu, d'une **plate-forme de robotique chirurgicale**. Celle-ci intégrera, autour d'une maquette de bloc opératoire reproduisant de façon réaliste les conditions d'une intervention, des ateliers de conception robotique assistée par ordinateur ainsi que les plus récentes des technologies de navigation, de visualisation, d'imagerie et d'assistance. Cet outil permettra de faire fructifier les partenariats avec des acteurs industriels et, surtout, des équipes médicales de notre Université. Un projet de partenariat à moyen et long terme avec le service d'Urologie de l'hôpital de la Pitié Salpêtrière est en cours d'établissement.

Au plan scientifique, les domaines de nos recherches sont et resteront la conception mécatronique de systèmes intégrant dispositifs actifs et sensoriels et la commande robuste associée. L'objet privilégié de ces recherches sera l'assistance à la manipulation, avec un intérêt particulier pour les **systèmes de comanipulation**, qui sont peu étudiés en tant que tels, notamment dans la communauté nationale. Un des nouveaux enjeux va consister pour nous à travailler sur l'interaction avec l'opérateur, pour produire des machines capables d'interagir de façon intuitive et avec un réel gain de performance. L'existence au sein de l'ISIR d'un groupe de recherche travaillant sur le **contrôle moteur humain** est une chance pour le développement de méthodes de commande prenant en compte les connaissances dans ce domaine. Un rapprochement a déjà été entrepris dans le cadre d'une nouvelle activité de recherche portant sur la commande d'une orthèse active pour l'aide à la rééducation fonctionnelle du membre supérieur.



Fiche signalétique – groupe AGATHE

Effectifs au 1^{er} octobre 2007

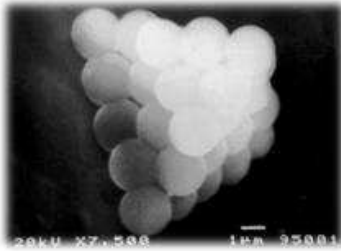
- ➔ E/C permanents :
 - **Delphine BELLOT**, Maître de conférences, 60^{ème} section, UPMC
 - **Jérôme SZEWCZYK**, Maître de conférences, 60^{ème} section, UVSQ
 - **Guillaume MOREL**, Professeur, 60^{ème} section, UPMC.
- ➔ Postdoctorants :
 - **Rachid BELAROUSSI**, contrat postdoctoral UPMC
 - **Jamie PAIK**, contrat postdoctoral UPMC
 - **Marie-Aude VITRANI**, ATER, 60^{ème} section, UPMC
- ➔ Doctorants :
 - **Barthélemy CAGNEAU** – Allocataire MESR (depuis 10/2005)
 - **Nathanaël JARRASSE** – Contrat UPMC (depuis 10/2006)
 - **Xavier LAMY** – Bourse CEA (depuis 10/2007)
 - **Mathieu MIROIR** – CIFRE Colin ORL (depuis 10/2005)
 - **Samuel PINAULT** – CIFRE Aripa (depuis 11/2004)
 - **Farid TAHA** – Chirurgien au CHU d'Amiens (depuis 10/2007)
 - **Ali H. ZAHRAEE** – Contrat UPMC (depuis 10/2007)

Thèses et habilitations soutenues en 2004-2007

- ➔ **Paul BERNARDONI**, Doctorat de l'UPMC, 25 octobre 2004.
- ➔ **Damien SALLE**, Doctorat de l'UPMC, 6 décembre 2004.
- ➔ **Vincent DESARS**, Doctorat de l'UPMC, 10 juin 2005.
- ➔ **Francesco CEPOLINA**, Doctorat de l'UPMC et de l'Univ. de Vérone (bitutelle), 26 novembre 2005
- ➔ **Nabil ZEMITI**, Doctorat de l'UPMC, 05 décembre 2005.
- ➔ **Marie-Aude VITRANI**, Doctorat de l'UPMC, 6 décembre 2006.
- ➔ **Guillaume MOREL**, Habilitation à diriger des recherches, UPMC, 7 décembre 2006.
- ➔ **Florian SCHRAMM**, Doctorat de l'UPMC, 11 décembre 2006.

Projets labellisés en cours

Acronyme	Début Fin	Financement (subvention ISIR)	Partenaires académiques (porteur en gras)	Personnels ISIR (responsable en gras)
ACCUROBAS : Accurate Robot Assistant	10/06 ↓ 09/09	STREPS, Union Européenne, Advanced Robotics (207 k€)	Univ. Karlsruhe Univ. Vérone, DLR Munich, Brainlab, LIRMM Montpellier, ISIR	Delphine Bellot Barthélemy Cagneau
SURGICOBOT : Assistance Cobotique pour l'orthopédie	01/07 ↓ 12/09	ANR Technologies pour la santé 2006 (48 k€)	CEA LIST (Fontenay aux Roses) PAXIM Grenoble, HAPTION Laval, Hôpital de la Pitié Salpêtrière, CHU Amiens, ISIR	Guillaume Morel Farid Taha Delphine Bellot
ROSACE : Porte endoscope sécurisé	01/07 ↓ 12/08	ANR Technologies pour la santé 2006 (131 k€)	ENDOCONTROL TIMC Grenoble, ISIR	Jérôme Szewczyk Jaimie Paik
BRAHMA : Biorobotics for Human Manipulation	06/07 ↓ 05/09	ANR Systèmes Interactifs et Robotique 2006 (121k€)	ISIR Neuromouv' Univ. Paris 5, CHU Brest, CEA LIST, HAPTION Laval	Guillaume Morel Viviane Pasqui Nathanaël Jarrassé
POROS : Positionnement en protonthérapie	10/07 ↓ 09/09	ANR Systèmes Interactifs et Robotique 2006 (140 k€)	ARIPA (Moret sur Loing) CPO (Orsay, Institut Curie), CEA LIST, Dosisoft (Arcueil), ISIR	Guillaume Morel Marie-Aude Vitrani Samuel Pinault Rachid Belaroussi
ID2U : Instrument Dextre à Usage Unique	01/08 ↓ 12/10	ANR Technologies pour la santé 2007 (180k€)	ENDOCONTROL CEA LIST, ISIR	Jérôme Szewczyk Ali Hassan Zarrahe



Les recherches menées dans le groupe MAP intéressent la simulation et l'analyse physique et multi-échelles des phénomènes et des objets, la conception de plates-formes robotisées et dédiées, la synthèse de préhenseurs actifs, la définition d'outils d'assistance, de stratégies assistées et de méthodes de couplage haptique avec des fortes homothéties. Les domaines d'application visés sont larges et couvrent des opérations d'analyse et/ou de manipulations automatisées ou téléopérées, pour différents objets, allant des systèmes électromécaniques (usuellement appelé MEMS ou NEMS plus récemment) aux objets biologiques

isolés comme les cellules ou l'ADN.

Contexte & objectifs

L'objectif des recherches du groupe MAP est la définition de techniques et de méthodes permettant de contrôler les interactions avec le monde de l'infiniment petit, c'est-à-dire aux échelles microscopique et nanoscopique.

A l'échelle microscopique, ou plus largement dans le nanomonde, il s'agit de proposer des systèmes robotisés sous microscopie optique pour manipuler des objets ou analyser leurs propriétés physiques, et principalement leurs **propriétés mécaniques**. Ainsi l'ensemble des recherches forme des briques d'un projet scientifique dont les problématiques scientifiques sont importantes comme l'essor de la communauté scientifique en microrobotique le souligne. Ces échelles se caractérisent en effet principalement par le fait que les **forces surfaciques** sont prépondérantes par rapport aux forces volumiques, ce qui induit de grandes difficultés pour prédire le déroulement de toute manipulation. De la même manière, les contraintes technologiques et l'influence des bruits comme le bruit thermique contribuent à cette complexité. Les efforts et les déplacements mis en jeu sont tellement faibles (du micro newton au dixième de nano newton) que l'assistance par des **commandes référencées capteur** est requise, alors qu'il n'existe pas, par exemple, de capteurs d'effort pour ces échelles. Enfin les

importants coefficients d'homothéties entre ces mondes et le monde macroscopique rendent instables et non transparents les systèmes téléopérés.

L'approche classique pour répondre à ces objectifs consiste à miniaturiser à l'extrême les différents éléments constitutifs d'un système microrobotique et à adapter les techniques et les schémas classiques.

Fondamentalement, cette approche atteint aujourd'hui ses limites puisqu'il n'existe pas,



Illustration d'une opération de manipulation d'un nanotube de carbone sous un microscope électronique (Projet NANORAC)

commerciallement, de système de manipulation dextre ou d'analyse des propriétés physiques d'objets biologiques et des interactions.

Pour répondre à ce défi scientifique majeur, la démarche adoptée s'appuie sur une analyse phénoménologique

de ces échelles et le développement de **plateformes expérimentales robotisées** dédiées.

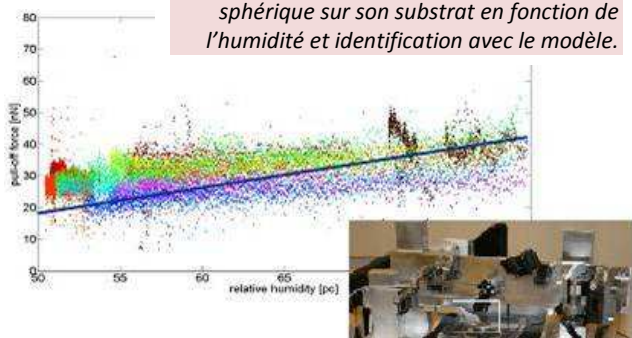
Simulation physique et analyse des phénomènes

Pour interagir et manipuler des objets de ces dimensions, il faut être capable d'appréhender les phénomènes inhérents à ces échelles. Ainsi, les forces prépondérantes sont les forces surfaciques et non les forces volumiques comme à l'échelle macroscopique. En particulier, il n'est pas possible de négliger les forces de Van der Waals (dues aux

interactions dipolaires atomiques), les forces capillaires (présence d'un ménisque aqueux) et les forces électrostatiques (phénomène d'électrification de contact appelé triboélectrification). A cette balance modifiée des efforts, s'ajoutent les propriétés physiques comme la rugosité, les déformations des objets ou l'humidité de l'environnement.

Dans un premier temps, nous nous sommes attachés à mesurer l'influence de ces effets en utilisant un **microscope à force atomique** ou AFM.

Mesure de la force de décollement d'un objet sphérique sur son substrat en fonction de l'humidité et identification avec le modèle.



L'analyse de ces résultats appliqués à des objets sphériques montre à la fois l'importance relative de ces phénomènes (force de décollement, portée courte de la force de Van der Waals, influence de l'eau comme milieu inhibiteur de ces effets) et la limite des modèles analytiques.

Ceux-ci ne prennent pas en compte l'influence de nombreux paramètres comme la forme de l'objet et l'environnement.

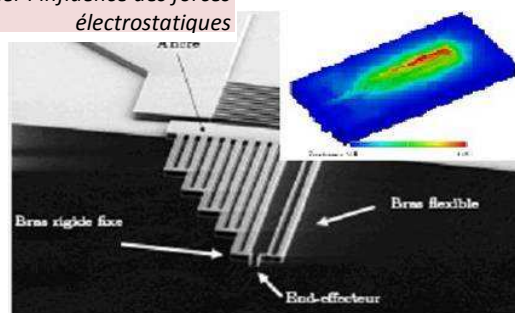


Mesure adimensionnelle à l'échelle millimétrique des forces capillaires pour une interaction cylindre-plan

Une approche adimensionnelle est proposée pour s'affranchir de la complexité de la mesure à ces échelles. Le choix s'est orienté vers l'étude de la force capillaire d'un nanotube dans son environnement, un substrat couvert d'une pellicule nanométrique d'humidité relative.

La **force capillaire** est indépendante des propriétés géométriques des objets et s'adapte à cette analyse. Cette approche est exploitée à l'échelle millimétrique et a donné des résultats originaux, en particulier elle a permis de démontrer l'équivalence entre les formulations énergétiques et la force de Laplace ainsi que d'évaluer la force capillaire pour une interaction entre un cylindre et un plan [2007acti560]. Ces formulations analytiques sont pertinentes pour quantifier les interactions mises en jeu. Elles apparaissent cependant trop simplifiées pour la conception de systèmes de manipulation. Des méthodes par éléments finis ont alors été développées pour estimer l'influence des forces électrostatiques (forces parasites) ou l'importance de la rugosité à partir de la modélisation fractale de ces effets.

Préhenseur développé dans le cadre du projet NANORAC pour minimiser l'influence des forces électrostatiques



Cette approche est à la fois multi-physique et multi-échelle puisqu'il s'agit de modéliser ces phénomènes au niveau des interactions uniques, coupler ces interactions avec des modèles de comportement globaux (par exemple l'équation de Laplace pour les forces électrostatiques) et simuler ainsi leur influence. Ces simulations utilisent le logiciel COMSOL et permettent de développer des outils d'aide à la synthèse de préhenseur ou de stratégies adaptées.

Plates-formes robotisées et outils actifs

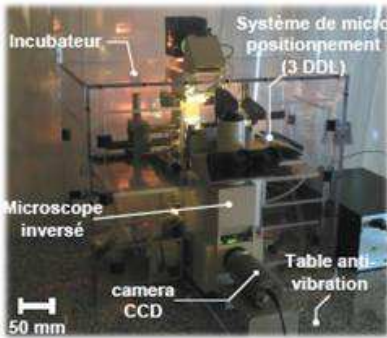


Pour atteindre ces objectifs scientifiques, des plates-formes originales ont été conçues. De plus, de nombreuses collaborations avec des équipes de recherches internationales ont été mises en place afin d'avoir accès à des systèmes sophistiqués

comme la microscopie à champ proche ou le microscope électronique à balayage. Ces collaborations ont permis d'étendre nos connaissances et nos champs d'application.

Le premier dispositif conçu s'inscrit dans la recherche de techniques et de stratégies pour la **manipulation d'objets microscopiques ou submicroniques**. Il est équipé d'un microscope optique, d'un système de positionnement cartésien à 3 axes micrométrique et un axe nanométrique ainsi que d'une caméra [2005acti544].

Ce dispositif exploite directement les propriétés d'adhésion des objets devant être manipulés. La technique utilisée impose une maîtrise des efforts d'interaction et nécessite de rendre l'outil actif. Notre choix s'est alors orienté vers une poutre piézorésistive comme outil de manipulation par un simple contact adhésif. La mesure de la tension donne alors la déflexion de l'outil et ainsi l'effort d'interaction qu'il est impossible de mesurer avec les préhenseurs multi-digitaux ou par des méthodes indirectes. De plus, une

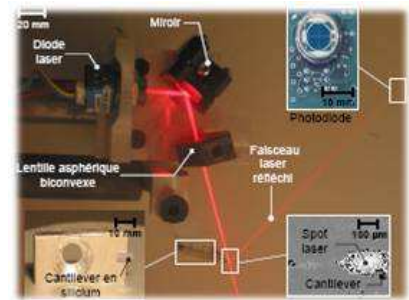


pastille piézo-électrique est collée à la base pour conférer au système des capacités dynamiques importantes sur une plage courte (100 nm) et un temps de réponse très bref (1

microseconde). Il est à noter que ce choix a nécessité des méthodes originales de calibration dynamique.

La seconde **plateforme** est **dédiée aux objets biologiques** et plus particulièrement à l'étude de la mécanotransduction cellulaire. Il s'agit de comprendre

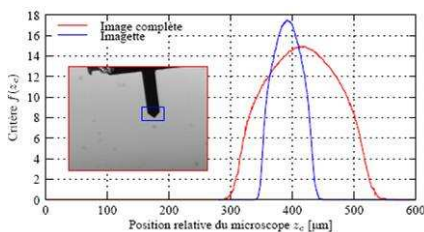
comment les champs de force peuvent modifier la vie cellulaire et réciproquement comment la cellule modifie son comportement



mécanique pour améliorer ses propriétés physiologiques. Cette seconde plateforme reprend les éléments majeurs de la première plateforme, avec un microscope inversé, un système de micro-positionnement 3 axes ainsi qu'un incubateur pour garantir les conditions biologiques [2006acti552]. Ce dispositif est capable d'opérer des compressions ou des tractions contrôlées sur des objets unicellulaires avec une poutre en silicium monocristallin, traitée pour être chimiquement inerte. Le système de mesure de l'interaction doit être capable de **mesurer un effort dans un environnement aqueux**. Nous avons alors choisi une mesure de la déflexion par une diode laser et une photodiode à 4 quadrants. La faible raideur de la poutre choisie engendre une résolution de l'ordre du **nanonewton** de ce système de mesure.

Assistance et télé-micromanipulation

Pour atteindre un haut degré d'autonomie ou d'interactivité, l'équipe MAP a développé des outils d'assistance spécifiques. Ces outils équipent chacune des deux plateformes décrites précédemment. En particulier, des outils de mise au point du dispositif optique sur les divers éléments de l'espace de travail, de positionnement horizontal du préhenseur et de gestion du contact de ce dernier avec son environnement microscopique sont élaborés. L'ensemble des **commandes référencées capteur, micro-efforts ou vision 2D**, permettent une automatisation de la tâche de manipulation et une maîtrise à la fois du positionnement du point de contact mais aussi de l'effort d'interaction [2004acti542].



Ces outils permettent, par exemple, d'identifier de façon automatique les propriétés mécaniques de

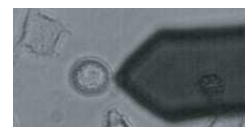
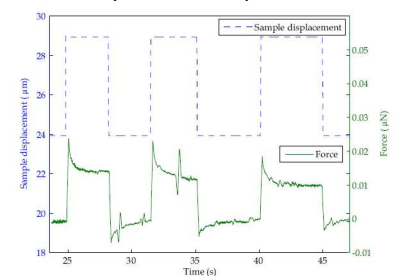
l'objet unicellulaire. Pour cela, il faut en effet maîtriser les efforts d'interaction pendant des temps très longs (plusieurs heures) avec des temps de

réponse rapides (la milliseconde), et maîtriser de façon précise la position du point de contact entre le préhenseur et l'objet. Cet outil peut être exploité pour

l'identification paramétrique de modèles de cellules comme le modèle de Kelvin-Voigt qui associe en parallèle un ressort et un

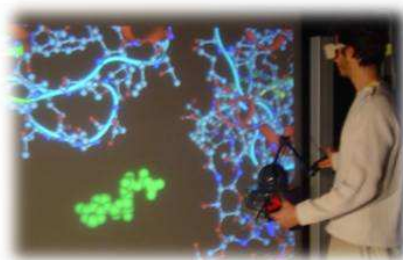
système ressort-amortisseur [2006acti554].

Le développement de méthodes d'assistance avec retour d'effort doit tenir compte des difficultés de mesure des forces. Un couplage original basé sur la théorie de la passivité a donc été proposé pour la télé-micromanipulation. Celui-ci conserve des propriétés de transparence sur une grande plage fréquentielle tout en garantissant la stabilité du système. Utilisant une interface haptique Virtuouse, un opérateur peut alors **saisir un objet par adhésion, ressentir les efforts d'interaction** et déplacer cet objet dans une position de la scène de travail. Ce



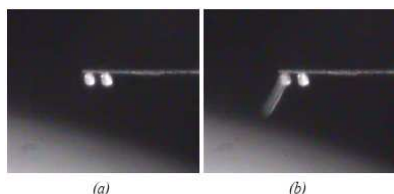
système a remporté un vif succès auprès de nombreux utilisateurs qui peuvent ainsi manipuler des objets à des échelles nouvelles. Une démarche similaire a été proposée dans le cadre d'une collaboration entre la société AVENTIS, notre équipe et le CEA/LIST [2007acti558]. Il s'agit d'exploiter les dispositifs haptiques pour des applications moléculaires comme le **docking de ligand** (processus à la base de la création de médicaments). De nouvelles complexités apparaissent comme les grandes dynamiques, les gradients importants d'efforts, les formulations énergétiques du problème. Ainsi, à partir des travaux de notre équipe, un nouveau couplage a été défini.

Celui-ci est basé sur les variables d'ondes pour stabiliser le système malgré les délais de simulation et les fortes dynamiques. Il utilise de plus des **homothéties variables** pour interagir de façon large et fine ainsi qu'une méthode d'identification de l'énergie pour reconstruire le champ de force à 6 dimensions.



Techniques et méthodes de manipulation

L'approche phénoménologique s'accompagne du développement de stratégies originales pour la manipulation et la caractérisation des objets. Il est

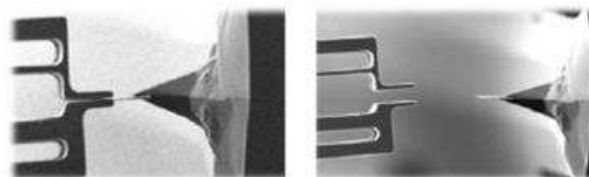
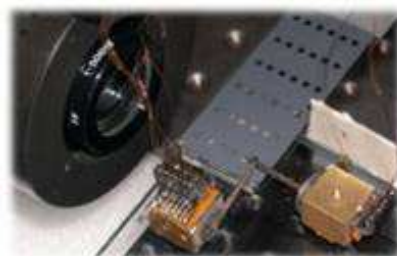


apparu, à partir de l'analyse des simulations de tâches, des approches originales. Par exemple, **l'utilisation des forces inertielles** est une solution singulière pour déposer un objet

ou vaincre les forces d'adhésion de contact [2004acti539]. De même, un balayage fréquentiel apparaît pertinent pour déposer de façon sélective des objets saisis par un simple contact adhésif dans un amas.

La dynamique est également exploitée pour la caractérisation des propriétés massiques ou mécaniques des objets microscopiques. Ainsi, l'exploitation des fréquences propres en flexion et en torsion est un problème bijectif : elle permet la détermination des propriétés de l'objet ou réciproquement sa position [2007acti571]. Ces stratégies sont aussi appliquées sur des robots autonomes pour des opérations de co micro-manipulation dans le cadre d'une collaboration

scientifique avec l'EPFL. Il s'agit de saisir et de transmettre des objets entre des robots de 1 cm³ de volume en utilisant l'ensemble des stratégies développées dans notre équipe, manipulation par adhésion, transfert par roulement ou contact tangentiel, etc. La réussite de la mise en œuvre de ces stratégies permet de valider le concept proposé pour la manipulation assistée. A partir de ces stratégies et de l'analyse des phénomènes physiques à ces échelles, des scénarii peuvent être formulés pour des opérations de manipulation sous environnement contrôlé [2004acti543].



Ceux-ci sont exploités pour, par exemple, coller un nanotube de carbone sur une pointe AFM et tester, via des méthodes dynamiques, ses propriétés physiques. Les stratégies adaptées semblent aujourd'hui la seule alternative pour répondre aux problèmes spécifiques de ces échelles.

Pour déposer un objet par roulement de façon précise, la commande référencée vision (maîtrise du point de contact) et effort (maîtrise de l'effort d'interaction avec variabilité de la raideur effective du préhenseur) sont des outils essentiels



a) Sélection du point de dépose b) mise au contact c) dépose par roulement

Le groupe MAP prolonge et étend ses directions privilégiées de recherche et explore de nouvelles pistes autour des thématiques de la simulation et l'identification des phénomènes, de la conception de plateformes robotisées, de l'assistance et du retour micro nano haptique et de la définition de méthodes et techniques de manipulation, d'assemblage et de caractérisation.

L'analyse et la compréhension de la physique de ces échelles apparaissent aujourd'hui comme essentielles. Dans ce but, nous mettons en place une plateforme dédiée à la fois aux simulations et aux expériences. Il s'agit de développer des capteurs d'efforts d'interaction non linéaires et de mesurer ces efforts en tirant profit des commandes référencées de la robotique. Ce projet s'accompagne de la définition d'outils performants de simulation pour analyser les situations complexes et proposer des outils pour l'aide à la conception de systèmes mini, micro ou nano robotisés. Ce projet commun avec le LAB bénéficie de la connaissance forte des modèles et des processus d'identification et de la maîtrise des plates-formes technologiques de notre laboratoire partenaire.

Le second point concerne l'évolution des plateformes actuelles. Le premier projet concerne la nanomanipulation sous système optique. La solution proposée s'inscrit dans le cadre du développement de deux doigts pour manipuler des nanofils par adhésion et explorer les propriétés physiques de ces objets. Cette solution originale autour de deux doigts s'accompagne du développement de capteurs externes de mesure ; par exemple par interférométrie laser pour atteindre les résolutions spécifiées.

Par ailleurs, les capacités de la seconde plateforme dédiée à l'environnement biologique vont être multipliées avec des outils de fluorescence et des systèmes de positionnement à 6 degrés de liberté. Ce projet s'appuiera sur la mise en place de relations avec la plateforme d'imagerie de l'UPMC et notre retour sur le campus. Ainsi la problématique de la mécanotransduction sera abordée selon différentes échelles, de l'échelle locale exploitant la précision de notre système à l'échelle globale au niveau tissulaire utilisant les outils de la robotique.

Enfin, nous étudierons des méthodes de manipulation indirecte comme le piégeage laser dans le cadre de collaborations étendues avec le CEA/LIST. Ces techniques seront exploitées pour déplacer de façon précise des objets en milieu liquide.

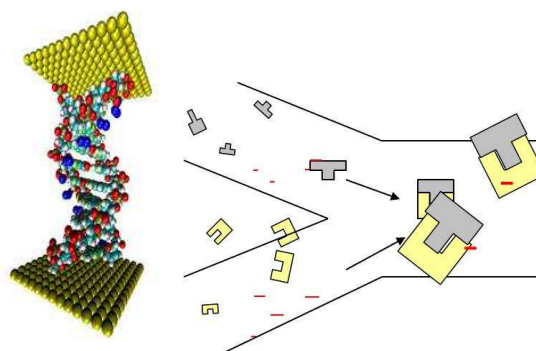
Pour l'assistance à la manipulation, les recherches en vision et commande référencée effort seront

prolongées. On s'intéressera plus particulièrement au suivi d'objets déformables pour les objets biologiques et à la définition de filtres pour s'affranchir du bruit de mesure.

L'équipe MAP compte sur l'arrivée de la chaire en haptique à l'UPMC pour développer cette problématique autour de ces échelles avec des spécificités fortes.

Ainsi, la mise en place d'outils d'analyse de l'apport de la téléopération à ces échelles va s'accompagner du développement d'une interface haptique capable de faire ressentir une large gamme d'efforts (plage de 4 ordres de grandeur), plage nécessaire du fait des propriétés microphysiques et du ratio module de Young énergie de surface à ces échelles.

L'accent va aussi être mis sur l'étude de couplages bilatéraux dédiés, répondant au cahier des charges soit de la transparence soit de la stabilité de la tâche. Enfin de nouvelles stratégies seront exploitées, principalement à l'échelle nanoscopique. La disparition de la plage de roulement au profit du glissement et la déformabilité des objets engendrent des réflexions pour le contrôle de stratégies actives de déplacement.



D'une façon connexe à ces stratégies, les processus biologiques seront testés pour l'assemblage précis d'objets. Cette problématique apparaît encore très ouverte du fait de la complexité des jeux d'assemblage et des déformations. Ainsi, des solutions nouvelles autour de l'auto-assemblage contrôlé, utilisant des processus inspirés biologiquement, apparaissent comme une solution originale dans ce contexte. L'ensemble de ces perspectives s'appuiera sur des plates-formes et des collaborations affirmées avec des partenaires pluridisciplinaires.

Fiche signalétique – groupe MAP

Effectifs du groupe Map en octobre 2007

- E/C permanents :
 - **Sinan HALIYO**, Maître de Conférences, 60^{ème} section, UPMC
 - **Jean-Claude GUINOT**, Professeur, 60^{ème} section, UPMC
 - **Stéphane REGNIER**, Maître de Conférences, 60^{ème} section, UPMC.
- Postdoctorant : **Hui XIE**, contrat postdoctoral UPMC ;
- Doctorants :
 - **Ahlem ABBACI** – Contrat UPMC (depuis 10/2006);
 - **Aude BOLOPION** – Contrat UPMC (depuis 10/2007);
 - **Bruno DAUNAY** – ATER 60^{ème} section, UPMC ;
 - **Guillaume MILLET** – Allocataire MESR (depuis 10/2005);
 - **Cécile PACORET** – BDI CEA/CNRS (depuis 10/2007);
 - **Marion SAUSSE-LHERNOULD** – Bourse FNRS / ULB (cotutelle) (Depuis 09/2006)
 - **Emir VELA** – Bourse CEA (depuis 10/2007) ;
 - **Julien VITARD** – ATER 61^{ème} section, UPMC ;

Thèses et habilitations soutenues en 2004-2007

- **Fabien DIONNET**, Doctorat de l'UPMC, 7 juillet 2005
- **Stéphane REGNIER**, Habilitation à diriger des recherches, UPMC, 6 juin 2006.
- **Maxime GIROT**, Doctorat de l'UPMC, 05 juillet 2007.

Projets labellisés en cours

Acronyme	Début Fin	Financement (subvention ISIR)	Partenaires académiques (porteur en gras)	Personnels ISIR (responsable en gras)
NANORAC : Nano-robotics for assembly characterisation	05/05 ↓ 04/08	STREPS, Union Européenne, Nanotechnologies and Nanosciences (227 k€)	LIST/CEA, Univ. Oldenbourg, Univ. Cambridge, Technical Université du Danemark, société Nascatec, , ISIR	Sinan Haliyo Stéphane Régnier, Hui Xie, Julien Vitard
MOMIE : Méthodes et Outils pour le Micro- assemblage	01/06 ↓ 12/07	Projet EGIDE & DRI CNRS (10 k€)	ULB, ISIR	Stéphane Régnier, Julien Vitard
PRONOMIA : Principes et Outils Nouveaux pour le Micro-Assemblage Automatisé	12/05 ↓ 11/08	ANR Blanc 2005 (75 k€)	LAB, ISIR	Stéphane Régnier Maxime Girot
GOLEM : Bio-inspired Assembly Process for Mesoscale Products and Systems	10/06 ↓ 09/09	STREPS, Union Européenne, Nanotechnologies and Nanosciences (222 k€)	Univ. Eindhoven, ISIR, EPFL, LIST/CEA, Université de Stuttgart, Université de Prague, Université d'Edinbourg, Stés Octax, Delong et Quintenz	Sinan Haliyo, Stéphane Régnier, Ahlem Abacci, Bruno Daunay
PACMAN : Perception haptique des échelles micro et nanoscopiques	04/07 ↓ 03/09	ANR Systèmes Interactifs et Robotique 2006 (140 k€)	ISIR, CEA LIST, IRISA Rennes	Stéphane Régnier, Sinan Haliyo, Guillaume Millet, Aude Bolopion
NANOROL : Nanoanalyse pour Micromanipuler	01/08 ↓ 12/10	ANR Systèmes Interactifs et Robotique 2007 (205 k€)	LAB, ISIR	Stéphane Régnier, Sinan Haliyo, Cécile Pacoret

Equipe Perception et Mouvement chez l'Homme

L'objectif des activités de l'équipe "Perception et Mouvement chez l'Homme" (P&M) est double. Il s'agit :

1. de développer des méthodes de capture, d'analyse et de **caractérisation du mouvement** pour accéder en particulier à l'activité motrice et sensori-motrice chez l'homme.
2. de rechercher les méthodes de **modélisation et de commande de l'activité motrice** généralisée (posture/tâche) pour une meilleure compréhension de la coordination motrice chez l'homme et ses ajustements réactifs ou anticipatifs.

Pour atteindre ces objectifs, l'équipe P&M développe plus spécifiquement des recherches sur :

- l'analyse et l'interprétation d'images et de séquences vidéo de scènes relatives à des personnes ou à la perception visuelle des personnes,
- l'analyse et l'interprétation de signaux de parole,
- la modélisation de la coordination motrice généralisée et la synthèse par la commande de l'activité motrice sous contraintes multiples,
- les techniques d'apprentissage de modèles de fonctions motrices et sensori-motrices complexes,
- la modélisation du comportement moteur pathologique et son éventuelle correction.

Nos travaux dans les deux domaines de la caractérisation et de la modélisation – commande sont conduits en large autonomie mais ils ont vocation à fonctionner en étroite synergie. En effet :

- disposer de modèles de la commande motrice et de la génération de mouvements humains facilite la perception et permet de mieux interpréter des scènes impliquant des mouvements ;
- percevoir du mouvement dans des scènes permet de constituer automatiquement des données qui alimentent les modèles de mouvement ou permettent de les évaluer.

Les domaines d'application communs à ces travaux se trouvent :

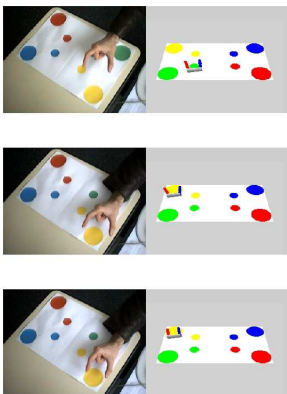
- dans le cadre des technologies pour la santé : objectivation des diagnostics, compensation des déficits dans les fonctions motrices ou sensorielles ;
- dans les systèmes complexes de simulations interactives impliquant des acteurs virtuels ;
- en robotique humanoïde.

PERCEPTION DU MOUVEMENT

Analyse multimodale : geste, visage et parole

Les travaux menés sur les **gestes, les visages et la parole** trouvent leurs principales applications dans le domaine de la santé, bien que ce ne soit pas exclusif. Ainsi, l'analyse des gestes et du regard de bébés, et de leurs corrélations, à partir de séquences d'images acquises via un système multi-caméras, filmant l'enfant et ses parents, constitue une première action de recherche.

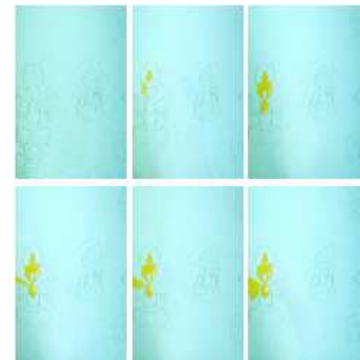
Au niveau du geste, nous pouvons distinguer le travail réalisé sur l'extraction des positions des mains de celui sur la caractérisation des gestes. Le premier consiste à mettre en œuvre une méthode de suivi d'objets colorés (en effet, nous avons muni chaque main de brassards de couleur), employant un filtre particulière connu pour son efficacité dans les cas non-linéaires, et répondant aux problèmes d'occultations, fréquentes et longues (quelques secondes), en combinant dans le même processus le suivi et la détection des brassards. La caractérisation du geste du bébé présente elle-aussi un potentiel de recherche original. Il s'agit de déterminer des caractéristiques globales, telles que la vitesse ou la courbure (les deux paramètres que nous avons actuellement choisis d'extraire), du geste du bébé, dont l'évolution calendaire, corrélée à celles du regard et des vocalises, fait apparaître une évolution ou non du bébé vers le langage.



Les **gestes de préhension** [2005COS601] se classent dans la catégorie des gestes techniques. De nombreuses études dans les communautés cognitivistes et médicales sont souvent réalisées dans l'objectif de déterminer les influences de **maladies motrices ou psychomotrices** (Parkinson, lésions

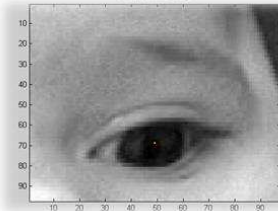
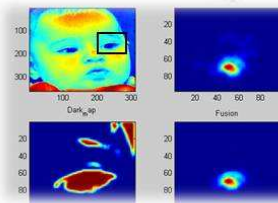
cérébrales, etc.) sur la coordination du geste de préhension. Nous avons proposé un système non intrusif et peu onéreux, ne nécessitant qu'une seule caméra numérique grand public.

Nous avons aussi abordé le **geste artistique** [2006ACTI602] du point de vue de la reproduction chronologique du processus qui va d'une toile vierge à un tableau fini, en filmant la toile pendant que l'artiste est en train de la peindre, tout en masquant la main et les outils de l'artiste ; ne reste plus sur la séquence résultat que les touches de peinture apparaissant à mesure de la création artistique. Ce système s'inscrit dans la lignée du travail de H.-G. Clouzot avec le peintre Pablo Picasso, dans le cadre du film « **Le Mystère Picasso** » de 1956 montrant de manière quasi-synchrone un artiste en pleine création d'une toile. La technique utilisée pour masquer la main et les outils dans le système, consiste à les segmenter dans l'image, puis à les masquer avec une mémorisation de la toile avant occultation.



Dans le cadre du projet PILE sur le développement du bébé nous nous intéressons à la relation mère-bébé, en particulier au contact visuel. **L'analyse automatique du regard du bébé** [2006ACTI587] suppose la détection de sa tête et de celle de sa mère puis la détermination de sa **pose**. Nous avons aussi réalisé le suivi des **yeux et de la position des pupilles** dans les séquences vidéo acquises via un système de 8 caméras. Actuellement,

Détection ou localisation du visage (recherche menée en collaboration avec SAGEM). Dans un premier temps un système d'acquisition de type portique muni de 4 caméras a été développé. Ce système permet de synthétiser une vue frontale [2006ACTI743] à partir de vues multiples non frontales d'une personne traversant ce portique. Un nouveau modèle 3d, le modèle radial de visages a été construit permettant de guider efficacement la stéréo fusion qui utilise dans ce cas l'algorithme EM pour combiner les informations radiométriques et le modèle radial



nous avons complètement validé le système, sa calibration géométrique et sa synchronisation. La localisation du visage du bébé a été réalisée ainsi qu'une détection de ses yeux en adaptant des outils déjà développés dans l'équipe, présenté plus bas. L'alignement de modèles, de type Candide ou AAM, est en cours de finalisation afin de déterminer la pose de la tête du bébé. L'utilisation de modèles est indispensable pour la prise en compte des occultations très fréquentes : mains du bébé, maman, accessoires, etc.

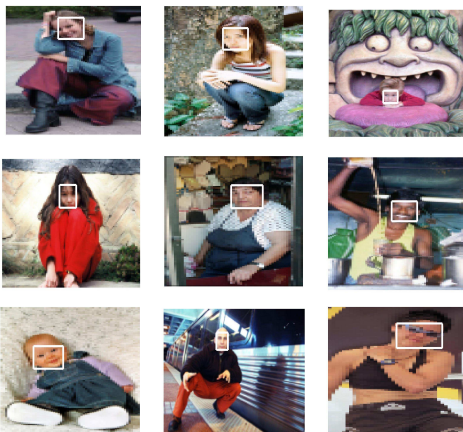
comme les conditions d'acquisition de l'image ou les occultations partielles.

Nous avons proposé de résoudre ce problème complexe en le décomposant en sous-tâches plus simples. Au lieu de détecter directement le visage dans l'image, nous le caractérisons par ses **propriétés géométrique, anthropomorphique et colorimétrique**.

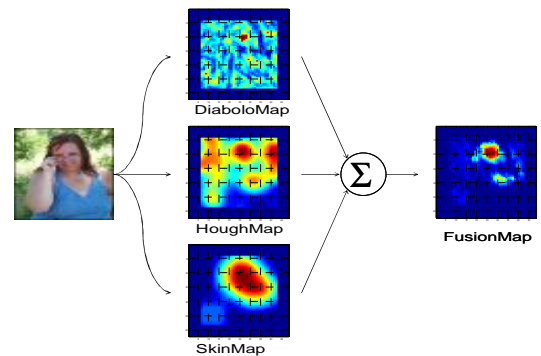
- L'apparence caractéristique du visage est détectée à l'aide d'un réseau de neurones auto-associatif. Ce modèle génératif élimine les images de « non-visage ».
- La forme elliptique du visage est détectée en utilisant la Transformée de Hough Généralisée : les visages sont modélisés par une ellipse verticale d'excentricité donnée.
- La détection de la teinte chair cherche à déterminer si un pixel appartient ou non à la peau d'un sujet présent dans l'image, en se basant sur un modèle paramétrique (gaussien) ou non (histogramme).

La détection du visage [2007ACTI731] , [2006ACLI727] est l'étape préalable à tout système d'analyse de visage. Cette tâche est particulièrement complexe en raison de la grande variabilité des paramètres intrinsèques comme l'expression faciale et l'orientation du visage ; mais aussi des paramètres extrinsèques

Nous réalisons ensuite une combinaison de ces trois sources d'informations. Plusieurs algorithmes de fusion d'informations paramétrique ont été évalués : bayésien, flou et neuronal. Tous produisent une carte de probabilités dont le maximum indique la position du visage dans l'image, comme illustré ci-dessous.



Principe du système de localisation de visage et exemples de localisation



Nous nous sommes ensuite intéressés à la **localisation des caractéristiques faciales** [2007ACLI615], yeux et commissures des lèvres. De nombreux algorithmes de détection de visage ont été transposés pour traiter ce problème. La plupart se focalisent sur les yeux, qui sont la caractéristique la plus intéressante (pour la biométrie par l'iris, en particulier) mais aussi la plus aisément détectable. Pour réaliser cette tâche, nous avons proposé une variante de réseau auto-associatif, entraîné à associer une image de visage (entrée) à une carte de caractéristiques (sortie) en vue de détecter ces dernières. Nous avons proposé plusieurs extensions au localiseur précédent, en vue d'améliorer sa précision et sa robustesse:

- Pour faire face à la grande variabilité due à la multiplicité des poses de visage, un **ensemble de réseaux spécialisés** sur une orientation de visage donnée a été mis en place. Chaque expert émet une hypothèse et un réseau intégrateur sélectionne la plus pertinente.

- Pour accélérer les traitements, une cascade à deux niveaux analyse l'hypothèse émise par le localiseur simple. Si celle-ci est rejetée, le localiseur multiple est activé. L'ensemble fonctionne en **temps réel** (40 images/s) avec une erreur de localisation faible (un dixième de la distance interoculaire).

Un détecteur d'yeux **coarse to fine** basé sur la Transformation Chinoise (une approche originale pour détecter des structures géométriques de contours ayant des quasi symétries centrales) a été développé [2005ACTI302], validé et sert actuellement à initialiser les alignements de modèles. Cette Transformation Chinoise a aussi été utilisée pour détecter d'autres formes (mains dans l'analyse du geste par exemple).

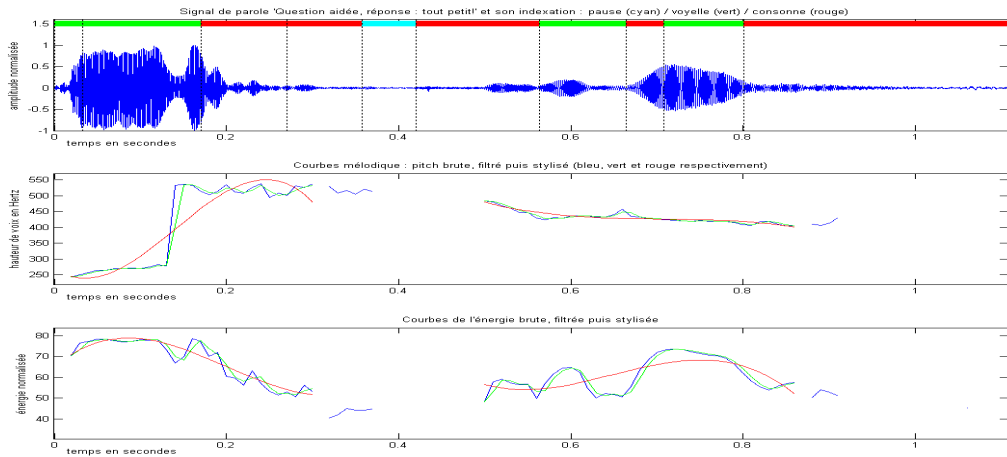
Nous travaillons actuellement sur la localisation fine des caractéristiques, basée sur les mêmes outils, et mis en cascade après l'étape de localisation grossière.



Toujours en lien direct avec le projet PILE (enfants autistes), les travaux menés dans le domaine de la parole sont essentiellement axés sur **l'extraction de caractéristiques dans les signaux audios** [2007ACLN616]. Trois applications essentielles, dans le domaine de la santé et des troubles de la parole, ont été développées.

Tout d'abord en partenariat avec France-Telecom, dans le cadre du projet USIT, nous nous sommes intéressés à la **production des syllabes par des enfants autistes** [2007ACTN634], [2007ACTI630] afin de caractériser leurs discours ainsi que leurs émotions. La détermination automatique de ces syllabes nécessite une première phase de segmentation du signal en zones homogènes (pseudo-phonèmes) puis une

détection des zones voyelles. L'algorithme de détection de zones vocaliques a été validé sur des bases de données de langues différentes avec un taux d'erreur moyen de 25%. Cette approche permet de caractériser la production des voyelles et des consonnes des enfants autistes, de plus elle permet la caractérisation de l'état émotionnel de l'enfant. Un premier classifieur d'émotions a été développé pour de la parole d'adultes et nous travaillons sur l'adaptation de ce système à la parole d'enfants autistes. A terme une étude conjointe, parole + mouvement des lèvres, sera menée. Ainsi, une première version d'un « traqueur de lèvres » basé sur une approche ASM couplée à un classifieur bayésien colorimétrique a été réalisée. Nous travaillons à la prise en compte des rotations hors plan de la tête et à l'amélioration de l'alignement du modèle.



Toujours en lien avec l'**extraction de caractéristiques**, une seconde application, menée dans le cadre d'une collaboration avec le service de psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière,



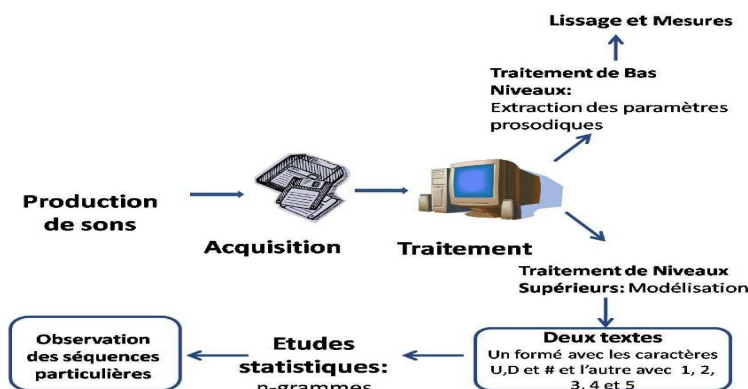
porte sur la détection d'un langage particulier de la mère appelé « **mamanais** ». Ce langage permet d'attirer l'attention des bébés et semble être primordial chez

les bébés à devenir autistique. Du fait que le mananais est caractérisé par des contours prosodiques spécifiques, nous avons développé une représentation conjointe de la fréquence fondamentale et de l'énergie des signaux de parole. Les représentations [2007ACTN748] obtenues forment une transcription qui est ensuite traitée à l'aide de modèles statistiques comme les n-grammes. Nous avons pu valider l'approche d'extraction de contours spécifiques sur une base de données de langue anglaise avec plusieurs attitudes ou intentions : approbation, recherche d'attention ou bien encore interdiction. Une autre validation en cours consiste à analyser l'intention d'un locuteur parlant à un robot (ce "langage" est connu pour ressembler au mamananais dans le cas de certains robots ludiques ou interactifs). Nous travaillons

actuellement au développement de méthodes d'indexation du mamananais dans des films familiaux.

Pour finir, une étude est menée, avec le laboratoire de Psychologie et de Neurosciences Cognitives, sur les **caractéristiques et les propriétés acoustiques** des états pathologiques [2006ACTI627]. L'objectif de l'étude est l'analyse des signaux de parole de plusieurs locuteurs à différents stades de la **Maladie de Parkinson**. Nous avons proposé une représentation des informations prosodiques à court et à long terme.

En amont des trois applications précédentes, nous avons mené des études méthodologiques portant plus généralement sur les **caractéristiques de la parole, du locuteur et de la langue**. [2007ACLN616] Les modèles proposés ont ainsi permis de valider l'apport à la fois d'une modélisation non-linéaire [2005ACTI296] et d'une discrimination explicite entre les classes. On peut ainsi citer, par exemple, les modèles LVQ-NPC ou encore ceux, étudiés plus récemment, basés sur des algorithmes génétiques et évalués sur un problème de regroupement de locuteurs. Ces différents travaux ont abouti, entre autre, à un dépôt de brevet [2006ACTI725], lors du projet LANGUE, sur la reconnaissance de la langue exploité par Thales et ne nécessitant aucun système automatique de reconnaissance de phonèmes, ce qui était le cas pour les autres systèmes existant jusqu'alors.



La caractérisation est réalisée par des modèles statistiques, **n-grammes**. L'identification des séquences pertinentes (absentes ou présentes dans les cas pathologiques) est effectuée par une modélisation globale basée sur la loi de Zipf. Nos recherches s'orientent vers une généralisation au traitement de séquences intégrant une plus grande variabilité linguistique.

Analyse d'action

L'objectif est ici **d'analyser et d'interpréter le mouvement humain** [2007ACLI617] dans toute sa complexité. De nombreux systèmes de télésurveillance utilisant des caméras sont apparus dans les espaces publics. Même si ceux-ci ont montré leurs aptitudes à détecter des situations particulières, leur principale limitation réside dans leur incapacité à travailler de manière autonome, sans opérateur humain. Ce problème, visant à interpréter le mouvement humain à partir de caméras, est exploité dans d'autres domaines d'applications comme le comptage de personnes, les interactions homme/machine, les systèmes d'entraînement sportif ou encore la surveillance de malades ou de personnes âgées, en milieu hospitalier ou dans des appartements particuliers. Il est décomposé en trois étapes principales : la détection de zones (ou régions) en mouvement, l'estimation de trajectoires et la reconnaissance du mouvement. Disposant déjà de méthodes permettant de détecter les régions mobiles dans la séquence, nous nous sommes intéressés, ces dernières années, aux deux derniers problèmes en y apportant des solutions originales.

L'estimation des trajectoires [2005ACTI306] réalisées par des personnes est un problème complexe qui demande de gérer de multiples difficultés comme les croisements de personnes, les occultations (passage derrière un arbre), les changements d'éclairage,... Elle peut être utilisée d'une part pour compter le nombre de personnes présentes dans un site et d'autre part,

pour interpréter leur mouvement. L'**approche multimodale** que nous avons développée utilise conjointement la forme, la couleur et la cinématique des régions mobiles, ce qui amène à une grande robustesse. Afin d'**estimer la vitesse des régions** détectées en mouvement, nous avons proposé une méthode originale utilisant une technique de vote. Cette méthode appelée **transformée de Hough par projection** est une extension



de la transformée de Hough aux données spatio-temporelles. Elle permet d'associer de manière robuste un vecteur vitesse à chaque région, ce qui facilite l'étape de suivi. Celui-ci utilise une nouvelle notion : celle de **pistes élémentaires** qui représentent un ensemble de régions appartenant à la même trajectoire. La recherche de trajectoires se ramène alors à rechercher des ensembles de pistes élémentaires. Les intérêts de cette approche sont d'une part de diminuer les temps de calcul en ne travaillant pas sur les régions mais sur les pistes élémentaires et d'autre part, d'amener plus de robustesse en définissant des attributs sur des ensembles plus stables que de simples régions.



L'interprétation du mouvement exploite les résultats du suivi. Le problème posé est de reconnaître ce que fait une personne à partir de toutes les régions mobiles détectées dans les images et correspondant à cette personne. Nous avons ainsi entrepris des recherches méthodologiques et appliquées pour reconnaître, dans un premier temps, des actions de la vie de tous les jours comme « marcher », « s'asseoir sur une chaise », « sauter », « se pencher » ou « s'accroupir ». Comme pour tout **processus de reconnaissance des formes** [2007ACTI625], la première étape consiste à « coder »

ou « représenter » la forme, i.e. l'action. L'approche qui consiste à caractériser chaque région, image par image, et à en apprendre l'évolution s'est révélée très décevante. C'est pourquoi nous avons poursuivi une autre voie qui consiste à travailler directement sur plusieurs images. Nos recherches ont été menées dans deux directions. La première solution consiste à représenter les actions comme une suite de caractéristiques semi-globales, i.e. estimées sur une fenêtre temporelle glissante de manière à amener plus de robustesse aux résultats. La reconnaissance est

ensuite obtenue grâce à une **approche générative** qui exploite la modélisation des actions par des chaînes de Markov cachées. La seconde méthode modélise les actions globalement par un **volume spatio-temporel** dans l'espace (X,Y,T). Ceci permet d'utiliser une approche discriminante pour la reconnaissance. Les deux méthodes amènent à une bonne reconnaissance des actions avec un taux de reconnaissance de l'ordre de 90%, elles sont cependant fortement dépendantes de la première étape de détection de pixels en

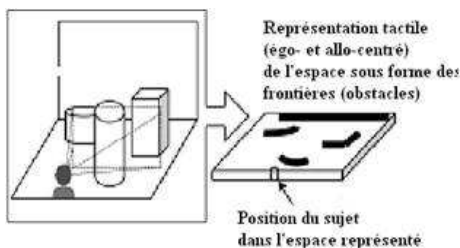
mouvement. Nos recherches s'orientent donc maintenant vers des méthodes s'articulant plus autour de **modèles d'apparence**, permettant d'éviter cette première étape de détection.

Ces recherches ont aussi fait l'objet d'une collaboration avec France Telecom R&D Lannion dans le cadre du projet RGP sur les gestes de pointage.

Perception humaine de l'espace

Dans le cadre du projet HuPer [2005ACLI36], la perception de l'espace est la base de l'interaction d'un sujet avec son environnement. L'objectif de notre recherche a été de réaliser un système capable d'assister l'homme, sain ou déficient visuel, dans ses déplacements et pour cela de percevoir l'environnement grâce à des "lunettes intelligentes" (qui fonctionnent en mode stéréoscopique passif) puis à restituer ces informations à l'aide d'une interface tactile.

Pour les besoins de la mobilité, la reconstruction d'une scène 3D statique proche passe par l'estimation de la distance des objets/obstacles les plus proches du sujet. Deux méthodes d'appariements d'images stéréo ont



été proposées : l'une d'inspiration biologique et l'autre basée sur la conservation des

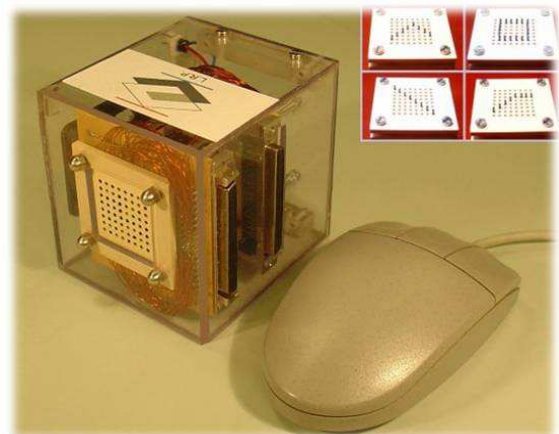
orientations des droites à appairer. La méthode de reconstruction proposée est une combinaison de l'algorithme de la programmation dynamique et de l'algorithme évolutionnaire dit « des mouches » basé sur une carte de disparité dense. La présentation tactile



mise en œuvre permet d'afficher les bords les plus

proches des objets les plus proches. Une interface portable orientée, TactiPad, a été conçue et réalisée en utilisant des alliages à mémoire de forme.

En relation avec le projet HuPer, les travaux menés en **détection et reconnaissance de textes** s'inscrivent parfaitement dans le cadre particulier de l'aide aux



déficients visuels et dans celui, plus général, de la reconnaissance de caractère. Ce travail fait partie intégrante du projet « lunettes intelligentes », présenté plus haut. L'objectif est d'ajouter un module supplémentaire au système de perception, afin de détecter, localiser et reconnaître le texte dans les images capturées. Cette **information textuelle** particulièrement riche (nom de rues, enseigne de magasins ...) sera représentée sur la surface tactile.

Pour extraire cette information textuelle, nous avons travaillé sur la **génération des caractéristiques** [2007ACTI621], plus particulièrement sur les méthodes de détection basées sur la texture. En effet, le texte possède une texture unique qui montre une certaine régularité, facile à distinguer du fond. Nous avons dans un premier temps utilisé les matrices de co-occurrence des niveaux de gris et, avons extrait de ces dernières plusieurs paramètres (contraste, homogénéité, dissimilarité, entropie, énergie et corrélation). Puis, nous avons extrait de ces matrices la distribution marginale des pixels (appelée histogramme spatial). Nous avons évalué les propriétés des deux

représentations de formes à l'aide de plusieurs classifieurs bayésiens (avec modèles mono ou multi-gaussien de la classe « texte » seule ou des classes

« texte » et « non-texte ») et neuronaux, sur la base d'images ICDAR 2003 (couramment utilisée dans les compétitions de localisation de textes).



Contexte et Objectifs

Les mouvements humains sont fluides, précis et adaptatifs. Cependant, la facilité apparente dont nous disposons des fonctions motrices et sensori-motrices pour produire nos mouvements dissimule des questions difficiles auxquelles nos activités ont vocation à répondre.

Comment modéliser et contrôler la **dynamique du système musculo-squelettique humain** ? Comment cette dynamique est-elle influencée par les interactions et les perturbations extérieures ? Comment s'abstraire du bruit inhérent au fonctionnement du système sensorimoteur ? Comment exploiter les multiples sources qui transmettent des informations sur l'état du corps au cours du mouvement ? Comment sont construites les synergies et comment sont apprises les habiletés motrices ?

Répondre à ces questions suppose de mobiliser un faisceau de disciplines et de techniques complémentaires. **L'automatique, la mécanique et la biomécanique** ont vocation à expliciter les principes computationnels qui régissent le contrôle moteur, afin d'expliquer comment les mouvements sont appris, élaborés et contrôlés à partir des buts recherchés. D'un autre côté, la **neurophysiologie** doit permettre d'expliquer les opérations neuronales et les apprentissages nécessaires à la réalisation des

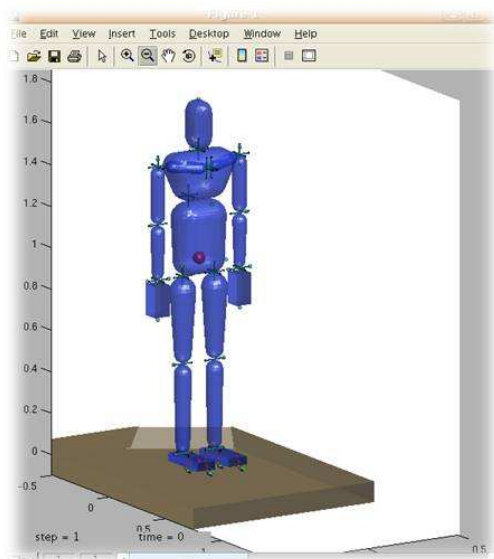
mouvements dans des structures nerveuses spécifiques (cortex moteur, cervelet, ganglions de la base).

Pour mener ces investigations, nous nous sommes dotés de plates-formes de stimulation et de d'enregistrement du mouvement humain et nous avons développé des moyens propres de simulation interactive d'humains virtuels, l'atelier logiciel **Arboris**.

Sur le plan appliqué, en mettant au point des modèles de production du mouvement pour la réalité virtuelle et les robots humanoïdes, nous contribuons à faire avancer une problématique vis-à-vis de laquelle les attentes du marché sont importantes.

Ensuite, ces modèles ont vocation à participer à la mise au point de protocoles de **réhabilitation ou de rééducation** et à ce titre constituer un élément d'interaction très important avec les activités du groupe AGATHE. A terme, nos activités pourraient jouer un rôle significatif dans l'élaboration de systèmes hybrides à l'interface entre membres biologiques et contrôleurs artificiels.

Enfin, les modèles développés dans une perspective **neuromimétique** pourront faire l'objet d'une intégration sur des artefacts mécatroniques dans le cadre notamment des travaux menés par l'équipe SIMA.



Le simulateur Arboris est au cœur de tous nos travaux visant à modéliser le mouvement, du rejeu de mouvements capturés sur sujets humains, à la mise au point de lois de commande optimale en passant par la caractérisation de l'équilibre dynamique. Réalisé en collaboration avec le CEA-List, ce simulateur entièrement écrit en MatLab permet de gérer efficacement les comportements dynamiques des corps en contact avec leur environnement.

Assistance et rééducation neuro-orthopédique par des interfaces robotiques

L'objectif de ces recherches est de concevoir et développer des dispositifs robotisés pour l'assistance et la rééducation de personnes souffrant de pathologies neuro-orthopédiques, parmi lesquelles on peut classer les syndromes post-chute chez les personnes âgées, les syndromes cérébelleux chez les personnes atteintes de scléroses en plaques ou les hémipariés.

Ces dispositifs ont la particularité d'être en interaction permanente avec l'utilisateur et d'assister/corriger les



mouvements volontaires des patients. Les verrous scientifiques de ce travail découlent de ce double aspect.

Les dispositifs techniques doivent pouvoir suivre le mouvement humain le plus naturellement possible, ce qui nécessite pour la commande de disposer

d'un modèle du mouvement humain concerné. Ils doivent aussi le cas échéant pouvoir le corriger sur la base d'un modèle de référence et donc pouvoir également observer l'état courant.

Nous disposons à l'ISIR de deux dispositifs, un **déambulateur intelligent** pour la compensation de l'équilibre postural et une **orthèse pour la compensation des mouvements du membre supérieur**.

Ces travaux ont été initiés en 2002 dans le cadre d'un projet RNTS : MONIMAD. D'autres projets sont venus appuyer cette recherche : AILISA, NEUROMAD, RENOIR et finalement sur le membre supérieur : BRAHMA [2007ACLI642].

La mécanique du déambulateur a été pensée pour une transmission simultanée des efforts et des mouvements nécessaires à l'équilibration de la posture [2004ACTI97]. Ses deux bras indépendants assurent une compensation du déséquilibre dans toutes les directions de l'espace, sa base mobile active permet un contrôle sur la vitesse d'avance et sur la navigation, utiles tant pour l'assistance que pour la rééducation.

L'originalité de la commande du déambulateur est de posséder un contrôleur flou pour sélectionner une commande, lui conférant une réelle réactivité qui lui permet notamment la compensation de l'équilibre.

L'état postural est traité par un superviseur flou et par un sélecteur de mode afin de faire agir la commande adaptée à l'état d'équilibre. Le vecteur de sortie

comprend l'identification de la posture et l'évaluation de la stabilité posturale. Quatre modes de commande ont été implémentés sur le prototype :

- **Mode normal** : il s'agit du suivi de la trajectoire de verticalisation par les poignées. Cette trajectoire est générée automatiquement et vérifie les caractéristiques morpho-pathologiques propre à l'utilisateur [20061CTI756];
- **Mode impédance** : il s'agit d'une commande à effort nul rendant le mouvement des poignées possible sans que l'utilisateur ait à fournir d'effort, cela permet de mesurer les paramètres morphologiques de la personne [2004ACTI110] ;
- **Mode stabilisation** : il s'agit d'une commande en effort qui « rattrape » les efforts d'interactions mesurées aux poignées lors d'une déstabilisation, augmenté d'un suivi de trajectoire, où la trajectoire initiale a été modifiée ;
- **Mode retour rapide** : il s'agit d'un suivi de trajectoire permettant de rasseoir une personne en déséquilibre.

Le vecteur d'état en entrée du sélecteur de commande nécessite des mesures capteurs aux poignées et au sol. Or, l'utilisation d'un capteur d'efforts pour l'évaluation du centre de pression limite l'application de l'interface à l'équilibration durant le transfert. Pour nous en affranchir, nous utilisons des méthodes heuristiques. Les réseaux de neurones ont été utilisés pour prédire les trajectoires articulaires et analyser la stabilité posturale du patient.

L'inconvénient de ce système est l'utilisation d'une plate-forme de force pour la détermination du Centre de Pression. Un **réseau de neurones** fonctionnant avec un nombre réduit de données permet de s'affranchir de la plate-forme de force et de valider de nouveaux protocoles de rééducation de la marche. La réduction de données utilise les synergies articulaires, de façon implicite, par nature des réseaux de neurones.

Une première approche, pour la détermination du mouvement volontaire (début de verticalisation), de l'état du patient (stabilité posturale) et de la correction du mouvement (compensation de l'équilibre) a été faite à partir d'un modèle mécanique approprié, ainsi que d'un modèle prédictif du comportement pathologique propre au patient reposant sur des réseaux de neurones et un sélecteur de commande basé sur des règles de logique floue.



MACH : modèles d'apprentissage pour le comportement humain

Les activités de recherche relatives à l'apprentissage de la commande motrice humaine ont démarré fin 2006. A partir d'une synthèse des connaissances biomécaniques, neuro-physiologiques et computationnelles sur les mécanismes généraux de la commande naturelle, ces activités consistent à mettre au point un modèle informatique de son apprentissage.

Sur le plan fondamental, ces recherches s'inscrivent à l'interface avec les travaux de modélisation menés en sciences du vivant et des travaux de commande des systèmes redondants. Sur le plan appliqué, les activités correspondantes font l'objet d'une participation au « *Joint Robotic Laboratory* » qui réunit la France et le Japon autour du robot humanoïde HRP-2. Ils viennent également compléter les travaux menés dans le cadre du projet PerfRV2.

Le modèle résultant s'inscrit dans le cadre de la **commande adaptative**. Il combine des méthodes de commande optimale pour engendrer des gestes élémentaires conformes à des invariants du mouvement humain et des méthodes d'**apprentissage supervisé** et d'**apprentissage par renforcement** pour rendre compte de la mise au point progressive de ces mouvements lorsque le contexte de la tâche et la dynamique du système commandé ne sont pas connus a priori.

Ces travaux fournissent une première version d'une brique de base permettant à un système humanoïde (robot ou mannequin virtuel) d'accomplir une tâche simple. Nous l'avons validée en simulation, le module correspondant ayant permis de verticaliser un mannequin virtuel simplifié de la position accroupie à la position debout sans connaissance a priori sur la dynamique du système. Les travaux correspondants ont fait l'objet d'une présentation aux Journées Nationales de la Robotique Humanoïde (Montpellier, mars 2007).

Les recherches en cours consistent à déterminer comment combiner plusieurs de ces briques entre elles et avec un module de gestion de la posture et de l'équilibre pour permettre à un système complet (doté de plus de 30 degrés de liberté) de réaliser des séries de tâches complexes.

Parallèlement, des recherches complémentaires ont consisté à modéliser par une carte de Kohonen un **répertoire de postures** correspondant à des buts posturaux pour un mannequin virtuel. Le répertoire de postures but obtenu émerge de l'interaction entre un mécanisme d'apprentissage par renforcement et un mécanisme d'auto-organisation.

Simulation et commande de la dynamique de mouvements humains

Nous abordons dans le cadre de ce projet de recherche un certain nombre de problèmes liés à la synthèse de **coordinations motrices généralisées** (posture/tâche). Ces problèmes sont abordés à travers les techniques de commande de systèmes à haute redondance contraints par des liaisons par contacts frictionnels et par la géométrie de l'environnement.

L'un des premiers aspects importants de ces travaux repose sur la coordination de tâches multiples. Son traitement a conduit à la mise au point de filtres dynamiques utilisables en cascade pour des tâches multiples ordonnées. Ces filtres exploitent des projecteurs qui assurent

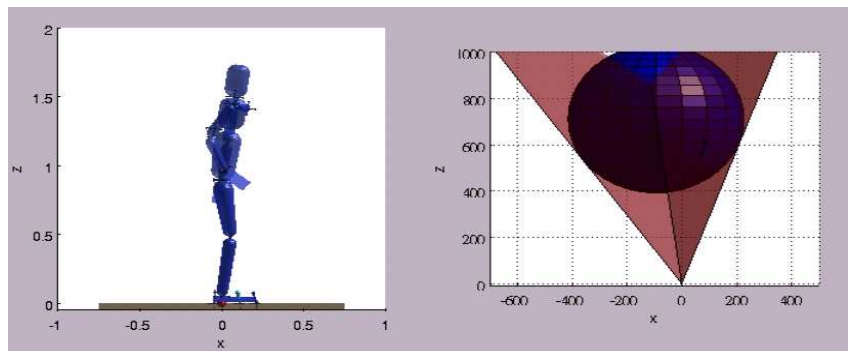
l'indépendance dynamique des tâches.

Des commandes peuvent ainsi être réalisées à l'aide de programmation quadratique.

Un autre aspect réside dans l'**optimisation du mouvement résiduel** pour assurer la robustesse de l'équilibre des appuis des pieds et des mains avec l'environnement. Pour traiter cette question nous avons développé des techniques de

quantification des perturbations admissibles devant l'ensemble des contraintes que la dynamique du système supporte (stabilité des contacts, limites des forces généralisées, etc.). L'une des techniques originales que nous avons proposées exploite la norme d'une hypersphère inscrite dans le cône convexe des contraintes.

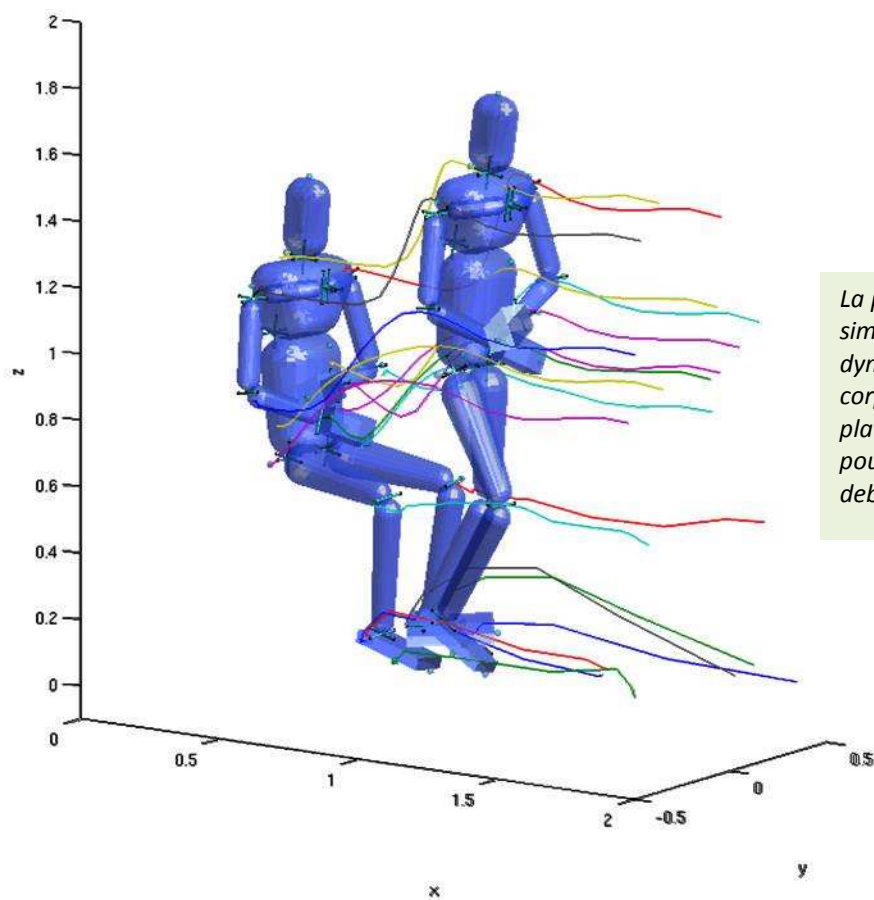
La figure ci-dessous illustre graphiquement cette mesure lorsqu'on se limite à une force au centre de masse généralisé de l'humain virtuel et que les contraintes sont celles des appuis des pieds au sol. Une autre mesure a été proposée sur une



représentation par **LMI** (*Linear Matrix Inequality*) des contraintes. Ces mesures intégrées aux filtres dynamiques offrent la possibilité de « synthétiser » des mouvements réalistes du point de vue de la dynamique humaine.

La validité des mesures a été évaluée en intégrant à la plate-forme de **synthèse de commande de mannequins virtuels** des méthodes de recalage sur des

données de la cinématique et de la cinétique posturale obtenues à l'aide d'une plate-forme de posturographie. Ces divers éléments ont été intégrés à la plate-forme logicielle « Arboris » développée conjointement avec le CEA/LIST/DTSI. Des licences de cette plate-forme ont été distribuées auprès de plusieurs laboratoires (LAAS, NTU-Singapore) et entreprises de robotique (Aldébaran et Robosoft)



La plateforme Arboris permet de simuler de façon réaliste la dynamique des systèmes multi-corps en interaction. Ici, cette plateforme logicielle est utilisée pour simuler le transfert assis-debout d'un mannequin virtuel.

L'objectif à moyen terme poursuivi par l'équipe perception et mouvement chez l'homme est double. Il s'agira d'une part de renforcer les **travaux à caractère fondamental**, notamment sur:

- les techniques de suivi, d'estimation et d'analyse de gestes et du mouvement par vision mono et multi-caméra,
- l'analyse multi-modale (audio/vidéo) et la caractérisation des visages, de la locution, des éventuels troubles moteurs ou encore des émotions,
- la modélisation des commandes motrices et la synthèse des coordinations tâche/posture ainsi que celle des ajustements réactifs et anticipatifs face à des perturbations,
- les méthodes de « boosting » en reconnaissance de formes combinant en un algorithme unique les phases de codage, de classification et de fusion d'informations pour l'extraction rapide d'indices visuels dans l'environnement,
- la modélisation de la perception visuelle chez l'homme et de la coordination oculomotrice.

D'autre part, un effort tout particulier sera fait pour valider tout ou partie de ces travaux dans des **plates-formes applicatives**. Ainsi, une plate-forme de diagnostic des troubles de la locution est en projet, ainsi qu'une plate-forme pour l'analyse de la posture et de l'activité motrice ainsi que pour l'assistance et la rééducation. Enfin, des plates-formes expérimentales de simulation et d'analyse pour une meilleure compréhension des mouvements humains, chez l'homme sain ou présentant une pathologie, seront développées.

Suivi, estimation et reconnaissance du geste technique par vision.

L'analyse du geste par vision se limite généralement au suivi et la reconnaissance du geste dit communicatif en dehors de tout contexte. Or la plupart des gestes humains ne sont pas réalisés isolément, en particulier les gestes techniques (préhension, manipulation). Il existe donc de **forts couplages entre le geste** lui-même, **l'environnement** (localisation, forme des objets) et **les autres actions humaines** (regard, posture).

Etudier et intégrer ces relations dans les algorithmes de suivi et de reconnaissance est donc primordial pour l'observation (résolution de situations d'auto-occlusion, par exemple, des doigts de la main, optimisation des modèles dynamiques du mouvement) et l'objectivation (caractérisations statiques, dynamiques mais aussi symboliques : position, trajectoire, vitesse, quel objet, type de prise, tâche effectuée...) du geste.

L'objectif de ces travaux est d'établir de nouveaux paradigmes, notamment dans la **représentation du geste**. Ils permettront à la fois une **observation globale** (main/bras/regard/objet) et une **caractérisation des fonctions sensori-motrices mises en jeu**.

Analyse Multimodale des Communications Verbale et Non-Verbale

Les interactions face-à-face font intervenir plusieurs canaux de communication (verbale et vivuelle, etc ...). La contribution au message des informations verbales (parole) et non-verbales (geste, expression faciale, ...) dépend aussi intrinsèquement du contexte, des personnes et des cultures. L'analyse de ces interactions passe nécessairement par l'extraction d'informations dans les différents flux audio et vidéo.

L'objectif sera ici d'analyser ces signaux de communication verbaux et non-verbaux afin de développer des algorithmes capables d'**identifier les participants**, d'**indexer leurs actions** (parole, mouvement, ...), voire de **déterminer l'état émotionnel** des protagonistes. Nous nous intéresserons en particulier à la cohérence entre les caractéristiques acoustiques, le mouvement (corps, geste), le regard ou bien encore les expressions faciales. D'un point de vue de la communication verbale, nous nous focaliserons sur l'étude des **variabilités des locuteurs** selon différents états (émotionnels ou pathologiques). Dans cet objectif, nous développerons des **méthodes d'extraction de caractéristiques** qui seront ensuite exploitées par des systèmes de reconnaissance (du locuteur, de l'état émotif ou encore pathologique).

Méthodes de « boosting » en reconnaissance de formes

Les techniques de dopage (*boosting*) offrent un cadre particulièrement élégant à la résolution de problèmes de reconnaissance des formes puisqu'elles combinent en un algorithme unique les phases de codage (extraction de caractéristiques), de classification et de fusion d'informations. Les nombreuses publications récentes témoignent de

l'efficacité de ces techniques et valident les développements théoriques proposés initialement. Certaines questions subsistent toutefois quant au réglage des nombreux « paramètres » de l'algorithme (comment extraire les caractéristiques, quelles fonctions de classification « faible » utiliser, quelle architecture mettre en œuvre pour la combinaison... ?) ainsi que pour son extension à la classification multi-classe. Nous chercherons à valider ces méthodes, notamment dans le domaine de la détection et la classification du mouvement de personnes ou pour la détection et la reconnaissance de texte.

Les modèles de perception visuelle.

On cherchera en particulier dans ce cadre à analyser les modes de perception des scènes 3D afin d'en trouver une représentation adéquate à **l'exécution d'une action** (mobilité, lecture). Cette analyse sera faite à partir de plusieurs images (stéréo et séquence) et devrait s'appuyer sur les primitives fiables et exploitables en temps réel (de l'ordre de 10 images/s) déjà acquises dans le laboratoire. Plusieurs thèmes seront développés :

- Fusion entre vision et centrale inertielle (perception de son propre mouvement et perception des mouvements ; stabilisation du regard ; auto calibrage)
- Modélisation et simulation de la vision pour l'enchaînement des perceptions « espace proche / espace lointain » (exécution et planification de la suite de l'action).

On insistera sur la **représentation et modélisation de l'espace externe** (proche et lointain) filtré par une tâche. En effet, ce mode de représentation s'avère pertinent pour interagir dans l'espace (se déplacer, saisir un objet, trouver un objet, reconnaître le nom d'une rue par exemple, ...) lorsqu'il est nécessaire de détecter et de localiser les obstacles et les données symboliques les plus proches.

Modélisation des commandes motrices

Nos objectifs dans la cadre de la modélisation des commandes motrices sont particulièrement ambitieux. Ils tiennent compte en effet de l'arrivée d'une équipe de chercheurs sur les principes calculatoires et neuronaux du contrôle moteur. Les travaux dans ce cadre suivront trois directions:

- la détermination de méthodes de commande optimale sous contrainte pour des humains virtuels assurant la robustesse des équilibres et la définition de fonctions bio-réalistes guidant la structuration des synergies dans des activités motrices complexes,
- le développement des techniques d'apprentissage auto-supervisé pour la construction automatique d'un modèle compact de la dynamique des systèmes biomécaniques ainsi que la mise au point de techniques avancées de commande optimale et d'apprentissage par renforcement pour traiter des problèmes de commande de grande taille à une vitesse proche du temps réel,
- une modélisation de la commande motrice humaine fondée sur la théorie de la commande optimale sur la base de critères qui sous-tendent le comportement moteur humain, en particulier ceux définissant les structures neuronales et les apprentissages nécessaires à la réalisation des mouvements dans le cortex moteur, le cervelet ou les ganglions de la base.

Une partie de ces développements seront intégrés dans une plate-forme logicielle de simulation collaborative de mannequins virtuels issue du programme PERFRV2. Ils donneront lieu aussi à des implémentations sur des plates-formes humanoïdes dans le cadre du JRL-Humanoïde.

Assistance et Rééducation Neuro-orthopédique par Interfaces Robotique

Une des finalités de l'activité de modélisation du mouvement humain est la conception de robots d'assistance, en particulier pour des applications de rééducation neuro-orthopédique.

Nos travaux dans ce domaine seront focalisés sur la recherche de modèles pertinents pour la caractérisation et l'assistance en temps réel. Il ne s'agit donc pas de simuler le fonctionnement des boucles internes du sujet, mais plutôt d'exploiter des propriétés réputées invariantes dans le mouvement humain pour établir la référence des lois de commande.

La commande réalisant l'assistance en temps réel doit par ailleurs, dans le cadre d'un protocole de rééducation, permettre une modulation des aides physiques sur la base d'une quantification des performances. Cet ensemble doit être simplement pilotable par le praticien, ce qui justifie pleinement les collaborations étroites entretenues avec des chercheurs et praticiens du domaine médical.

Fiche signalétique

Effectifs au 1^{er} octobre 2007

➔ E/C permanents :

- Catherine ACHARD, Maître de conférences HdR, 61^{ème} section, UPMC
- Philippe BIDAUD, Professeur, 60^{ème} section, UPMC
- Mohamed CHETOUANI, Maître de conférences, 61^{ème} section, UPMC
- Xavier CLADY, Maître de conférences, 61^{ème} section, UPMC
- Manh-Cuong DO, Professeur, 70^{ème} section, Paris 11
- Maurice MILGRAM, Professeur, 61^{ème} section, UPMC
- Edwidge PISSALOUX, , Professeur, 61^{ème} section, Univ Rouen
- Lionel PREVOST, Maître de conférences, 61^{ème} section, UPMC
- Vincent PADOIS, Maître de conférences, 27^{ème} section, UPMC
- Viviane PASQUI, Maître de conférences, 60^{ème} section, UPMC
- Olivier SIGAUD, Professeur, 27^{ème} section, UPMC
- Jean-Luc ZARADER, Professeur, 61^{ème} section, UPMC

➔ Doctorants :

- Kevin BAILLY – Contrat Industriel (depuis 02/2005)
- Sébastien BARTHELEMY – Allocataire MENRT (depuis 10/2005)
- Julien BEGARD – Contrat Industriel (depuis 10/2005)
- Bertrand BRU – Allocataire MENRT (depuis 10/2007)
- Christophe CHARBUILLET – Allocataire MENRT (depuis 10/2004)
- Eléonor FONTAINE – Allocataire MENRT (depuis 10/2005)
- Ammar MAHDHAOUI – Allocataire MENRT (depuis 10/2007)
- Shehzad MUHAMAD HANIF – Boursier Etranger (depuis 10/2006)
- Arash MOKHBER – Allocataire MENRT (depuis 10/2005)
- Quoc Dinh NGUYEN – Allocataire MENRT (depuis 10/2005)
- Pablo NEGRI – Contrat Industriel (depuis 10/2004)
- Eric PARA – Boursier CIFRE (depuis 10/2005)
- Fabien RINGEVAL – Allocataire MENRT (depuis 10/2006)
- Sébastien RUBRECHT – Boursier CIFRE (depuis 10/2007)
- Ludovic SAINT-BAUZEL – ATER 27^{ème} section (en thèse depuis 10/2004)
- Camille SALAUN – Allocataire MENRT (depuis 10/2006)

Thèses et habilitations soutenues entre 2004 et 2007

- Catherine ACHARD : Habilitation à Diriger des Recherches (Décembre 2006)
- Rachid BELAROUSSI : Thèse de doctorat (Décembre 2006)
- Mohamed CHETOUANI : Thèse de doctorat (Décembre 2004)
- Cyril CHAVY : Thèse de doctorat (Juillet 2004)
- Thomas DEGRIS : Thèse de doctorat (Avril 2007)
- Thierry DORVAL : Thèse de doctorat (Décembre 2004)
- Fabien FLACHER: Thèse de doctorat (Décembre 2005)
- Sébastien HERRY : Thèse de doctorat (Juillet 2007)
- William IVALDI : Thèse de doctorat (Octobre 2007)
- Jérémie LEGARREC : Thèse de doctorat (Septembre 2006)
- Flavien MAINGRAUD :Thèse de doctorat (Décembre 2005)
- Pascal MEDERIC : Thèse de doctorat (Décembre 2006)
- Ghiles MOSTAFAOUI : Thèse de doctorat (Décembre 2005)
- Philippe NORIEGA : Thèse de doctorat (Octobre 2007)
- Ramiro VELASQUEZ : Thèse de doctorat (Juin 2006)

Projets labellisés en cours

Acronyme	Début Fin	Financement (subvention ISIR)	Partenaires académiques (porteur en gras)	Personnels ISIR (responsable en gras)
PERF-RV 2	2005 ↓ 2008	RNTL (90 Keuros)	LAAS, LPPA, IRISA, CEA , EMP, LIRIS, PSA, EADS, INRS,	Ph. Bidaud O. Sigaud
TELEMACH	2007 ↓ 2009	ANR PSIROB (65 Keuros)	Bouygues-TP , CEA, Cybernétix, Herrenknecht,	Ph. Bidaud V. Padois
PILE	2006 ↓ 2008	Contrat Industriel (135 Keuros)	Fondation EADS Hôpital Necker – enfants malades	M. Milgram X. Clady R. Benosman
FACE	2005 ↓ 2008	Contrat Industriel (50 Keuros)	SAGEM	M. Milgram L. Prevost
USIT	2007 ↓ 2008	Contrat Industriel (40 Keuros)	Fondation France Telecom Autisme	M. Milgram M. Chetouani
RGP	2007 ↓ 2009	Contrat Industriel (15 Keuros)	France Telecom	M. Milgram C. Achard
OBSTACLE	2007 ↓ 2008	Contrat Industriel (80 Keuros)	PSA	M. Milgram L. Prevost X. Clady

Equipe Systèmes Intégrés, Mobiles & Autonomes



La robotique mobile et autonome connaît actuellement un essor important dans des contextes très variés à la fois civils (robots jouets, micro robots mobiles, robots spatiaux) et militaires (multiplication des robots d'intervention et d'observation, qu'ils soient terrestres ou aériens). Ces applications nécessitent des capacités en termes de mobilité, de perception et d'autonomie ou d'adaptation dont la maîtrise est loin d'être assurée aujourd'hui en regard des attentes, notamment dans le domaine civil. L'adaptation dans des contextes difficiles, changeants et imprévus, où l'Homme n'est plus présent, requiert l'élaboration de nouveaux concepts et modèles dont les fondements hérités des sciences de l'ingénieur gagnent à trouver des sources d'inspiration dans les sciences du vivant.

L'équipe SIMA s'intéresse au développement de systèmes robotiques intégrant des **capacités avancées en termes de mobilité, de perception, d'autonomie décisionnelle et d'adaptation**. Elle s'est posé pour objectif de concevoir de nouveaux robots, capables d'opérer dans des environnements complexes et changeants, orientés par une gestion motivationnelle autonome, et ceci grâce à des capacités perceptives originales et des facultés d'adaptation au contexte opérationnel.

Constituée aujourd'hui de chercheurs et d'enseignants-chercheurs issus des trois laboratoires fondateurs de l'ISIR, elle comprend des membres du LRP, spécialistes des domaines de la locomotion rapide en milieu complexe, du groupe PRC, spécialistes des domaines de la perception visuelle et auditive, et de l'AnimatLab, spécialistes des neurosciences computationnelles et de la robotique bio-inspirée. Les compétences pluridisciplinaires ainsi réunies, qui allient les domaines de la mécanique-robotique, de la vision, du traitement du signal et de **l'informatique bio-inspirée**, constituent un atout certain en même temps qu'une nécessité pour débloquer les verrous scientifiques et techniques auxquels elle doit faire face dans son activité.

Un défi majeur du domaine de la robotique mobile autonome est de casser les séparations existantes entre ces différents aspects qui caractérisent un système robotique complet. Favoriser les synergies entre les domaines liés à la mobilité, à la perception et à l'autonomie décisionnelle, mais également prendre en compte les nombreuses avancées obtenues dans le domaine des sciences du vivant (approche **Animat**), doit permettre la conception de systèmes résolument

novateurs et dépassant les limitations actuellement rencontrées, notamment en terme d'adaptation.

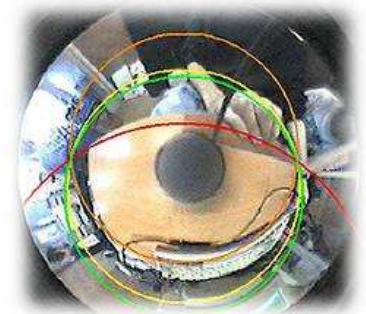
Les activités de l'équipe SIMA s'agencent selon trois thématiques complémentaires intitulées :

- ➔ *Mobilité en milieu complexe,*
- ➔ *Perception active et multi-sensorielle,*
- ➔ *Autonomie et adaptation.*

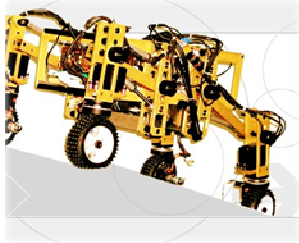
Toutes trois sont portées par des groupes dont l'objet est de maintenir la visibilité des chercheurs dans leurs domaines respectifs.

Une spécificité de SIMA tient dans les liens étroits qu'entretiennent entre eux les membres des trois groupes, leur objectif commun étant d'intégrer les différentes composantes requises par la réalisation de robots mobiles et autonomes. Les interactions nombreuses qui en résultent sont le résultat de la mise en place des **projets intégratifs horizontaux**, plateformes communes partagées qui permettent d'une part de mettre en avant l'expertise des membres de l'équipe et d'autre part de fédérer les recherches thématiques en vue d'élaborer de nouveaux modèles. A ce titre, la participation des membres des trois groupes aux projets ICEA, ROBUR, FAST et ASAROME constitue un exemple de fédération réussie dans l'équipe SIMA.

Courbes épipolaires elliptiques sur capteur catadioptrique



MOBILITE EN MILIEU COMPLEXE



L'objectif de ce thème est l'analyse de la locomotion terrestre aussi bien à partir de systèmes artificiels que des systèmes biologiques. Il s'agit d'évaluer les performances de structures locomotrices à roues, à chenilles, à pattes, hybrides ou apodes en fonction des caractéristiques physiques et géométriques des sols sur lesquels elles sont destinées à évoluer. Les approches envisagées étudient d'une part l'apport de la redondance cinématique et la redondance en motricité dans les systèmes polyarticulés et d'autre part l'apport de l'auto-reconfiguration

topologique dans des systèmes modulaires.

Contexte & objectifs

L'évolution d'engins mobiles autonomes en milieux naturels constitue le cadre général de nos recherches. La réussite de missions dans les environnements tels que ceux visés dans l'exploration planétaire pose un certain nombre de problèmes encore ouverts, dont celui de la détermination et de l'exécution autonome de déplacements sur des terrains difficiles. En effet, la **complexité des terrains** sur lesquels doivent évoluer les véhicules dans les contextes considérés est actuellement un frein important au développement de capacités de navigation réellement autonomes. Cette complexité se manifeste par de fortes irrégularités des paramètres géométrico-physiques du terrain (profil irrégulier, sol granulaire déformable et instable, densité non uniforme de roches hétérogènes, roches friables...).



Le robot RobuRoc6 est un système polyarticulé conçu pour franchir des terrains difficiles (fortes pentes, hautes discontinuités, éboulis...)

Modélisation et évaluation

Pour un robot mobile, les choix décisionnels de navigation utilisent le plus souvent un modèle de connaissance des capacités de déplacement en fonction des paramètres locaux d'environnement. Ces capacités de déplacement, représentées sous forme d'indices, caractérisent le franchissement, la stabilité, la consommation énergétique, la manoeuvrabilité... Nous avons cherché à définir et caractériser ces indices

pour les robots étudiés en fonction des propriétés géométriques et physiques du sol.

Une formulation générique de la transmission des vitesses et des forces dans les systèmes articulés composés de plusieurs monocycles, type RobuRoc6, a été proposée et a permis d'optimiser la cinématique de la suspension pour un franchissement maximal. Cette formulation utilisant la théorie des vissages

réciroques est basée sur une transformation du système locomoteur en mécanisme spatial de type parallèle encapsulant le mécanisme différentiel à 2 roues motrices [2006ACTI669].

Le robot Hylos, composé d'une structure de type hybride roue-patte, peut se mouvoir de plusieurs façons, et adapte son mode de locomotion à l'environnement local. Dans ce contexte, il faut définir les règles du choix du mode de locomotion opportun aux conditions physico-géométriques locales du terrain. Ainsi, nous avons utilisé trois indices de performance pour évaluer les modes de locomotion du robot Hylos en fonction des différents paramètres géométriques et physiques de la surface du sol. Trois **modes de locomotion** sont étudiés : le roulement pur, le roulement avec reconfiguration [2004ACLI24] [2004THDR164] et le déplacement péristaltique [2007ACLI666].

Trois **indices de performance** sont étudiés : la marge de stabilité, la gradabilité et la consommation énergétique. Les évaluations menées sont basées en partie sur un ensemble de lois de comportement roue-sol. Un effort important de l'équipe s'est concentré sur la validation, aux échelles de masse et de taille de nos mini-robots, des lois de comportement roue-sol issues de la terramecanique. Ainsi, nous avons développé un banc d'essai pour la caractérisation des interactions roue-sol [2005ACLN613] [2005ACTN216].

Nous avons également développé un deuxième démonstrateur, **le robot Hylos2**, plus robuste, présentant des capacités de mouvement à plus grande dynamique et permettant l'étude des commandes dynamiques pour le **franchissement d'obstacle**.

Par ailleurs, la nature est une de nos sources d'inspiration pour l'étude de la locomotion. L'équipe

mène depuis plusieurs années, en collaboration avec le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, des travaux sur la **locomotion animale** et plus particulièrement sur l'identification de critères (géométrique, cinématique ou dynamique) d'allures chez les mammifères quadrupèdes.

Une approche envisagée pour la robotique mobile à pattes consiste donc à se baser sur les caractéristiques du mouvement des animaux pour les intégrer au processus de conception d'un robot. Dans cette optique, il apparaît intéressant de chercher à identifier d'éventuels critères géométriques, cinématiques et dynamiques permettant de décrire le déplacement quadrupède du point de vue mécanique. Etant données les similarités géométriques et cinématiques entre les mammifères quadrupèdes, il est apparu que l'existence de **paramètres dynamiques pouvant définir l'allure** est plausible. Pour cela, il est nécessaire de disposer de données réelles aptes à fournir une base de comparaison afin de pouvoir tester la validité du modèle proposé. Les données 3D sont obtenues à partir de ciné-radio qui permet de suivre le mouvement des os au cours d'un cycle de mouvement à raison de 60 images par seconde. Plusieurs animaux différents ont ainsi été étudiés : la musaraigne, le tenrec, le hérisson et la tortue. C'est plus particulièrement ces 2 derniers qui ont été modélisés [2006ACTI645] [2005ACTI136]. Un **modèle de contact distribué** a été utilisé, avec une interaction pied-sol de type ressort-amortisseur en chaque point de contact. Les mouvements effectués par le modèle simulé sont issus de la traduction des données expérimentales. Cette méthode a d'ores et déjà permis de reproduire une marche stable, et de fournir l'évolution des quantités mécaniques et énergétiques du système [2004ACTI98].

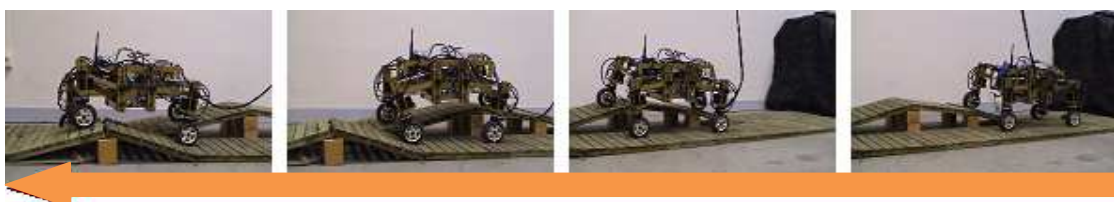
Commande des robots agiles et rapides

Faire évoluer d'une façon stable un robot articulé sur un terrain accidenté a été un objectif lors du développement de la première version de Hylos. Pour cela, nous avons utilisé un schéma de commande basé sur un modèle cinématique et sur un **découplage des paramètres du robot** [2004ACTI86].

La figure ci-dessous montre le robot évoluant sur un sol irrégulier et asymétrique, la commande assure la reconfiguration du robot pour maintenir une assiette horizontale de plate-forme. Ces expériences montrent

une amélioration de la stabilité mécanique du robot lors de son déplacement ainsi que la stabilité de sa commande. Une autre approche étudiée consiste à utiliser des méthodes de commande basées sur les **champs de potentiels**. La méthode proposée permet de garantir un minimum sur la stabilité mécanique du robot sur un terrain accidenté sans spécifier explicitement sa posture interne [2005ACTI133].

Nous nous intéressons également au problème de la commande des déplacements de robots mobiles



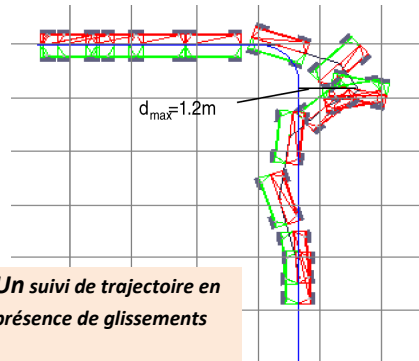
Banc de caractérisation des interactions roue-sol.



évoluant à grande vitesse sur des terrains naturels. Dans ce contexte, de nombreuses difficultés apparaissent dans la commande automatique des déplacements, liées notamment à la présence de forts glissements dans la liaison roue-sol et à l'excitation dynamique propre à l'évolution à grande vitesse en terrain accidenté. Les premiers travaux développés dans ce cadre porte sur la commande en suivi de chemin d'un robot à quatre roues motrices évoluant sur des terrains faiblement accidentés mais dont la cohésion du sol est très faible (il s'agit notamment de sols granulaires de type sablonneux).

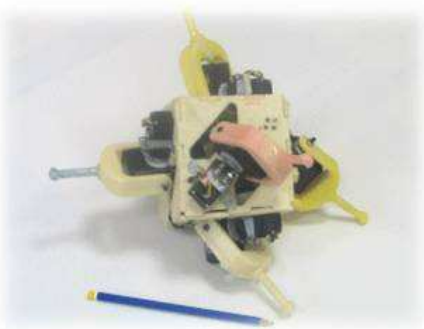
Nous avons proposé une méthode de commande basée sur le modèle dynamique du véhicule et de ses

interactions roues-sol. Cette loi de commande exploite un asservissement du taux de glissement sur les quatre roues et utilise le modèle dynamique pour optimiser la distribution des couples. Elle permet notamment de réaliser des manœuvres de changement de cap sur sol peu cohésif à des vitesses plus élevées, tout en maîtrisant les glissements roue-sol induits [2007ACTI610]. Ces travaux sont actuellement étendus au cas d'évolution en terrain accidenté en intégrant un modèle dynamique complet du robot, des systèmes de suspension semi-actives et des commandes associées.



Conception des systèmes modulaires et auto-reconfigurables (SMAR)

Les systèmes modulaires et auto-reconfigurables (SMAR) peuvent être, du fait de leur adaptabilité, une réponse au problème de la locomotion sur des terrains présentant des difficultés variées ; typiquement, le quadrupède métamorphosé en serpent pour passer à travers un trou.



Le module MAAM possède 6 pattes articulées

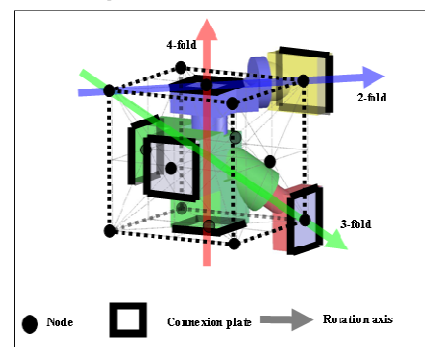
Un des avantages de la **modularité** est la réduction des coûts de développement et de fabrication. Un second avantage inhérent aux systèmes complexes est celui de l'interchangeabilité et de la tolérance aux pannes. La reconfiguration peut être soit de nature cinématique (utilisant les mobilités internes), soit de nature topologique (utilisant des dispositifs de connexion et de déconnexion).

Cette recherche a été initiée par le projet MAAM – Atome Robotique du programme Robea du STIC-CNRS et a amené à concevoir plusieurs modules originaux

[2004ACTI87]. Elle est poursuivie afin de proposer une méthode de conception des SMAR qui offre une **reconfigurabilité optimale** et une faible complexité des modules. La voie choisie exploite les propriétés des groupes chiraux (groupes des déplacements discrets préservant l'orientation).

Les **groupes chiraux**, issus de la science de la cristallographie sont des sous-groupes des groupes d'espaces. La méthode est basée sur 2 niveaux de discrétisation de la représentation des modules. Le premier considère les symétries des connecteurs, celles-ci pouvant être représentées par des déplacements. Le second niveau décrit les déplacements discrets pouvant être produits par les actionneurs dans les liaisons. En particulier, le groupe P432 situé au plus haut de la hiérarchie de l'ensemble des groupes, a été choisi pour illustrer la méthode de conception [2006COM671].

Un exemple de module construit dans le groupe P432.



Les robots du futur auront à intervenir de plus en plus loin et de plus en plus vite. Ces besoins sont d'ores et déjà exprimés dans les secteurs de la sécurité civile ou militaire, qui cherchent à se doter de mini-vecteurs capables d'**évoluer à grande vitesse** et ayant des capacités de franchissement importantes. Le contrôle autonome de telles structures ne peut se borner à une extension directe des algorithmes déjà développés dans le cadre de la robotique mobile à petite vitesse. Les déplacements autonomes sont soumis à des

phénomènes physiques perturbant l'exécution précise des consignes requises pour l'accomplissement de la tâche assignée au robot. En particulier, les dérapages liés aux **mauvaises conditions d'adhérence** en milieu naturel ne peuvent être négligés. En conséquence, les commandes régissant les mouvements du robot doivent intégrer ces phénomènes (de nature variable) tout en conservant une simplicité suffisante pour leur calcul en temps réel.

P ERCEPTION ACTIVE ET MULTISENSORIELLE

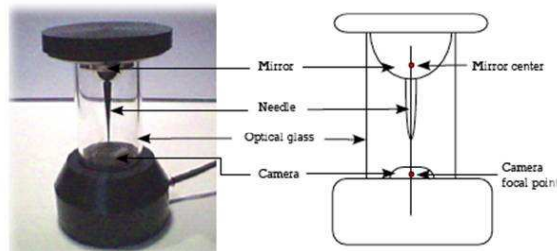
Afin d'obtenir les capacités perceptives permettant d'améliorer significativement la robustesse, l'adaptation et l'autonomie des systèmes robotiques mobiles, nous développons de nouvelles méthodes de perception en portant notre effort sur la découverte de représentations communes aux différentes modalités (extraction de primitives bas niveau, espaces communs de représentation), en particulier les modalités visuelles, auditives et inertielles. Cette recherche s'effectue en tenant compte simultanément de l'action, par l'intégration des perceptions proprioceptives, mais également en considérant la commande des systèmes mobiles.

Contexte & objectifs



Un microphone parabolique permettant l'étude de l'impact des lobes acoustiques dans l'audition et la localisation active de sources sonores.

La perception est une composante fondamentale des robots mobiles autonomes. Elle concerne un grand nombre de modalités (visuelle, auditive, tactile, proprioceptive, etc.) dont la fusion vise à obtenir des capacités étendues en termes de robustesse, de rapidité, d'autonomie et d'adaptation. En couplage étroit avec la commande, la perception permet également de gérer des comportements dynamiques adaptés aux



configurations locales du terrain allant jusqu'à l'anticipation (évitement d'obstacles, locomotion rapide). L'objectif de nos recherches est de mettre en œuvre des chaînes perceptives multi-sensorielles, en particulier visuelles, sonores et inertielles, dans le cadre de plateformes robotisées mobiles. Nous mettons l'accent sur les méthodes d'extraction et de représentation géométrique des informations en fonction des contextes applicatifs de navigation et stabilisation de robots, qu'ils soient à roues, volants ou encore navigants.

Notre but est d'obtenir des **représentations communes aux différents types de signaux** allant jusqu'à la définition d'un formalisme commun à la perception et l'action.

Un exemplaire de capteur catadioptrique permettant d'obtenir une image panoramique. L'équipe est pionnière dans le développement de ce type de perception au sein de la communauté internationale.

Vision omnidirectionnelle

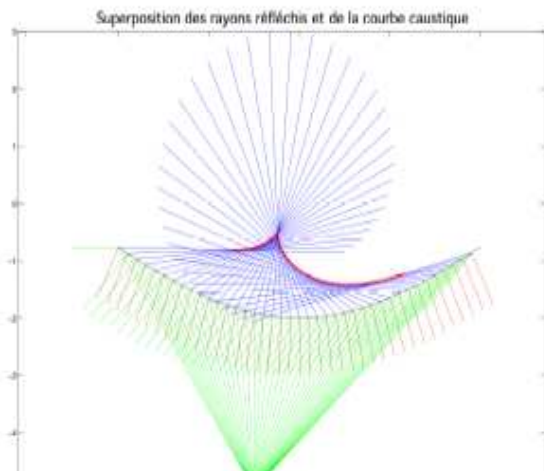
L'intérêt de la vision panoramique pour la robotique mobile n'est plus à démontrer de nos jours. Capter de larges portions de l'environnement permet une meilleure interprétation globale et immédiate de scènes sans ruptures géométriques. Des tâches autrefois réputées difficiles sont ainsi facilitées par l'utilisation de capteurs 360°. De par leur concept, les **capteurs catadioptriques** - association d'une caméra perspective classique et d'un miroir de révolution - sont le capteur idéal pour tout système mobile. Ils permettent l'observation immédiate sur 360° d'une scène, mais cela au prix d'une forte distorsion géométrique au sein de l'image. Les capteurs non centraux sont les plus intéressants car ils permettent une grande flexibilité dans la gestion des rayons lumineux en levant la contrainte de la convergence en

un point unique. Il devient alors possible de couvrir la scène selon la tâche désirée et les objets à détecter et bien évidemment selon la structure du robot et l'emplacement désiré du capteur.

Forts d'une maîtrise des différents aspects liés à la conception et à l'utilisation des capteurs omnidirectionnels, notamment au niveau des phases de conception et d'utilisation des capteurs, l'équipe est à l'origine de différentes méthodes d'exploitations de ces capteurs largement utilisés dans le domaine. Les travaux ainsi développés concernent l'exploitation de différents capteurs omnidirectionnels autres que les capteurs catadioptriques à savoir : les capteurs cylindriques, poly-caméras et mixtes [2004acti289, 2006th680].

Les travaux menés depuis plus d'une décennie, ont permis d'étudier les propriétés géométriques de ces capteurs et leur influence sur la méthode de calibrage à utiliser [2004acti288].

Nous portons aussi beaucoup d'intérêt à la détermination de la pose entre prises de vues consécutives qui est un élément indispensable à la localisation de robots mobiles [2005acln22].



Superposition des rayons réfléchis et de la courbe caustique. La connaissance du lieu de la caustique permet d'identifier la direction de chaque rayon incident, ce qui permet de calibrer un capteur non central.

L'apport majeur récent de nos travaux a porté sur le calibrage des paramètres intrinsèques des capteurs panoramiques, notamment en ce qui concerne les capteurs non centraux. Ce travail a abouti à la détermination des **lieux de convergence des rayons incidents** formant la *surface caustique* de ces capteurs. La mise au point d'une approche générale d'étalonnage originale permet aujourd'hui d'exploiter ce genre de capteurs aisément. La méthode développée est peu exigeante en temps de calcul et n'est restreinte à aucun type de surface particulière [2004acti278, 2005acln229, 2005acln236]. Par ailleurs, d'un point de vue théorique, l'étude des capteurs non centraux telle que nous l'abordons aujourd'hui constitue un pas vers une étape nouvelle de généralisation des techniques de vision par ordinateur.

Les projets en cours sont nombreux et couvrent un vaste panorama d'applications robotiques : une collaboration avec le laboratoire Heudiasyc de l'UTC de Compiègne (co-encadrement de la thèse de Hugo Romero) pour la stabilisation d'un robot volant, la participation au sein d'un projet national (Projet PILE - Programme International pour le Langage de l'Enfant, fondations EADS et SFR) projet national ANR FAST, projet national ANR-RIAM CATOPSYS (CATadiOtric

Projection SYStems 2007-2009) en étroite collaboration avec le laboratoire ERIM/LAIC de l'Université de Clermont-Ferrand, dans lequel nous exploitons les propriétés omnidirectionnelles des miroirs en projection pour la mise en place d'un vidéo projecteur omnidirectionnel permettant de synthétiser des environnements virtuels immersifs.

L'augmentation du nombre de capteurs est une autre solution pour constituer un système omnidirectionnel permettant de couvrir un environnement. En partenariat avec THALES Training & Simulation, dans le cadre d'une bourse CIFRE (thèse de Vincent Guittenny), nous employons des réseaux utilisant des caméras non synchronisées pour la génération 3D.

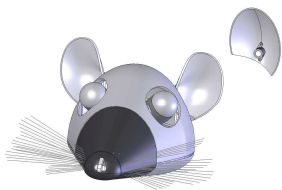
Dans ce domaine encore inexploré, nous nous sommes proposés d'étudier l'influence du retard de prise de vue sur la reconstruction 3D, ainsi que la détermination des paires valides dans un flux de caméras dont les cadences de prises de vues sont hétérogènes. Plus globalement, nous avons étudié l'influence du temps dans un réseau de caméras et l'interaction possible entre deux réseaux hétérogènes de caméras non synchrones. Cette action a donné lieu à une collaboration avec l'Université McGill (Pr Coopertsock) dans le cadre d'actions de recherche autour des Infrastructures Intelligentes.

Enfin, nous avons construit une plateforme d'étude, **un dôme, comprenant quarante-deux caméras** dont la fréquence d'acquisition individuelle varie en fonction du temps.

L'objectif est de retrouver les paires stéréo valides dans le flux des images en reconstituant le « front temporel » sur tous les flux images. La méthode repose sur la caractérisation des formes 3D reconstruites pour un ensemble de combinaisons possibles. Chaque appariement donne une suggestion de forme 3D, et une méthode statistique permet de retrouver la forme la plus probable en éliminant les formes non conformes qui ne sont que des effets de désynchronisation entre prises de vues. La caractérisation des formes utilise les harmoniques de la sphère pour donner une signature unique à chaque reconstruction. Ainsi, à l'aide de méthodes Bayésiennes, il devient possible d'assigner à chaque paire d'images candidates une probabilité de synchronicité.



Localisation et caractérisation sonore



La localisation de sources sonores repose principalement sur l'estimation des différences de temps de propagation entre la source et un ensemble de capteurs placés à des positions

différentes. Les aspects physiques de ce problème sont aujourd'hui connus. Les méthodes se différencient selon que l'on dispose de deux micros (écoute binaurale) ou de plus de deux micros (antenne de microphones). Dans les applications de robotique mobile, la solution à deux micros est bien entendu la plus commode et la plus utilisée. Elle est le plus souvent basée sur les mesures de la différence d'intensité (Interaural Intensity Difference, IID) et de la différence de phase (Interaural Phase Difference, IPD). Il convient de différencier la localisation passive de la localisation dite *active* pour laquelle la plateforme d'écoute est mobile et s'oriente simultanément vers la source sonore selon le principe de la maximisation de l'énergie reçue par exemple.

Concernant la modalité auditive, les membres de notre équipe ont particulièrement contribué au développement de nouvelles méthodes d'**extractions de caractéristiques bas niveau**, notamment en proposant les paramètres NPC (Neural Predictive Coding) au début des années 2000. Fondés sur l'utilisation de réseaux de neurones, les paramètres NPC permettent de prendre en considération les aspects non linéaires des processus à l'origine des signaux sonores. Ils ont été appliqués avec succès à la

Perception active multimodale

Tout robot autonome est amené à détecter différents événements, à focaliser son attention sur ces événements de sorte à pouvoir les identifier puis agir en conséquence (évitement d'obstacles, exploitation d'amers, atteinte d'objectifs particuliers, etc.).

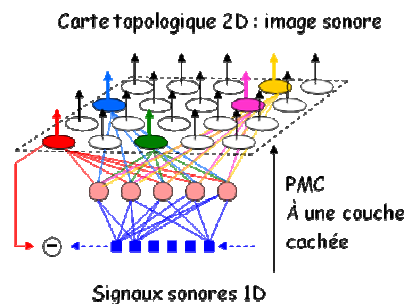
La vision fovéale est une solution intéressante du point de vue du temps de calcul pour les applications robotiques. Elle requiert un continuel alignement du capteur dans la direction des points d'intérêts à observer et conduit donc au concept de vision active.

Une difficulté majeure dans la chaîne perceptive des systèmes robotiques est le **temps de calcul** important que nécessitent les algorithmes de segmentation traditionnels, qui interdit la réalisation de systèmes autonomes capables d'adaptation en environnements complexes et partiellement connus.

reconnaissance de phonèmes et de locuteurs [2004acln226, 2007acln616].

Nous travaillons depuis 2006 sur une nouvelle méthode [2005acti300, 2005acti301] de représentation des signaux sonores fondée sur les propriétés d'auto-organisation d'une carte de Kohonen prédictive. La propriété de tonotopie des cartes de Kohonen permet de réaliser une carte

perceptive dont la topologie représente l'espace sonore et permet simultanément de représenter les actions de mouvement à donner aux capteurs pour



obtenir leur orientation spontanée vers une source sonore. Ces avancées récentes permettent d'ores et déjà d'envisager une représentation 2D des signaux sonores en vue de leur couplage avec les signaux 2D visuels (fovée auditive). Un lien direct est ainsi établi entre les principes de la vision active et de l'audition active pour la localisation de sources.

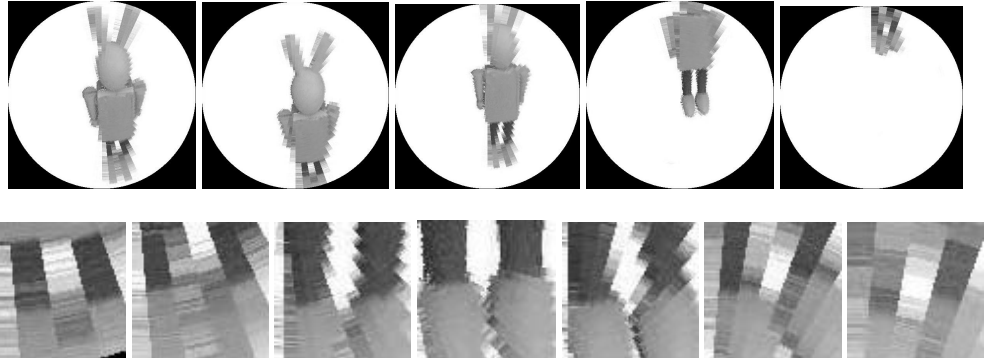
Ces techniques sont mises en œuvre dans le cadre du projet européen ICEA pour lequel nous avons réalisé le système auditif binaural permettant la localisation et la caractérisation de sources sonores. Le but est ici d'apporter des informations auditives visant à être exploitées par les algorithmes de sélection de l'action mis en œuvre dans la plateforme ICEAbot (thématique *Autonomie et Adaptation*).

Cette difficulté est encore accentuée lorsque les systèmes mobiles sont rapides comme ceux sur lesquels travaille notre équipe (thématique *Mobilité en milieu complexe*). C'est la raison pour laquelle nous avons développé depuis septembre 2006 une **approche active** de la perception visuelle : nous travaillons sur l'extraction de caractéristiques pertinentes dans des images *fovées*, c'est-à-dire présentant une résolution élevée au centre et faible en périphérie selon une géométrie circulaire. Nous produisons une image basse résolution de la scène observée par décomposition locale d'une somme d'histogrammes gaussiens de couleur. Cette représentation permet d'effectuer une segmentation de la scène observée permettant la reconnaissance d'objets dans la scène [2007ACLI67].

Les résultats de ces recherches ont vocation à être appliqués dans le cadre des projets labellisés auxquelles participent l'équipe SIMA : le projet européen ICEA, le projet national ANR ASAROME

portant sur la commande autonome d'un robot navigant et le projet BQR accordé par l'université Pierre et Marie Curie (projet PARMA).

La vision fovéale est intéressante en ce qu'elle conduit naturellement à la notion de perception visuelle active. Les temps de calculs sont nettement diminués, enfin des propriétés comme l'invariance en échelle et en translation sont naturellement obtenues.



Perspectives

Les travaux de l'équipe SIMA dans le domaine de la perception pour le mobile viseront à proposer de nouvelles méthodologies de traitement des signaux sensoriels. L'accent sera porté sur la mise au point d'**espaces de représentation communs des signaux** permettant leur analyse conjointe avec l'action.

Point fort de l'activité, la vision panoramique d'une part et fovéale active d'autre part, permettront de contribuer à la rapidité de réaction des systèmes robotiques. Les recherches menées dans cette direction viseront à élaborer de nouvelles primitives images, adaptées à la géométrie particulière des **capteurs catadioptriques non centrés**.

L'audition est une modalité encore peu développée dans le domaine de la robotique. Dans ce contexte, des recherches seront menées dans le domaine de l'écoute binaurale à des fins de localisation d'événements sonores et de perception de l'espace au travers d'une

caractérisation de l'environnement acoustique du robot.

Un point central de la thématique *perception active et multisensorielle* sera l'étude de l'**apport conjoint des modalités visuelles et sonores** en vue de pallier aux déficiences de l'une ou de l'autre modalité (traitement des occultations par exemple), mais également d'obtenir une perception globale plus robuste. De tels modes de représentation auront bien entendu vocation à être étendus aux autres modalités perceptives, par exemple tactiles et inertielles, et font l'objet des travaux de thèse de C. Couverture, débutés en septembre 2007).

Plus généralement, et dans le but d'obtenir des capacités d'anticipation rapides, permettant l'action au delà du réflexe, les travaux liés à cette thématique s'attacheront à mettre en avant le rapport étroit qu'il y a entre la perception et la commande des systèmes robotique mobiles et autonomes.

AUTONOMIE ET ADAPTATION



Afin de rendre les robots opérationnels dans des environnements complexes et non préparés, un robot est envisagé comme un **animat**, système artificiel autonome, adaptatif et situé inspiré de l'animal : autonome, car il doit accomplir ses missions et « survivre » en recevant le moins d'aide humaine possible ; adaptatif, car il a des capacités d'apprentissage et d'évolution qui contribuent à augmenter ses chances de succès ; situé, car ses facultés d'adaptation s'enracinent dans ses boucles sensori-motrices mises en place au cours d'interactions permanentes avec l'environnement, lequel peut s'avérer plus ou moins changeant et imprévisible.

Contexte & objectif

Afin d'accomplir efficacement et de façon autonome une mission donnée dans un environnement non préparé, un robot doit être à la fois capable de se localiser, de déterminer ses buts et de sélectionner ses actions, tout en s'adaptant aux changements de l'environnement et aux fluctuations de son état interne - en matière d'énergie disponible, par exemple. Une approche *intégrative* est indispensable afin de coordonner des fonctions qui trop souvent en robotique ont été étudiées isolément. Les architectures de contrôle correspondantes s'inspirent, soit de connaissances neurophysiologiques spécifiques, soit de

principes généraux concernant des processus adaptatifs comme l'apprentissage et l'évolution.

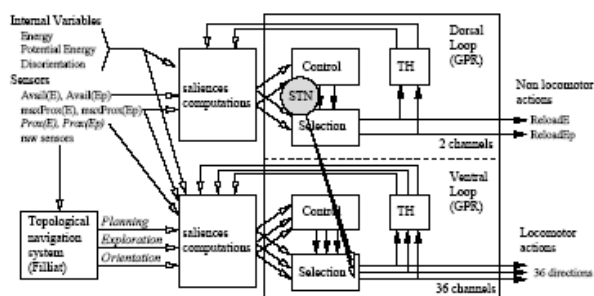
Pour des raisons historiques, les thèmes développés dans ce groupe - *architectures biomimétiques* et *robotique évolutionniste* - sont liés respectivement aux projets Psikharpax (« rat artificiel ») et ROBUR (« oiseau artificiel »). Cependant ce découpage est destiné à s'estomper, les capacités adaptatives étudiées ici étant nécessaires à l'autonomie décisionnelle de robots, quelles que soient leurs caractéristiques.

Architectures biomimétiques

Elles ont été élaborées dans le cadre du projet Psikharpax, visant à s'inspirer des capacités cognitives des Vertébrés – en l'occurrence le rat - en matière de sélection de l'action et de navigation [2004acti371, 2004acti451, 2004acti458, 2005acl457, 2005actn493]. Des modèles de réseaux de neurones concernant ces deux fonctions ont été intégrés dans une même architecture. Le **modèle de navigation** est **inspiré de l'hippocampe** et permet de développer par exploration une représentation spatiale topologique d'un environnement inconnu, utilisée par des robots (simulé et réel) pour se localiser et planifier une trajectoire vers un but donné [2004acti371]. Le modèle de sélection de l'action est inspiré des *boucles cortico-basales* – circuits

nerveux entre diverses zones du cortex et les ganglions de la base – supposées contrôler les enchaînements d'actions en fonction d'états motivationnels fluctuants. Un robot simulé est ainsi capable d'effectuer avec succès un test de survie (plus de 20 heures) dans un environnement complexe dans lequel se trouvent des ressources, épuisables ou non, et des zones dangereuses à éviter [2004acti388, 2005acl387]. Une plate-forme de simulation générale a été élaborée en vue de permettre la confrontation de cette architecture intégrée à diverses tâches et à divers environnements [Thèse de L. Lachèze].

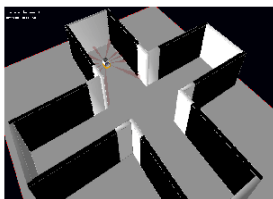
Dans le but de doter le robot d'autres facultés d'apprentissage que celle de construire sa carte



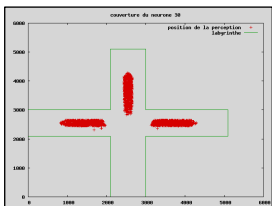
Architecture intégrée de sélection de l'action et de navigation. Chaque boucle modélise les circuits entre les ganglions de la base, le thalamus et le cortex, symbolisés ici par des modules exerçant une sélection et un contrôle sur la sélection des actions. La boucle dorsale sélectionne les actions consommatoires (e.g., récupérer de l'énergie sur la zone de ressource), la boucle ventrale reçoit en entrées les sorties motrices du modèle de navigation et sélectionne les actions appétitives (e.g., se diriger vers la zone de ressources).

topologique, des mécanismes d'apprentissage sont implémentés dans l'architecture précédente. Chez l'animal, un apprentissage d'associations stimulus-réponses (S-R) et un apprentissage d'associations modèle du monde-réponse (Mm-R), impliquant les deux boucles précitées, seraient mis en œuvre simultanément pour lui permettre d'agir de façon efficace, par automatisme lorsque l'environnement est constant, par **réorganisation flexible du comportement** lorsque l'environnement change. Des parallèles sont établis entre ces deux modes et l'acquisition de diverses stratégies de navigation, *procédurales* - comme le guidage par la vue - et *déclaratives* - comme la planification de chemins optimaux avec utilisation d'une représentation spatiale.

Un modèle d'apprentissage S-R dit « Actor-Critic » a été élaboré, en **s'inspirant du rôle de la dopamine dans la boucle dorsale**. Plus efficace que d'autres pour fonctionner dans un *environnement continu*, il attribue des modules Actor-Critic différents à des partitionnements de l'espace d'entrée effectués automatiquement par cartes auto-organisatrices [2007th178, 2004acti424, 2005acli426, 2006acti427]. Un robot simulé peut apprendre ainsi à effectuer une stratégie de navigation *procédurale de guidage par la vue*.



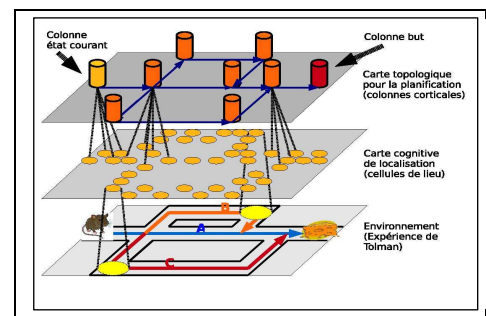
En haut : Labyrinthe en croix pour apprentissage S-R, consistant à rejoindre le bras éclairé délivrant une récompense à partir de n'importe quel point de départ. Cette tâche a été également effectuée par des rats réels au LPPA. En bas : Exemple de partitionnement automatique de l'espace d'entrée.



Les mécanismes de l'apprentissage Mm-R sont étudiés dans le cadre de l'acquisition de stratégies utilisant une représentation spatiale. De nouveaux modèles d'apprentissage de navigation par *guidage par*

reconnaissance des lieux et de *planification*, plus conformes aux hypothèses neurobiologiques récentes, sont en cours d'élaboration, en collaboration avec l'équipe de Neuro-Computation Adaptative du laboratoire de Neurobiologie des Processus Adaptatifs de Paris 6 [2005actn494 ; Thèse L.-E. Martinet].

Les animaux – comme les robots – doivent pouvoir également choisir la stratégie la plus efficace dans un contexte environnemental donné. Un modèle biomimétique de **sélection entre stratégies procédurales et déclaratives** est donc développé, en collaboration avec un chercheur de l'Institut IDIAP à Martigny, en Suisse, spécialiste de ce thème. Le principe repose sur l'apprentissage en parallèle par deux « experts » de chaque stratégie, et sur la sélection, à chaque pas de temps, de l'expert le plus fiable, i.e., celui qui obtient l'erreur de prédiction d'atteinte du but la plus faible [2006com351, Thèse L. Dollé].



Labyrinthe dit de « Tolman » posant des problèmes de planification. Le modèle élabore incrémentalement et en parallèle une carte hippocampique de cellules de « lieux » et de « direction de la tête » et une carte topologique de colonnes corticales dans laquelle des chemins optimaux sont choisis avant d'être exécutés.

L'intégration et le portage de tous ces mécanismes sur deux plates-formes robotiques - robots *e-pucks*, puis prototype *ICEAbot* - sont en cours, dans le cadre du projet européen ICEA (*Integrating Cognition, Emotion and Autonomy*) qui se terminera en décembre 2009.

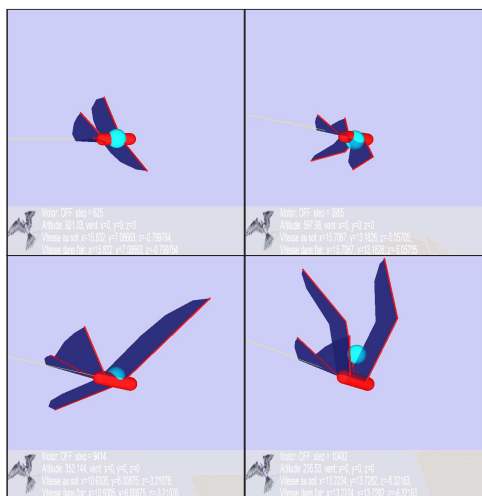
Robotique Evolutionniste

L'automatisation de la conception du système de commande ainsi que de la morphologie d'un robot autonome est une problématique importante pour le déploiement de robots de complexité croissante en environnements non contrôlés. Les **algorithmes évolutionnistes, inspirés de la sélection naturelle** des espèces, y apportent une solution originale et prometteuse: à partir d'un codage des solutions à explorer, une recherche est réalisée en parallèle sur de nombreuses solutions potentielles. Des opérateurs

de recherche spécifiques, profitant entre autres de ce parallélisme, permettent d'atteindre des solutions efficaces et originales grâce à l'application d'une pression sélective basée sur des critères d'évaluation du comportement souhaité.

En nous appuyant sur le projet ROBUR, nous avons cherché à définir des applications originales nous permettant de mettre en valeur les apports de cette approche et surtout de nous offrir un cadre d'expérimentation riche, avec un potentiel important

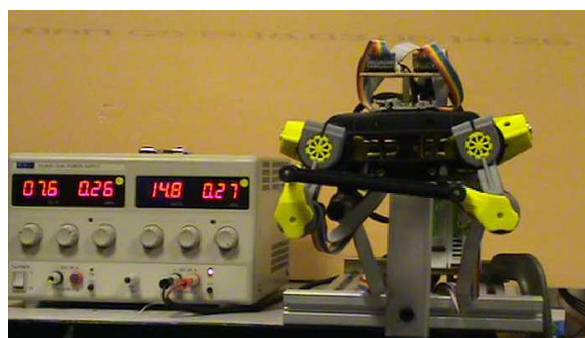
en termes de couplages non-linéaires exploitables pour réaliser une fonction.



Morphologies générées pour le vol battu par des algorithmes évolutionnistes.

Dans ce contexte, nous avons travaillé à la commande de plusieurs **plates-formes volantes** offrant des possibilités de couplages non-linéaire non triviaux entre degrés de liberté qu'un algorithme de conception automatique pourrait découvrir. Nos algorithmes ont ainsi automatiquement exploité les caractéristiques de l'enveloppe d'un dirigeable lenticulaire [2004acti358, 2004acti359] ou ont découvert plusieurs stratégies efficaces pour le contrôle d'un robot à ailes battantes articulées [2006acti462]. Dans le contexte de la conception de nouveaux systèmes, ces algorithmes permettent d'explorer efficacement un espace de recherche encore inconnu et peuvent aider à focaliser les recherches en priorité sur les zones les plus intéressantes. Nous avons appliqué cette approche d'exploration évolutionniste préliminaire au cas du vol battu, tant pour faire avancer les travaux portant sur la simulation que pour la réalisation d'un mécanisme de battement. L'étude des interactions générées par une aile animée d'un mouvement sinusoïdal simple a déjà apporté de nombreuses informations sur la physique impliquée par ce mode de vol, cependant, les biologistes ont montré que les oiseaux utilisaient des mouvements plus complexes. La thèse de Mohamed Hamdaoui, commencée en septembre 2006 et co-encadrée entre Pierre Sagaut de l'Institut Jean le Rond d'Alembert, spécialisé dans la mécanique des fluides et les **interactions fluides-structures**, et notre équipe, a pour but d'améliorer la compréhension de ces phénomènes et d'augmenter la précision de nos modèles. Pour cela, les lois de battements générées en simulation par les algorithmes évolutionnistes seront testées sur des

simulations de mécanique des fluides réalistes et les résultats serviront de contexte à une étude des interactions entre l'air et l'aile en mouvement. Ces travaux ont pour objectif d'améliorer les modèles implémentés dans nos simulations pour générer ensuite de nouvelles solutions, qui feront elle aussi l'objet d'études. Ce processus itératif devrait permettre d'améliorer progressivement notre compréhension de ces phénomènes tout en nous permettant de générer des contrôleurs efficaces pour ce mode de vol. De même, nous avons utilisé les résultats de nos expériences évolutionnistes pour définir le cahier des charges d'un **mécanisme physique** en cours de construction qui nous permettra de réaliser nos expériences directement sur un dispositif réel, ceci afin de s'affranchir des inévitables imprécisions des simulations simplifiées que nous utilisons.



Mécanisme de battement des ailes à deux degrés de liberté actionnés : dièdre et vrillage. Les intervalles de valeurs autorisés ont été déterminés par des expériences évolutionnistes. Ce mécanisme servira à la réalisation d'expériences évolutionnistes sur dispositif réel. Le principe du mécanisme, reposant sur deux couples de moteurs reliés par des bielles et manivelles a fait l'objet d'une demande de brevet.

Au-delà des aspects de commande et de stabilisation de robots volants, nous nous sommes intéressés à l'implémentation de comportements exploitant des courants aériens par cette méthodologie. Après quelques travaux sur le « **soaring dynamique** », comportement utilisé par les albatros pour extraire de l'énergie d'un gradient de vent [2006acti341], nous avons travaillé sur le vol thermique et le vol de pente [2007acti734]. Nous sommes actuellement en train de mettre en place des prototypes nous permettant de valider les résultats obtenus sur un dispositif réel.

De même, nous avons utilisé ces algorithmes pour étudier les relations entre la morphologie et le contexte d'application pour un drone à ailes battantes. Au passage, ces travaux nous ont permis de mettre en évidence le gain en énergie lié à

l'utilisation d'ailes articulées par rapport à des ailes monoblocs.

Ces travaux, très appliqués, nous fournissent un cadre applicatif permettant de tester les problèmes du codage, de l'évaluation de solutions potentielles et le passage de la simulation à la réalité. De plus, ils offrent facilement des problèmes de complexité croissante selon le niveau auquel on se place. La mise en place des environnements de simulation ainsi que

la réalisation de prototypes de validation nous permettra de nous concentrer d'avantage à l'avenir sur les problèmes fondamentaux des approches évolutionnistes que ces travaux ont permis de mettre en évidence. Dans cette perspective et dans le cadre de la thèse de Jean-Baptiste Mouret, nous travaillons ainsi actuellement au développement de nouveaux codages pour générer des réseaux de neurones en exploitant la modularité de la structure.

Perspectives

Les travaux d'intégration de capacités de cartographie, de localisation et de sélection de l'action reposant sur des modèles biomimétiques seront renforcés, notamment par l'arrivée début 2009 de Benoît Girard, CR CNRS actuellement au Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action du Collège de France. Appliqués actuellement à un robot à roues en environnement intérieur dans le cadre du projet Psikharpax et du projet européen ICEA, ils ont vocation, dans le contexte de la création de l'ISIR en général et de SIMA en particulier, à être étendus à d'autres plates-formes évoluant en environnement plus complexe, notamment dans le cadre du projet FAST.

De même, la recherche de **contrôleurs opportunistes par des méthodes adaptatives** sera développée pour tendre vers des systèmes capables **d'exploiter**

automatiquement les caractéristiques du robot et de son interaction avec l'environnement. Les algorithmes évolutionnistes ont donné des résultats encourageants sur cette question, cependant de nombreux problèmes restent à résoudre. Nous nous intéresserons essentiellement à la résolution incrémentale de problèmes de complexité croissante et au passage d'une conception en simulation au système réel. Ces problématiques sont liées et impliquent à la fois la recherche de codages adaptés pour les contrôleurs générés et la définition d'algorithmes de sélection évitant toute convergence prématurée et générant des solutions robustes. Les capacités obtenues seront appliquées à d'autres plateformes expérimentales, notamment celles du projet FAST.

PROJETS INTEGRATIFS

Une des specificites de l'equipe SIMA tient dans l'integration des problematiques etudiees dans les differents groupes sur des plates-formes communes. L'eclairage apporte par cet objectif d'integration permet d'identifier des points durs specifiques aux differents contextes et d'orienter les recherches thematiques des groupes vers ces differents points afin de contribuer a la **realisation de robots autonomes innovants**. Les projets actuels sont issus de projets existants avant le regroupement au sein de l'ISIR. Ils integrent deja en partie des travaux emanant des differents groupes. Cette integration sera amenee a evoluer dans les annees a venir en accord avec la maturation des thematiques et les synergies qui emergeront.

Contexte & objectifs

La realisation de robots autonomes necessite l'integration de capacites motrices, perceptives, adaptatives et de systemes de controle coherents permettant d'implémenter les comportements necessaires a l'autonomie decisionnelle. Ces differentes capacites sont generalement etudiees separement, sur des plates-formes simplifiees ne mettant l'accent que sur la thematique de l'etude envisagee. Une telle approche reductionniste, si elle est necessaire a la comprehension et a l'implémentation des taches en question, ne facilite pas la realisation d'un systeme pleinement fonctionnel des lors que l'environnement est reel, complexe et incertain, necessitant la pleine cooperation de l'ensemble des modules constitutifs. La mise en commun des competences

complémentaires des membres de l'equipe SIMA dans le cadre identifie des projets integratifs permet non seulement de se rapprocher du contexte des applications futures de la robotique mais egalement de faire apparaître des synergies favorables a la mise en place des nouvelles idees necessaires a l'elaboration de ces systemes. Les projets integratifs sont aujourd'hui au nombre de trois :

- Le projet integratif **FAST** (robots agiles et rapides en environnements ouverts et non structures)
- Le projet integratif **PSIKHARPAX** (robots autonomes et adaptatifs, approche Animat)
- Le projet integratif **ROBUR** (robots volants a ailes battantes autonomes).

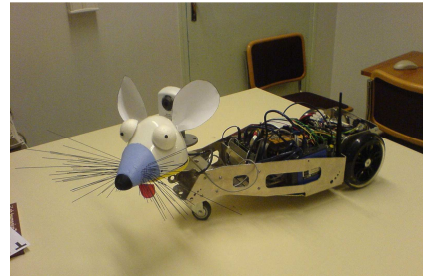
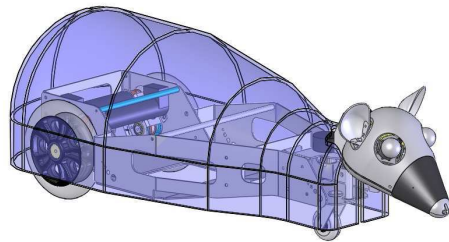
FAST

Notre objectif a moyen terme est de concevoir et commander une des plates-formes dites « agiles et rapide » capables de se mouvoir sur des sols irreguliers et a des vitesses relativement importantes. En particulier, le projet ANR-FAST (labellise en juillet 2007) auquel nous participons, a pour but de developper une plate-forme mobile terrestre capable de suivre un couloir virtuel (prealablement defini) a haute vitesse (de l'ordre de 10m/s) dans un milieu naturel irregulier en assurant son integrite physique (maintien de la stabilite et evitement de collision).

Dans le cadre de ce projet, l'equipe cherchera a developper des dispositifs innovants permettant de **modifier en ligne les caracteristiques dynamiques** du robot mobile afin de compenser les fortes perturbations (impacts, pertes de contact, glissement...) auxquelles il est soumis. En effet, afin de stabiliser le systeme, on peut utiliser la distribution des forces inertielles produites par le mouvement des masses des corps ou celles de la pesanteur par la reconfiguration des centres de masse.



Le projet FAST (Fast AutonomouS all-Terrain robot) : regroupant la FR-TIMS, le LAAS, l'ISIR et RoboSoft vise a accroître la rapidite et l'agilite des robots mobiles en terrain accidenté



Le robot Psikharpax en cours de réalisation. Gauche: projet en CAO. Droite: Réalisation physique.

Le projet Psikharpax [2005acIi457] a débuté en 2002. Jusqu'en 2004, il a été financé par le programme interdisciplinaire ROBEA du CNRS. Depuis Janvier 2006, il bénéficie d'un financement de quatre ans, dans le cadre de l'European Integrated Project ICEA (*Integrating Cognition Emotion and Autonomy*).

Les recherches correspondantes visent à produire un rat artificiel, dont la morphologie et le contrôle seront largement inspirés du rat naturel, afin de lui permettre d'exhiber des capacités d'autonomie et d'adaptation outrepassant celles des robots actuels. En effet, sans intervention humaine, ce rat devra être capable de "survivre" dans un environnement inconnu et non préparé par l'Homme, sachant décider quoi faire à tout moment et sachant apprendre quels comportements sont adaptés à la satisfaction de quels buts.

Les objectifs de ce projet sont à la fois fondamentaux et appliqués. D'un côté, il vise à mieux comprendre le fonctionnement du système nerveux du rat et les avantages sélectifs des divers circuits et mécanismes qui concourent à sa survie, grâce à des expériences sur des rats réels en partie suggérées par la modélisation et la simulation de ces mécanismes. Réciproquement, il sera possible de tester la cohérence et la complétude du savoir correspondant en intégrant les circuits et mécanismes en question dans un **animat** pouvant être confronté aux mêmes situations que celles que peut rencontrer un rat réel dans la nature ou en laboratoire. Dans cette perspective, l'AnimatLab collabore étroitement avec le Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action (LPPA) du Collège de France et plusieurs résultats ont été publiés en commun. D'un autre côté, la mise au point d'un robot adaptatif, capable d'autonomie dans le choix de ses buts et de ses actions, présente un intérêt applicatif évident en regard de toutes les situations où un agent artificiel doit **assurer sa « survie » ou accomplir sa mission** sans l'aide de l'homme et dans un milieu imprévisible. De nombreuses autres applications sont naturellement envisageables dans les domaines

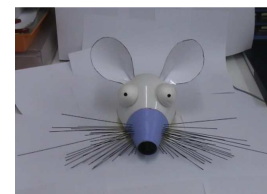
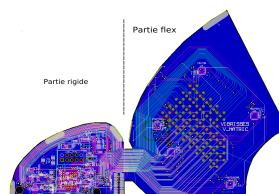
émergents de la robotique domestique et de la robotique de compagnie.

De 2004 à 2007, le projet Psikharpax a concerné 2 chercheurs permanents (Agnès Guillot, Jean-Arcady Meyer) et 7 thésards (Alexandra d'Erfurth, Laurent Dollé, Stéphane Gourichon, Mehdi Khamassi, Loïc Lachèze, Louis-Emmanuel Martinet, Steve Nguyen).

Un robot permettant de démontrer que les objectifs du projet ICEA auront été atteints à la fin 2009 est en cours de finalisation, en collaboration avec plusieurs partenaires de l'équipe SIMA.

Ce robot est équipé d'une tête motorisée, comprenant deux yeux, deux oreilles, deux matrices de vibrisses et une centrale inertielle. Il se déplace au ras du sol mais, dans une version ultérieure, il pourra se redresser et attraper des objets avec ses pattes avant. Le middleware (URBI) permettant de tester isolément ses diverses capacités et de le télé-opérer est en cours de complétion. D'autres informations sur la conception de ce robot sont fournies ailleurs dans ce rapport.

Une plateforme de simulation, élaborée par l'un des partenaires du projet, vise à reproduire les caractéristiques perceptives (modalités visuelles, auditives, haptiques, proprioceptive) et motrices du robot prototype et permet la confrontation de divers contrôleurs à diverses tâches et à divers environnements.



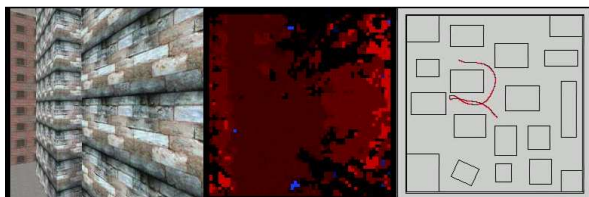
Circuit électronique (Gauche) et implantation biomimétique des vibrisses (Droite). Cet équipement permettra au robot d'éviter les obstacles, de distinguer des textures et de reconnaître des objets, même de nuit.

Ainsi, plusieurs contrôleurs neuronaux inspirés de l'anatomie et de la physiologie de structures nerveuses comme l'hippocampe, les ganglions de la base et le cortex préfrontal ont été testés au moyen de cette plateforme et ont démontré leur aptitude à assurer les capacités de navigation, de sélection de l'action et de planification garantissant l'autonomie et l'adaptation de Psikharpax [2005acli387, 2006acti427]. Ces contrôleurs sont en cours d'implémentation sur le robot réel.



Vue du simulateur permettant de tester les diverses architectures de contrôle biomimétiques développées dans le projet Psikharpax

Robur



Expérience d'évitement d'obstacles sur un hélicoptère simulé. A gauche: vue caméra embarquée, au centre: flux optique calculé, à droite: trajectoire correspondante en vue de dessus (point de départ en haut)

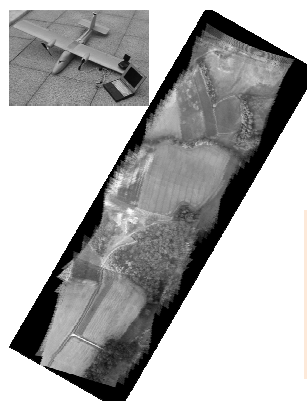
Le projet ROBUR s'intéresse à la conception d'un oiseau artificiel, autrement dit d'un robot autonome à ailes battantes. Cet objectif implique de s'intéresser à différentes capacités liées à l'autonomie de ce type de plateforme.

La première capacité correspond à l'évitement des obstacles. Les **plateformes volantes** peuvent difficilement reposer sur des capteurs « standards », de type infrarouge, laser ou ultra-son, du fait de leur encombrement, de leur masse ou de leur consommation. Pour ces raisons, nous nous sommes orientés vers une modalité visuelle et avons utilisé les informations fournies par le flux optique pour implémenter une stratégie d'évitement des obstacles latéraux basée sur l'**équilibre des mouvements perçus** à droite et à gauche. Cette stratégie a été rendue robuste aux rotations de la plateforme de par la prise en compte d'informations inertielles. Une deuxième stratégie permet de détecter l'imminence d'une collision frontale et de déclencher un réflexe d'évitement d'urgence. Ces deux stratégies ont été implémentées et testées en simulation sur un drone à voilure fixe ainsi que sur un drone à voilure tournante [2004acti464, 2005acli465]. Associée à un système de régulation de vitesse, elles ont permis à un drone de type hélicoptère de voler dans des environnements d'encombrement varié sans collision. Ces travaux doivent être testés sur drone réels et seront poursuivis sur des **capteurs omnidirectionnels non centraux**.

La seconde capacité correspond à la capacité à se localiser et à construire une carte de son

environnement (problématique du SLAM : Simultaneous Localisation and Mapping). Nous avons abordé cette problématique en 2D sur un drone à voilure fixe, volant à altitude constante avec une caméra ventrale. L'**algorithme de SLAM** utilisé permet de localiser le drone et de construire une mosaïque de l'environnement uniquement à partir des informations issues du système de localisation. Des fermetures de boucle ont pu être réalisées sur un dirigeable d'intérieur, permettant ainsi de réduire fortement l'incertitude liée à chacun des amers visuels enregistrés [2006acti340].

Dans le cadre des travaux sur la robotique évolutionniste, nous nous sommes également intéressés à l'exploitation des courants aériens pour économiser l'énergie d'un drone à voilure fixe ainsi qu'à la **commande du vol battu** avec des ailes articulées et au lien entre la morphologie et la commande, voir la description de la partie « robotique évolutionniste » du groupe « autonomie et adaptation » pour plus de détails .



Exemple de mosaïque générée par l'algorithme de SLAM 2D sur un drone avion.

Les travaux réalisés dans le cadre du projet ROBUR ont pour l'instant porté essentiellement sur les aspects autonomie et adaptation, cependant, de premières publications avec des membres d'autres groupes ont été présentées à des colloques internationaux sur des aspects commande pour la stabilisation d'un quadri-rotor destiné à servir de plateforme expérimentale [2007acti735] et sur la structure mécanique d'un mécanisme de battement d'ailes [2007acti733].

Des **plateformes robotiques** sont et resteront associées à chacune des thématiques pour faire avancer la recherche fondamentale avant toute intégration. Cependant, dans la lignée des projets actuels, les projets transversaux auront pour but de favoriser et de développer les liens intergroupes. Le processus de regroupement a déjà conduit à de

premiers travaux communs dans le cadre de chacun de ces projets, et cette tendance sera amenée à s'intensifier dans les années à venir. Pour ce faire, les projets fédérateurs actuels évolueront d'un découpage essentiellement historique vers un découpage influencé par les verrous scientifiques identifiés lors des premières tentatives d'intégration.

Fiche signalétique

Effectifs du groupe en octobre 2007

- ➔ E/C permanents :
 - **Faïz BEN AMAR**, Maître de conférences, 60^{ème} section, UVSQ
 - **Ryad BENOSMAN**, Maître de Conférences, HDR, 61^{ème} section, UPMC ;
 - **Jean DEVARS**, Professeur, 61^{ème} section, UPMC ;
 - **Stéphane DONCIEUX**, Maître de conférences, 27^{ème} section, UPMC
 - **Bruno GAS**, Maître de Conférences, HDR, 61^{ème} section, UPMC ;
 - **Christophe GRAND**, Maître de conférences, 60^{ème} section, Paris 11
 - **Agnès GUILLOT**, Maître de Conférences, HDR, 69^{ème} section, Paris X.
 - **Sio-Hoi IENG**, Maître de Conférences, 61^{ème} section, UPMC ;
 - **Frédéric PLUMET**, Maître de conférences, 61^{ème} section, UVSQ
- ➔ Emérite : **Jean-Arcady MEYER**, Directeur de Recherche Emérite CNRS
- ➔ Doctorants :
 - **Adrien ANGELI** – Allocataire DGA
 - **Guillaume BESSERON**
 - **Nicolas BRENER**
 - **Ehsan Ali BURIRO** – Bourse du gouvernement Pakistanais (à partir du 10/2007)
 - **Richard CHANG** – ATER
 - **Charlie COUVERTURE** – Allocataire MESR
 - **Thibaud DEBAECKER** – Allocataire MESR
 - **Laurent DOLLE** – Allocataire contrat
 - **Loïc LACHEZE** (projet ICEA)
 - **Vincent GUITTENY** (CIFRE Thales).
 - **Damien LHOMME DESAGES** – Allocataire MENSr
 - **Eric LUCET** – Bourse CIFRE RoboSoft (depuis 10/2006)
 - **Louis-Emmanuel MARTINET** – Allocataire MESR
 - **Jean-Baptiste MOURET** – Allocataire MESR
 - **Steve N'GUYEN** – Allocataire CIFRE
 - **Nino PERES** – Allocataire CIFRE
 - **Miguel RAMIREZ**, - Bourse du gouvernement Mexicain (Oct. 2007)
 - **Mehdi REGUIGNE-KHAMASSI** – Allocataire MESR.

Thèses et habilitations soutenues en 2004-2007

- ➔ **Ryad BENOSMAN**, Habilitation à diriger des recherches, UPMC, octobre 2006.
- ➔ **Jérôme DOURET**, Doctorat de l'UPMC, avril 2004.
- ➔ **Jonathan FABRIZIO**, Doctorat de l'UPMC, décembre 2004.
- ➔ **Bruno GAS**, Habilitation à diriger des recherches, UPMC, novembre 2005.
- ➔ **Christophe GRAND**, Doctorat de l'UPMC, décembre 2004
- ➔ **Benoit HENNION**, Doctorat de l'UPMC, juillet 2006.
- ➔ **Sio-Song IENG**, Doctorat de l'UPMC, novembre 2004.
- ➔ **Raphaël LABAYRADE**, Doctorat de l'UPMC, Janvier 2004.
- ➔ **Frédéric LE MENN**, Doctorat de l'UPMC, octobre 2007
- ➔ **Stéphane GOURICHON**, Doctorat de l'UPMC, 2004.
- ➔ **Gabriel ROBERT**, Doctorat de l'UPMC, 2005.

Projets labellisés en cours

Acronyme	Début Fin	Financement (subvention ISIR)	Partenaires académiques (porteur en gras)	Personnels ISIR (responsable en gras)
FAST	2008 ↓ 2010	ANR	FR-TIMS/CEMAGREF , LAAS UPR8001, ISIR FRE2507, Robosoft SA	F. Ben Amar , C. Grand, F. Plumet, R. Benosman, S. Ieng, E. Lucet
ASAROME	2008 ↓ 2010	ANR	Robosoft SA , ISIR FRE2507, LMF (laboratoire de Mécanique des Fluides) UMR 6598, IJLRA (Institut Jean Le Rond d'Alembert UMR7190, IFN (Institut Français de Navigation)	F. Plumet , R. Benosman, B. Gas, S. Ieng, C. Grand
PARMA	2007 ↓ 2008	BQR-P6	ISIR FRE2507	C. Grand , R. Benosman, B. Gas, E. Lucet, S. Ieng
ICEA	2006 ↓ 2009	Européen IST	Skövde Cognition and AI Lab (Univ. Skövde), LPPA (Collège de France), Lab. of Artificial Life and Robotics (Rome), Adaptive Behavior Research group (Univ. of Sheffield), Intelligent Autonomous Systems Lab (Univ. of Bristol), Computational Neuroscience Group (Budapest), Autonomous Systems Lab. (Univ. Politecnica Madrid), ISIR	J.- A. Meyer , A. Guillot, C. Grand, B. Gas, R. Benosman
CATOPSYS	2007 ↓ 2009	ANR-RIAM	ERIM(Equipe de Recherche en Imagerie Médicale) INSERM ERI 14 , LAIC(Laboratoire d'Algorithmique et Image de Clermont), LIL(Laboratoire d'Informatique du Littoral), ISIR, Allegorithmic, SCROME	R. Benosman , S. Ieng
SEAONLINE	2006 ↓ 2009	Contrat Industriel (200k€)	Sea on line , ISIR	Jean Devars

FAITS MARQUANTS

La genèse de l'ISIR

2004-2007 : 4 ans de gestation, puis de création et de structuration de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique. Quelques dates :

En **Juillet 2005**, après plusieurs mois de discussions et de réflexions dans les unités, les chercheurs du LRP, de l'AnimatLab ainsi qu'une partie de ceux du LISIF entreprennent la rédaction commune d'un dossier de demande de reconnaissance.

- La visite, dans les locaux du LRP au CEA-FAR, du comité d'évaluation a lieu en **février 2006**. Les experts scientifiques émettent un avis « très favorable ». Le comité national (section 7) du CNRS suivra leur avis.
- Conséquence : la création officielle de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique comme unité de l'UPMC associée au CNRS (FRE 2507) est effective le **1^{er} janvier 2007**.
- Le **2 Avril 2007**, avec l'élection du Conseil de Laboratoire, l'ISIR est pleinement lancé et peut travailler à ses deux principaux chantiers : la mise en place de sa politique scientifique et le regroupement géographique des chercheurs. Sur ce dernier point, plusieurs pistes sont lancées et le **2 septembre 2007**, l'EPA Jussieu confirme par écrit l'attribution à l'ISIR de la Pyramide anciennement occupée par la scolarité de Paris 7. Une deuxième naissance pour le laboratoire.



43 thèses et habilitations (**37** et **6**, respectivement) ont été soutenues au cours des quatre dernières années. Pour la formation des doctorants, l'ISIR s'appuie, sur **2** écoles doctorales : Systèmes Mécaniques, Acoustiques et Electroniques (**SMAE**) et Informatique et Télécommunications (**EDITE**).

43

Manifestations Scientifiques

- Dernier acte du programme CNRS **Robéa** en avril 2006 : 120 participants assistent à la présentation des résultats des divers programmes labellisés. Une manifestation organisée par l'ISIR au siège du CNRS à Paris.
- L'école d'été **IEEE-RAS/IFRR School of Robotics Science on Haptic Interaction** est organisée par V. Hayward et J. Hollerbach à Paris en Septembre 2006. C'est pour l'UPMC l'occasion d'accueillir 35 doctorants venant de 14 pays. l'ISIR participe très activement à la mise en place des cours, des sessions de projet et du colloque public associé.



- Octobre 2006 : **IARP - IEEE/RAS - EURON Joint Workshop on MICRO & NANO ROBOTICS**, organisé par l'ISIR, a accueilli au siège du CNRS à Paris 80 chercheurs des domaines de la micro-robotique, en provenance de 12 pays.
- Ce sont enfin 40 chercheurs d'une quinzaine de nationalités différentes qui ont participé au congrès **NOLISP'07 – ISCA Tutorial and Research Workshop on Nonlinear Speech Processing**, accueilli par l'UPMC et organisé par l'ISIR en mai 2007.

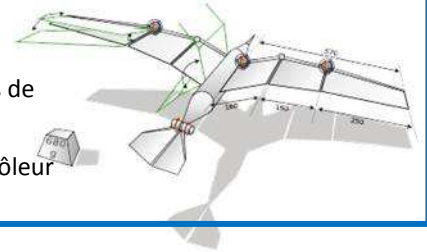
Expériences remarquables



- ➔ 15 Juin 2006 : au Centre de **Protonthérapie** d'Orsay – Institut Curie, un dispositif de positionnement robotique conçu par les chercheurs de l'ISIR permet de traiter une patiente atteinte d'un cancer du cerveau, avec plus de fiabilité et de rapidité qu'auparavant..
- ➔ Juin-Juillet 2007 : pendant 5 semaines, le système **MONIMAD** pour l'assistance à la rééducation de la verticalisation et de la marche est utilisé en évaluation pré-clinique à l'unité de réhabilitation fonctionnelle de l'hôpital Belland. Les 12 patients cérébelleux attestent de la nature très intuitive de l'interaction et de l'utilité de la machine.

➔ Premiers « pas » :

- **Hylos 2** fait ses premiers tours de roue en Juin 2005. Doté de quatre pattes articulées au bout desquelles sont placées des roues, il démontre ses capacités de franchissement remarquables.
- Janvier 2005 : l'oiseau virtuel **Robur** prend son premier envol, grâce à un contrôleur qu'il a lui-même créé sur la base d'algorithmes évolutionnaires.



Formations

- ➔ Le passage au **LMD** s'opère dans toute l'Université en septembre 2004. Les enseignants chercheurs de l'ISIR mettent en place deux parcours autour de la robotique dans la Mention Sciences de l'Ingénieur :
 - **Robotique et Systèmes Intelligents**, au sein de la composante Electronique ;
 - **Robotique et Productique** au sein de la composante Mécanique.
- ➔ Mai 2006 : La commission du titre d'ingénieur accède à la demande de **Polytech'Paris-UPMC**. Une nouvelle spécialité, baptisée Robotique, est créée. C'est la première portant ce label en France.



43 C'est l'âge moyen des personnels permanents de l'ISIR. Un effectif jeune, qui s'est renforcé au cours du dernier quadriennal

par **9** nouvelles embauches (**5** Maîtres de Conférences, **2** Professeurs, **2** ITA) pour seulement 1 départ ITA.

Le fort soutien de l'UPMC s'intensifie avec la création officielle de l'ISIR et grâce au développement de nouvelles formations, puisque **4** postes d'enseignants-chercheurs paraîtront au mouvement 2008

15 C'est le nombre de projets labellisés par l'ANR, le RNTS et le RNTL auxquels a participé l'ISIR entre 2004 et 2007. Les programmes les plus sollicités sont ceux de la robotique (PSIROB, 6 projets) et les technologies pour la santé (TECSAN, ex-RNTS, 6 projets).

3 projets ANR sont portés par un chercheur de l'ISIR.

Grand public

- ➔ Tous les ans, l'ISIR participe activement à la **fête de la science** par :
 - Une exposition de 3 jours des travaux et réalisations expérimentales.
 - Des **ateliers de Robotique** pour les enfants de 6 à 14 ans
- ➔ **Noël 2004**. Les chercheurs du projet Hylos participent à l'opération « un chercheur – une manip », au **Palais de la découverte à Paris** : les visiteurs, nombreux en cette période de fête, peuvent dialoguer avec les chercheurs qui font tourner les démonstrations de leur travail.



FORMATIONS ASSOCIEES A L'ISIR

Formations de Master

Une offre de formation spécifique à la Robotique et aux Systèmes Intelligents a été mise en place par les enseignants-chercheurs de l'ISIR en 2004 dans le cadre de la réforme LMD.

Cette offre se décline selon 2 spécialités pluridisciplinaires différentes de la mention de **Science de l'Ingénieur des Masters de l'UPMC** :

- ➔ La première est principalement encrée sur la Mécanique. Elle propose quatre parcours-type (1) Robotique, (2) Productique, (3) Mécatronique et (4) Ingénierie pour le vivant qui accueillent tous les ans une quarantaine d'étudiants dans le cadre de sa co-habilitation avec l'ENS-Cachan et l'ENSAM-Paris.
- ➔ La seconde est centrée sur l'étude des signaux et systèmes, des sciences de l'image et de la robotique. Elle accueille chaque année une quarantaine d'étudiants répartis dans trois parcours : (1) Robotique et Systèmes Intelligents, (2) Traitement du signal et (3) Imagerie Industrielle (formation par apprentissage en partenariat avec le CFA UPMC).

Au total, plus de 70 étudiants par an sont donc diplômés d'un Master Sciences de l'Ingénieur de l'UPMC dans le domaine de la Robotique et des Systèmes Intelligents.

Les débouchés de ces spécialités se situent majoritairement dans les secteurs Recherche et Développement ou Production de nombreuses entreprises concernées par les systèmes intelligents et les machines robotisées.

Environ un quart des diplômés de ces spécialités poursuivent ensuite en doctorat, à l'ISIR pour quelques-uns d'entre eux (4 par an en moyenne sur ces quatre dernières années) mais aussi dans beaucoup d'autres laboratoires et entreprises (6 convention CIFRE en moyenne par année).

Les chercheurs de l'ISIR participent également à la spécialité Intelligence Artificielle et Décision du Master d'informatique de l'UPMC.

Formation d'Ingénieurs

Une formation d'ingénieurs diplômés spécialistes en Robotique (la première portant ce label en France) a été habilitée par la commission des titres d'ingénieurs et ouverte en 2006 au sein de l'Ecole Polytechnique Universitaire Pierre et Marie Curie. Cette spécialité constitue donc une offre originale dans le panorama des formations d'ingénieurs en France : assise principalement sur la Mécanique, elle est située au carrefour de la modélisation des systèmes, de la simulation temps-réel, des systèmes mécatroniques, et de la commande. L'objectif affiché de la spécialité Robotique est de former des ingénieurs pluridisciplinaires, dont le profil est adapté aux besoins spécifiques des entreprises en matière d'innovation, de développement et d'exploitation de systèmes mécaniques et robotiques.

L'originalité de la formation est accentuée par les enseignements des deux options :

- ➔ L'option **Systèmes Interactifs** prépare à une insertion professionnelle dans le domaine des systèmes de simulation temps réel et de la réalité virtuelle.
- ➔ L'option **Systèmes Mécatroniques pour la Santé** sensibilise les élèves ingénieurs aux spécificités techniques et légales de ce secteur d'activité.

L'effectif actuel d'une promotion est de 24 élèves, et devrait être porté à une quarantaine dans le courant du prochain quadriennal.

La formation par la recherche est l'une des tâches essentielles de l'ISIR. Une quarantaine de doctorants sont présents en moyenne chaque année dans l'unité, auxquels s'ajoutent des doctorants CIFRE (une dizaine) également encadrés par les chercheurs de l'ISIR.

L'ISIR est rattaché à deux écoles doctorales de l'UPMC : SMAE (Système Mécanique Acoustique et Electronique) et EDITE (Ecole Doctorale Informatique Télécommunications et Electronique). Les deux écoles sont fédérées au sein de **l'Institut de Formation Doctorale de Paris 6** dont le rôle est entre autre d'offrir un complément de formation aux doctorants tout au long de leur cursus qui conduit à la thèse et de faciliter l'insertion professionnelle des docteurs en les aidant à bâtir leur projet personnel, à exposer et à valoriser les résultats de leurs recherches.

L'ISIR forme annuellement une douzaine de docteurs qui s'orientent dans des proportions équilibrées vers le milieu académique et le milieu industriel.

L'ISIR accueille de très nombreux stagiaires (une cinquantaine par an) dans le cadre de stages de Master (1^{ère} et 2^{ème} années), d'Ecoles l'Ingénieurs ainsi que d'IUT.

Des collégiens en stage d'observation sont également accueillis régulièrement dans l'unité.

INSERTION NATIONALE ET INTERNATIONALE

Le positionnement de l'ISIR au plan local, national et international est très marqué par la nature fortement pluridisciplinaire des activités de recherches qui y sont conduites. En particulier, l'ISIR occupe une position singulière dans le panorama national de la recherche en Robotique et Systèmes Intelligents en ceci qu'il regroupe dans des proportions comparables des chercheurs en Mécanique, Informatique et Signal/Image.

La structuration des activités scientifiques de l'ISIR s'est beaucoup appuyée sur la labellisation de projets en partenariats, à travers :

- les programmes locaux, comme les financements sur BQR de la Direction de la Recherche de l'UPMC favorisant les interactions entre composantes de l'Université,
- les programmes nationaux ROBEA (P.I.R. CNRS) en 2001-2004, puis l'ANR depuis sa création, permettant les recherches en réseau au plan national,
- les programmes européens du 6^{ème} et du 7^{ème} PCRD pour la mise en place de collaborations internationales.

De ce fait, une proportion très élevée des actions de recherches de l'ISIR est entreprise dans un cadre partenarial.

De plus, les thématiques de recherches se trouvent naturellement en bonne adéquation avec les politiques scientifiques des divers organismes institutionnels de soutien. C'est ainsi que s'est opéré le choix de concentrer ces travaux autour de thématiques particulières et de constituer des équipes d'excellence relativement spécialisées en manipulation assistée pour la chirurgie et le handicap moteur, micro biomanipulation, perception et représentation du mouvement, modélisation et commande du mouvement humain, conception et commande de robots adaptatifs, apprentissage des processus adaptatifs fonction bio-mimétique.

L'ISIR dans son environnement local

Les équipes de l'ISIR associent des chercheurs de plusieurs domaines des Sciences de l'Ingénieur de l'Information (mécanique, automatique, traitement du signal, informatique). Ce processus volontariste d'association pluridisciplinaire autour de projets sera très certainement favorisé au sein de l'unité du fait de la création récente de l'UFR d'Ingénierie à Paris 6 à laquelle l'ISIR est rattaché.

Ces équipes disposent d'un environnement très favorable au sein de l'UPMC et plus largement en Ile de France pour structurer des partenariats et des collaborations de recherche.

A l'échelle de **l'UFR d'ingénierie**, tout d'abord, nous avons des travaux conjoints avec le LIP6 (Laboratoire d'Informatique de Paris 6) et l'IJLRA (Institut Jean Le Rond d'Alembert).

Au sein de l'Université, nous développons plusieurs projets de recherche avec des équipes médicales et des biologistes, à travers notamment le Plan-Pluri-Formations « Robotique et Neurosciences » et plusieurs BQR de l'UPMC qui ont été obtenus ces dernières années. Des liens forts sont établis avec les chirurgiens de **l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière**.

Au niveau régional, nous avons établi un certain nombre de partenariats privilégiés avec des acteurs locaux et nationaux au premier rang desquels le CEA/LIST/DTSI, le LPPA (Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action), ou l'école de chirurgie de l'APHP.

Nous entretenons depuis plus de 4 années maintenant des **relations de travail très étroites avec les roboticiens du CEA/LIST** sur plusieurs sujets. L'un des tous premiers apports dans cette collaboration réside dans l'adossement mutuel entre recherche académique et recherche technologique. Plusieurs résultats viennent matérialiser les retombées de cette collaboration qui a fait l'objet de plus d'une trentaine d'articles et communications et d'une dizaine de thèses co-encadrées (5 sont actuellement en cours)

Nos collaborations avec le **LPPA** sont également très fructueuses. Elles ont permis de donner une véritable profondeur aux travaux que nous menons en robotique bio-mimétique notamment pour ce qui relève des mécanismes de sélection d'actions et de représentation de l'espace pour la navigation autonome de robots. Plusieurs thèses en co-tutelle avec des chercheurs du LPPA sont en cours.

Collaborations nationales et internationales

Les chercheurs de l'ISIR participent très activement à l'animation de la recherche au plan national (à travers notamment l'organisation de journées et séminaires dans le cadre par exemple des Journées Nationales de la Recherche en Robotique, le GDR-Robotique, etc ...) et international (participation à de nombreux comités de lecture dans des revues et conférences internationales).

Nous avons organisé plusieurs congrès internationaux ces dernières années dans le domaine de l'Intelligence Artificielle (SAB'04 et SAB'06 : *Simulation of Adaptive Behavior : from animals to animats*), de la micro-robotique (IARP-Micro-Nano 06), le traitement de la parole (NOLSIP 07),

La conférence Handicap 2006, organisée par l'Institut Fédératif de Recherche sur les Aides Techniques pour Personnes Handicapées, était présidée par un membre de l'ISIR.

Les membres de l'ISIR participent à des titres divers à plusieurs organisations savantes internationales comme la société IEEE, l'IFTOMM, l'IARP. Deux sociétés savantes internationales ont été créées par les membres de l'ISIR (*International Society for Adaptive Behavior* et *International Society for Artificial Life*) ainsi qu'une revue internationale.

L'ISIR échange des chercheurs et développe une activité de recherche et de publication en commun avec de nombreuses équipes étrangères, ce qui contribue naturellement à son assise et à son rayonnement international. Ces échanges ont aussi conduit à la création par l'UPMC et le CNRS d'une Chaire Internationale pour le développement au sein de l'ISIR d'une équipe de recherche de niveau international dans le domaine de l'haptique.

Valorisation

Les équipes de l'ISIR ont traditionnellement des relations contractuelles importantes avec des industriels comme : PSA, SAGEM, THALES R&D, France Telecom R&D, EDF R&D, DGA/SPART, CNES, Bouygues TP, ...

Des actions de valorisation de nos travaux sont régulièrement réalisées avec des PME/PMI comme Robosoft, Fort Imaging System, Collin ORL, Endocontrol, Koelis, Haption, GOSTAI, ... Celles-ci ont conduit au dépôt de brevets et à la création de plusieurs produits. Des logiciels sont aussi concernés comme les plates-formes SFERES et ARBORIS.

A noter que nos relations avec les PME sont facilitées par le Centre de Robotique Intégrée d'Ile de France (CRIIF). Ce dernier constitue un relais de diffusion important de la production scientifique. Il sert aussi à amplifier l'activité par la valorisation et le transfert.

Le CRIIF est un Centre de Ressources Technologiques (CRT Robotique d'Ile de France, membre du réseau de diffusion technologique <http://www.idf-tech.net/>) installé dans les mêmes locaux que l'ISIR. Ses missions essentielles sont d'ouvrir les compétences des laboratoires publics au monde économique, transférer des résultats de recherche, créer des dynamiques de collaboration pour la création de projets ou d'activités d'innovation en particulier dans le domaine des systèmes robotiques et mécatroniques.

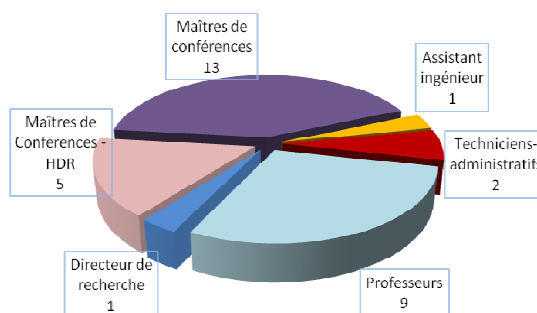
MOYENS HUMAINS ET BUDGET

Personnels

Une des caractéristiques principales des personnels de l'ISIR est la jeunesse (43 ans de moyenne d'âge chez les personnels permanents). Ceci est le résultat d'un **recrutement très actif** réalisé au cours du dernier quadriennal, puisque 8 postes frais ont été créés par l'UPMC : 5 Maîtres de Conférences, 2 Professeurs, et 1 IATOS. S'ajoute un poste d'ITA du CNRS venu remplacer un départ à la retraite. Au mouvement 2008, une chaire internationale UPMC-CNRS et 4 postes frais d'E/C (1 Prof., et 3 MdC) viendront dynamiser encore l'effectif. A noter que 6 habilitations ont été soutenues au cours du dernier quadriennal, ce qui traduit la forte représentation des trentenaires très actifs en recherche dans la cohorte des Maître de Conférences.

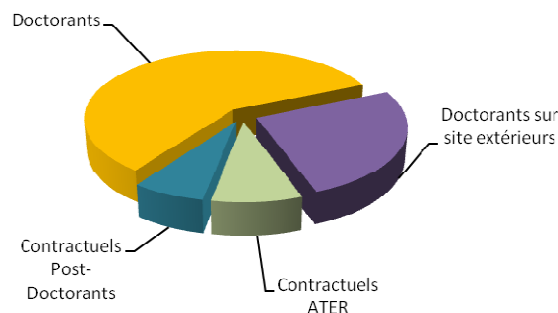
Personnels permanents au 1^{er} octobre 2007

Enseignants chercheurs	27
Professeurs	9
Maîtres de Conférences HDR	5
Maîtres de Conférences	13
Chercheurs	1
Directeur de recherche	1
Ingénieurs, techniciens, administratifs	3
Assistant ingénieur	1
Techniciens-administratifs	2
TOTAL	31



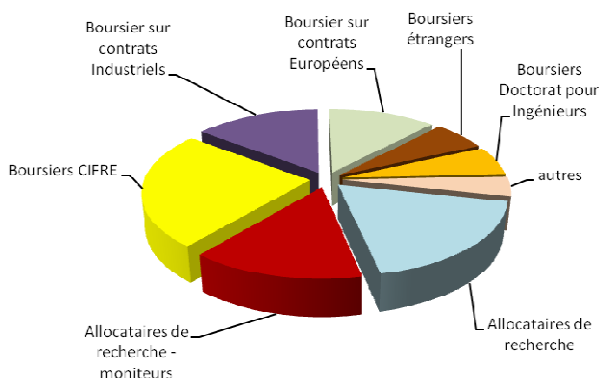
Du côté des personnels non permanents, le nombre de doctorants est en moyenne d'une quarantaine, ce qui correspond à une douzaine de thèses soutenues par an. De plus, l'obtention de ressources financières sur projets, notamment en provenance de l'ANR, a permis de mener une politique active de recrutement de postdoctorants, très profitable par le brassage des cultures scientifiques qu'il induit dans le laboratoire.

Une liste complète des membres de l'ISIR est disponible en annexe à la fin de ce document.



Personnels non statutaire au 1^{er} octobre 2007

Post-Doctorants	9
Contractuels ATER	5
Contactuels PostDoc Recherche	4
Doctorants	49
Allocataires du Ministère	9
Allocataires – Moniteurs	8
Boursiers CIFRE	12
Boursiers sur contrat industriel	7
Boursiers sur projets européens	5
Boursiers étrangers & autres	5
BDI	3
TOTAL	58



Le budget total annuel de l'ISIR (crédits budgétaires et ressources propres) s'est élevé sur ces 2 dernières années à respectivement 760.000 euros et 1,3 million d'euros TTC

Les tableaux ci-dessous précisent la ventilation de ces budgets sur les différentes sources de financement : crédit d'état, subventions de recherche, contrats industriels, subventions régionales et contrats européens.

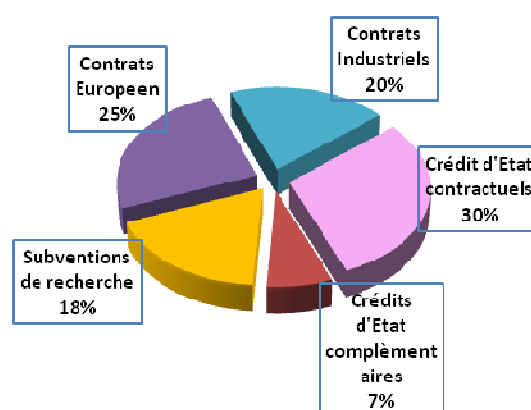
Le coût de l'ensemble des salaires annuels bruts (hors conventions CIFRE) pour l'ensemble des personnels de l'unité représente environ 3 millions d'Euros. Le budget annuel consolidé pour l'unité s'élève en moyenne à environ 4,5 millions d'Euros.

Les investissements matériels ont représenté en 2006 120.000 Euros TTC et en 2007 ils seront supérieurs à 300.000 Euros. Ils reposent pour une partie importante sur les crédits du plan pluri-formation 2004-2008 ainsi que sur les crédits de jouvence accordés à l'unité par le ministère de la recherche pour son installation sur le campus Jussieu.

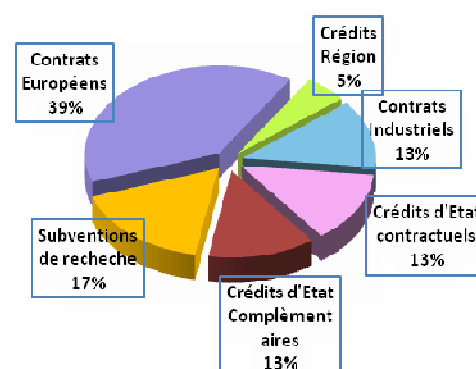
L'évolution en volume du budget de l'unité est pour une bonne part due au nombre important des conventions de recherche en particulier avec l'ANR mais aussi la Communauté Européenne.

Il est à noter que la part des salaires pour les chercheurs contractuels représente en 2007 environ 320.000 Euros.

SOURCES DE FINANCEMENT 2006	Budget en k€	%
Crédits d'Etat contractuels	214,00	30,0%
Crédits d'Etat Complémentaires	50,56	7,1%
Subventions de recherche	128,90	18,1%
Contrats Européens	179,63	25,2%
Crédits Région	0,00	0,0%
Contrats Industriels	139,94	19,6%
TOTAL	713,03	100,0%



SOURCES DE FINANCEMENT 2007	Budget en k€	%
Crédits d'Etat contractuels	226,44	13,1%
Crédits d'Etat Complémentaires	225,00	13,0%
Subventions de recherche	292,29	16,9%
Contrats Européens	677,12	39,2%
Crédits Région	90,00	5,2%
Contrats Industriels	216,17	12,5%
TOTAL	1 727,02	100,0%



MOYENS TECHNIQUES

Les équipements techniques dont dispose l'unité se décomposent en trois catégories.

- les moyens informatiques et les logiciels de recherche
- les équipements et prototypes de laboratoire
- les équipements mi-lourds regroupés autour de plates-formes et les machines-outils.

Moyens Informatiques et logiciels de recherche

Pour les postes de travail et des logiciels de recherche, l'unité dispose d'environ 80 stations de type PC adaptées aux besoins du travail au bureau et en déplacement. Le choix Windows / Linux est laissé à la discrétion des utilisateurs. Ces ordinateurs sont renouvelés régulièrement pour tenir compte de l'évolution des technologies.

Une part importante de ces ordinateurs est équipée du logiciel Matlab ou SCILAB.

Les logiciels ADAMS, Solidworks, Maple, Visual C++, sont également mis à disposition des chercheurs et stagiaires du laboratoire. Nous disposons par ailleurs d'un certain nombre de logiciel spécifiques comme URBI, MSRS, Matrox-MIL, COMSOL, MOE, etc ...

Equipements et prototypes de laboratoires

Les équipements de recherche sont notamment constitués par :

- des capteurs et moyens de mesure : 6 capteurs d'efforts 6 composantes ATI
- des appareils d'électronique : générateurs de fonctions, alimentations de puissance
- des bancs de mesures pour les interactions roue/sol et du travail des membres supérieurs
- un locomètre et un capteur de la cinétique posturale
- des interfaces: deux bras haptiques de type virtuose 3D, un oculomètre
- des systèmes de vision : système multi-caméra, caméras rapides,
- des robots manipulateurs : un robot 6 axes Stäubli TX40, un robot Scara IBM 8586
- des prototypes : le robot MoniMAd, les robots HylosI et HylosII, un robot mobile rapide, un robot compact de chirurgie endoscopique, un drone à ailes battantes et plusieurs drones à voilure tournante.

Atelier de prototypage

L'activité expérimentale soutenue du laboratoire s'appuie beaucoup sur des moyens de prototypage internes, et notamment un atelier mécanique géré par Alain Testa.

- Plusieurs tours et fraiseuses et perceuses de formats différents, les plus légers d'entre eux étant accessibles aux doctorants qualifiés (ceux formés dans le domaine de la technologie mécanique).
- Des moyens de prototypage et de mise au point électronique incluant une machine de gravure mécanique des circuits imprimés, et deux paillasses d'électronique entièrement équipées.
- une étuve réfrigérée et un four.

Nous développons depuis plusieurs années maintenant une politique de plates-formes destinées à favoriser les collaborations multi-disciplinaires au sein de l'unité ainsi qu'avec nos partenaires.

Au-delà, ces plates-formes constituent des instruments de mise en perspective et de valorisation de nos travaux. Elles sont actuellement au nombre de cinq.

1. **plate-forme de robotique chirurgicale.** Organisée autour d'une maquette de bloc opératoire (table de chirurgie, une colonne d'endoscopie, moyens d'imagerie notamment échographique, fantômes anatomiques), elle intègre à la fois des technologies existantes sur le marché (robot porte endoscope Viky, localisateur optique Polaris, localisateur magnétique MiniBird), des prototypes d'évaluation des recherches (MC2E, instruments dextres, cathéters actifs, etc) et des constituants technologiques pour l'interfaçage (occulomètre, bras haptiques).

L'élaboration de cette plate-forme a été favorisée initialement par le soutien du CNRS/STIC (certains des matériels sont partagés entre plusieurs laboratoires du domaine) son enrichissement se poursuit actuellement grâce notamment à des collaborations avec les sociétés Endocontrol et Koelis et sert de base à l'élaboration d'un partenariat étroit avec les chirurgiens du service d'Urologie de l'hôpital de la Pitié Salpêtrière.

2. **plate-forme « Mouvement & Handicap »** pour l'exploration du mouvement humain. Cette dernière intégrera à terme un ensemble des moyens de stimulation physique et visuelle ainsi que des outils de mesure et d'analyse du mouvement chez l'homme. Son développement a débuté seulement en 2007 et doit se poursuivre dans les années qui viennent.

La finalité principale de cette plate-forme de recherche est de mettre au point un ensemble de dispositifs pour parvenir à mieux comprendre certains mécanismes régulant les fonctions perceptivo-motrices et/ou cognitives dans le contrôle de systèmes moteurs de la marche, la manipulation, etc.

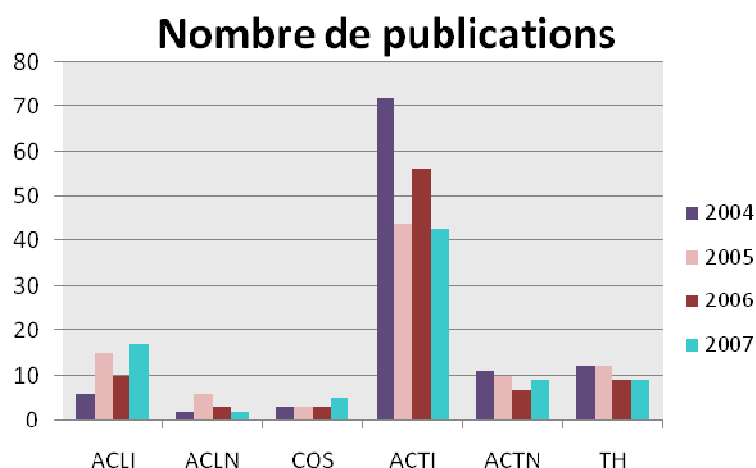
3. **plate-forme « micro-manipulation ».** Cette plate-forme de recherche, unique au plan national, est constituée de plusieurs dispositifs de micromanipulation robotisés sous microscopie optique et AFM, couplée à des moyens de Réalité Virtuelle. Ces dispositifs permettent de réaliser de manière automatique et/ou interactive des manipulations sur des objets isolés de taille comprise en 100 nm et 100 microns. Ces équipements sont mis en œuvre dans une salle grise à environnement contrôlé. Les plates-formes de micromanipulation sont couplées à diverses interfaces haptiques et de réalité augmentée pour faciliter les changements d'échelle entre les micro et macro mondes.
4. Une **plate-forme de robotique mobile tout-terrain** a été intégrée en 2007 sur la base d'un robot RobuRoc6. Cette plate-forme doit notamment permettre de mener des travaux importants dans le domaine de la locomotion à grande vitesse en milieu naturel et la perception multi-modale (vision omnidirectionnelle et perception sonore active).
5. La **plate-forme Psikharpax.** Il s'agit d'une plate-forme de robotique bio-mimétique dont le développement à été initié en 2002 dans le cadre national du projet Robea et qui se poursuit maintenant sous couvert de l'European Integrated Project ICEA (Integrating Cognition Emotion and Autonomy). L'objectif de cette plate-forme est de permettre l'étude expérimentale des mécanismes d'apprentissage et d'adaptation du comportement sur de rats artificiels. Sont intégrés, sur des robots développés au laboratoire, des équipements sensoriels et des algorithmes de contrôle largement inspirés du rat naturel.

BIBLIOGRAPHIE

La liste exhaustive des publications de l'ISIR est donnée dans les pages suivantes. Le classement est fait par catégories de publications, puis par chronologie inverse et enfin par nom du premier auteur.

Le tableau ci-dessous donne le nombre de publications dans les principales catégories. On peut y voir une bonne progression dans les publications en revues, et toujours une forte production en matière de communications dans des conférences internationales avec actes. Ainsi, la présence de l'ISIR dans les principales conférences internationales (IEEE ICRA, IEEE/RSJ IROS, etc.) est l'une des plus fortes des laboratoires français du domaine de la robotique et des systèmes intelligents.

	2004	2005	2006	2007
Articles dans des revues internationales avec comité de lecture (ACLI)	6	15	10	17
Articles dans des revues nationales avec comité de lecture (ACLN)	2	6	3	2
Ouvrages scientifiques (COS)	3	3	3	5
Communications internationales avec actes (ACTI)	72	44	56	43
Communication nationales avec actes (ACTN)	11	10	7	9
Thèses & Habilitations à diriger des Recherches (THDR)	12	12	9	9



Articles dans des revues internationales avec comité de lecture (ACLI)

- [2008acli732] de Margerie, E., Mouret, J.-B., Doncieux, S., et Meyer, J.-A. (2008). Artificial evolution of the morphology and kinematics in a flapping-wing mini UAV. *Bioinspiration & Biomimetics*. (to appear).
- [2007acli617] Achard, C., Qu, X., Mokhber, A., et Milgram, M. (2007). A novel approach for recognition of human actions with semi-global features. *Machine Vision and Applications*. à paraître.
- [2007acli666] Ben Amar, F., Andrade, G., Grand, C., et Plumet, F. (2007). Towards an advanced mobility of wheeled robots on difficult Terrain. (3):40–45.
- [2007acli691] Brener, N., Ben Amar, F., et Bidaud, P. (2007). Designing modular lattice systems with chiral space groups. *The International Journal of Robotic Research*. (to appear).
- [2007acli524] Chau, A., Régnier, S., et Lambert, P. (2007). Three dimensional model for capillary nanobridges and capillary forces. *Journal Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.*, 15:305–317.

- [2007acli651] de Sars, V., Haliyo, S., et Szewczyk, J. (2007). A New SMA based Micro-Actuator for Surgical Robotics. *IEEE Transactions on Robotics*.
- [2007acli672] Debaecker, T. et Benosman, R. (2007). Bio-inspired model of visual information codification for localization: from retina to the Lateral Geniculate Nucleus. *Journal of Integrative Neuroscience*, 6(3):1–33.
- [2007acli523] Girot, M., Boukallel, M., et Régnier, S. (2007). A Micro and Nano-force Biomicroscope Device for In Vitro Mechanotransduction Investigation. *IEEE TransACTIon on Instrumentation and Measurement*. Accepté.
- [2007acli440] Landau, S. et Sigaud, O. (2007). A Comparison between ATNoSFERES and LCSs on non-Markov problems. *Information Sciences*. (to appear).
- [2007acli618] Mokhber, A., Achard, C., et Milgram, M. (2007). Recognition of Human Behavior by Space-Time Silhouette Characterization. *Pattern Recognition Letters*. à paraître.
- [2007acli615] Muhammad, S., Prevost, L., Belaroussi, R., et Milgram, M. (2007). Real-time facial feature localization by combining space displacement neural networks. *Pattern Recognition Letters, Special issue on Pattern Recognition in Multidisciplinary Perception and Intelligence*. To appear.
- [2007acli694] Pissaloux, E., Maingreud, F., Velazquez, R., et Fontaine, E. (2007). Concept of the Walking Cognitive Assistance: Experimental Validation. *ASME Int. J. on Advances in Modelling*, 67:75–86.
- [2007acli642] Robertson, J., Jarassé, N., Pasqui, V., et Roby-Brami, A. (2007). Utilisation de robots en rééducation: intérêt et perspectives. *Lettre de Médecine Physique et Réadaptation*, (23):1–9.
- [2007acli525] Sausse-Lhernould, M., Régnier, S., et Lambert, P. (2007). Electrostatic forces in micromanipulations: review of analytical models and simulations including roughness. *Applied Surface Science*, 253:6203–6210.
- [2007acli483] Sigaud, O. et Wilson, S. (2007). Learning Classifier Systems: A Survey. *Journal of Soft Computing*, 11(11):1065–1078.
- [2007acli693] Velazquez, R., Pissaloux, E., Fontaine, E., et Hafez, M. (2007). Vers une aide pour l'interaction avec l'espace pour les déficients visuels basée sur la perception tactile. *JESA (J. Européen des Systèmes Automatisés, N° Spécial « Robotique et Handicap »)*, 41:179–198.
- [2007acli692] Velazquez, R., Pissaloux, E., Hafez, M., et Szewczyk, J. (2007). Tactile Rendering with Shape Memory Alloy Pin-Matrix. *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement*. à paraître.
- [2007acli751] Zemiti, N., Morel, G., Ortmaier, T., et Bonnet, N. (2007). Mechatronic Design of a New Robot for Force Control in Minimally Invasive Surgery. *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, 12(2):143–153.
- [2006acli341] Barate, R., Doncieux, S., et Meyer, J.-A. (2006). Design of a bio-inspired controller for dynamic soaring in a simulated UAV. *Bioinspiration & Biomimetics*, 1:76–88.
- [2006acli727] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2006). Algorithm Fusion for Face Localization. *Journal of Advances in Information Fusion (1)*, (1):27–38.
- [2006acli690] Chapelle, F. et Bidaud, P. (2006). Evaluation functions synthesis for optimal design of hyper-redundant robotic systems. *Journal Mechanism and Machine Theory*, 41(10):1196–1212.
- [2006acli649] Danès, P. et Bellot, D. (2006). Towards an LMI approach to multicriteria visual servoing in robotics. *European Journal of Control*, 12(1):86–110.
- [2006acli506] Gauthier, M., Régnier, S., Rougeot, P., et Chaillet, N. (2006). Forces analysis for micromanipulation in dry and liquid environments. *International Journal of Micromechatronics, special issue on Micro-handling*, 3(3):389–413.
- [2006acli504] Haliyo, S., Dionnet, F., et Régnier, S. (2006). Controlled rolling of micro objects for autonomous micro manipulation. *International Journal of Micromechatronics*, 3(2):75–101.
- [2006acli505] Lambert, P. et Régnier, S. (2006). Surface and contact forces models within the framework of microassembly. *International Journal of Micromechatronics*, 3(2):123–157.

- [2006acIi33] Schramm, F. et Morel, G. (2006). Ensuring Visibility in Calibration-Free Path Planning For Image-Based Visual Servoing. *IEEE Transactions on Robotics*, 22(4):848–854.
- [2006acIi650] Velázquez, R., Pissaloux, E., Hafez, M., et Szewczyk, J. (2006). Towards Low-Cost Highly-Portable Tactile Displays with Shape Memory Alloys, *Applied Bionics and Biomechanics*. ISSN: 1176-2322, 3(4):538–550.
- [2006acIi526] Venture, G., Haliyo, S., Micaelli, A., et Régnier, S. (2006). Force-feedback micromanipulation with inconditionnally stable coupling. *International Journal of Micromechatronics, special issue on Micro-handling*, 3(3):307–327.
- [2006acIi32] Vitrani, M., Nikitckuk, J., Morel, G., et Mavroidis, C. (2006). Torque Control of Electro-Rheological Fluidic Resistive Actuators for Haptic Vehicular Instruments Controls. *Transcation of ASME - Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 18 - 2:216 – 226.
- [2005acIi360] Doncieux, S. et Meyer, J.-A. (2005). Evolving PID-like neurocontrollers for non-linear control problems. *International Journal of Control and Intelligent Systems (IJCIS). Special Issue on nonlinear adaptive PID control*, 33(1):55–62.
- [2005acIi30] Driesen, W., Régnier, S., et Breguet, J. (2005). Micromanipulation by adhesion with two collaborating mobile micro robots. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, (15):259–268.
- [2005acIi387] Girard, B., Filliat, D., Meyer, J.-A., Berthoz, A., et Guillot, A. (2005). Integration of navigation and action selection functionalities in a computational model of cortico-basal ganglia-thalamo-cortical loops. *Adaptive Behavior*, 13(2):115–130.
- [2005acIi414] Gérard, P., Meyer, J.-A., et Sigaud, O. (2005). Combining Latent Learning and Dynamic Programming in MACS. *European Journal of Operational Research*, 160:614–637.
- [2005acIi236] Ieng, S. et Benosman, R. (2005). Geometric Construction of the Caustic Curves for Catadioptric Sensors. *In Imaging Beyond the Pinhole Camera 12th*, Ed Kluwer.
- [2005acIi426] Khamassi, M., Lachèze, L., Girard, B., Berthoz, A., et Guillot, A. (2005). Actor-Critic Models of Reinforcement Learning in the Basal Ganglia: From Natural to Artificial Rats. *Adaptive Behavior, Special Issue Towards Artificial Rodents*, 13(2):131–148.
- [2005acIi36] Maingreud, F., Pissaloux, E., Gelin, R., et Leroux, C. (2005). Towards the understanding of the Obstacle Perception by Visually Handicapped : a Visuo-Tactile Approach. *ASME Int. J. on Advances in Modelling-C*, 65(7/8):1–12.
- [2005acIi457] Meyer, J.-A., Guillot, A., Girard, B., Khamassi, M., Pirim, P., et Berthoz, A. (2005). The Psikharpax Project: Towards Building an Artificial Rat. *Robotics and Autonomous Systems*, 50(4):211–223.
- [2005acIi28] Morel, G., Zanne, P., et Plestan, F. (2005). Robust Visual Servoing : Bounding the Task Function Tracking Errors. *IEEE TCST: Transactions on Control Systems Technology*, 13:998–1009.
- [2005acIi465] Muratet, L., Doncieux, S., Brière, Y., et Meyer, J.-A. (2005). A Contribution to Vision-Based Autonomous Helicopter Flight in Urban Environments. *Robotics and Autonomous Systems*, 50(4):195–209.
- [2005acIi232] Prevost, L. et Oudot, L. (2005). Writer adaptation strategies for on-line text recognition. *ELCVIA (Electronic Letters on Computer Vision & Image Analysis), Special Issue on Document Analysis & Recognition*, 5(2):87–97.
- [2005acIi231] Prevost, L., Oudot, L., Moises, A., Michel-Sendis, C., et Milgram, M. (2005). Hybrid generative/discriminative classifier for unconstrained character recognition. *Pattern Recognition Letters, Special Issue on Artificial Neural Networks in Pattern Recognition*, 26(12):1840–1848.
- [2005acIi469] Robert, G. et Guillot, A. (2005). A motivational architecture of action selection for Non-Player Characters in dynamic environments. *International Journal of Intelligent Games & Simulation*, 4(1):1–12.
- [2004acIi26] Chapelle, F. et Bidaud, P. (2004). Evaluation Functions Synthesis for Optimal Design of Hyper-Redundant Robotic Systems. *Journal of Mechanism and Machine Theory*, 39(3):323–338.

- [2004acli347] Degris, T., Sigaud, O., Wiener, S. I., et Arleo, A. (2004). Rapid response of head direction cells to reorienting visual cues: A computational model. *Neurocomputing*, 58-60C:675–682.
- [2004acli226] Gas, B., Zarader, J., Chavy, C., et Chetouani, M. (2004). Discriminant neural predictive coding applied to phoneme recognition. *Neurocomputing*, 56:141–166.
- [2004acli24] Grand, C., Ben Amar, F., Plumet, F., et Bidaud, P. (2004). Stability and traction optimization of a wheel-legged robot. *International Journal of Robotics Research*, 23(10-1):1041–1058.
- [2004acli25] Krupa, A., Morel, G., et de Mathelin, M. (2004). Achieving High Precision Laparoscopic Manipulation Through Adaptive Force Control. *Advanced Robotics, International Journal of the Robotics Society of Japan*, 18(9):905–926.
- [2004acli502] Millet, O., Bernardoni, P., Régnier, S., Bidaud, P., Collard, D., et Buchaillet, L. (2004). Electrostatic micro-gripper coupled to an amplification mechanism. *Sensors and Actuators A: Physics*, 114:371–378.

Articles dans des revues nationales avec comité de lecture (ACLN)

- [2007acln616] Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2007). Extraction de caractéristiques non linéaire et discriminante : application à la classification de phonèmes. *Traitement du signal*, 24.
- [2007acln474] Sigaud, O. (2007). Les systèmes de classeurs : un état de l'art. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 21:75–106.
- [2006acln512] Dionnet, F. et Régnier, S. (2006). Télé-micromanipulation par adhésion. *Journal Européen des Systèmes Automatisés, Session spéciale en Mécatronique*, (40):291–322.
- [2006acln383] Flacher, F. et Sigaud, O. (2006). GACS : une approche ascendante pour la coordination spatiale. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 20(1):7–29.
- [2006acln31] Sallé, D. et Bidaud, P. (2006). Optimisation multi-objectifs d'un instrument robotisé à haute mobilité pour la chirurgie mini-invasive. *Revue TSI - Technique et Science Informatique, édition spéciale Optimisation Multi-objectifs*, 25/10.
- [2005acln228] Fabrizio, J. et Devars, J. (2005). Estimation numérique des courbes épipolaires pour les capteurs omnidirectionnels. A paraître dans *Traitement du Signal, Numéro spécial Vision Omnidirectionnelle*, 22(5).
- [2005acln613] Grand, C., Ben Amar, F., Plumet, F., et Bidaud, P. (2005). Évaluation des modes de déplacement d'un robot à locomotion hybride roue-patte évoluant en milieux naturels. *EDP Sciences - Mécanique & industries*, 6(3):353–364.
- [2005acln229] Ieng, S. et Benosman, R. (2005). Les surfaces caustiques par la géométrie, application aux capteurs catadioptriques. *Traitement du Signal, Numéro spécial Vision Omnidirectionnelle*, 22(5).
- [2005acln230] Oudot, L., Prevost, L., et Milgram, M. (2005). Fusion d'informations et adaptation pour la reconnaissance de textes manuscrits dynamiques. *Traitement du Signal, Numéro Spécial : Traitement du document écrit*, 22(3):239–248.
- [2005acln27] Rumeau, P., Pasqui, V., Schaff, M., Moulias, S., Mederic, P., Steenkeste, F., Piette, F., Vellas, B., Noury, N., et Dupourqué, V. (2005). Application des techniques de la robotique au développement de déambulateurs adaptés au handicap à la marche des personnes âgées. *Revue de Neurologie, Psychiatrie, Gériatrique*, pages 31–37.
- [2005acln233] Smadja, L., Benosman, R., et Devars, J. (2005). Matrice semi-fondamentale pour systèmes de stéréoscopie hybrides. A paraître dans *Traitement du Signal, Numéro spécial Vision Omnidirectionnelle*, 22(5).
- [2004acln227] Oudot, L. et Prevost, L. (2004). Technique de coopération pour la reconnaissance d'écriture en contexte. *RIA'04 (Revue en Intelligence Artificielle)*, 18(3):367–382.
- [2004acln755] Rumeau, P., Moulias, S., Pasqui, V., Steenkeste, F., Vellas, B., et Bidaud, P. (2004). Robotique et compensation du handicap locomoteur chez les personnes âgées: déambulateurs intelligents. 3.

[2004acln482] Sigaud, O. et Gérard, P. (2004). Apprentissage par renforcement indirect dans les systèmes de classeurs. JEDAI.

Ouvrages scientifiques (OS) et chapitres dans des ouvrages scientifiques (COS)

- [2007cos667] Ben Amar, F., Andrade, G., Grand, C., et Plumet, F. (2007). Towards an advanced mobility of wheeled robots on difficult Terrain, pages 42–47. ISBN: 978-88-901928-1-4.
- [2007cos746] Faundez-Zanuy, M. et Chetouani, M. (2007). Nonlinear predictive models: Overview and possibilities in speaker recognition, pages 170–189. Springer Verlag.
- [2007cos747] Hussain, A., Chetouani, M., Squartini, S., Bastari, A., et Piazza, F. (2007). Nonlinear speech enhancement: an introductory overview, pages 217–248. Springer Verlag.
- [2007cos739] Martin V. Butz, G. P. e. G. B., Olivier Sigaud (2007). Anticipations, Brains, Individual and Social Behavior: An Introduction to Anticipatory Systems, pages 1–18. LNAI 4520, Springer. ISBN: 978-3-540-74261-6.
- [2007cos607] Meyer, J.-A. et Guillot, A. (2007). Biologically-inspired Robots. Springer-Verlag. (to appear).
- [2006os339] Nolfi, S., Baldassare, G., Calabretta, R., Hallam, J., Marocco, D., Meyer, J.-A., Miglino, O., et Parisi, D., rédacteurs (2006). From Animals to Animats 9. Proceedings of the Ninth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. Springer - Lecture Notes in Artificial Intelligence 4095.
- [2006cos470] Robert, G. et Guillot, A. (2006). MHiCS, une architecture de sélection de l'action adaptative pour joueurs artificiels, pages 47–80. Hermès, Paris, France.
- [2006cos492] Wiener, S., Khamassi, M., Peyrache, A., Douchamps, V., Tierney, P., et Battaglia, F. (2006). Transitions in behaviorally correlated activity in medial prefrontal neurons of rats acquiring and switching strategies in a Y-maze. New Orleans, USA.
- [2005cos235] Chetouani, M., Faundez-Zanuy, M., Gas, B., et Zarader, J. (2005). Non-linear speech feature extraction for phoneme classification and speaker recognition, pages 340–350. Springer Verlag.
- [2005cos400] Guillot, A. (2005). La Bionique, pages 93–118. Editions Le Pommier.
- [2005cos601] Negri, P., Clady, X., et Milgram, M. (2005). A New Voting Algorithm for Tracking Human Grasping Gestures, tome 3708, pages 130 – 137. Antwerp, Belgium.
- [2005cos695] Velazquez, R., Hafez, M., Szewczyk, J., et Pissaloux, E. (2005). Experimental and Computational Thermomechanical Study of a Shape-Memory Alloy Micro-Actuator : Aspects of Antagonist-type Behaviour, pages 1026–1031. Elsevier.
- [2004cos5] Bidaud, P. (2004). Préhension en Robotique, pages 56–88.
- [2004os401] Guillot, A. et Meyer, J.-A. (2004). Des robots doués de vie ? Editions Le Pommier.
- [2004os338] Schaal, S., Ijspeert, A., Billard, A., Vijayakumar, S., Hallam, J., et Meyer, J.-A., rédacteurs (2004). From Animals to Animats 8. Proceedings of the Eighth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. The MIT Press/Bradford Books.

Chapitres dans des ouvrages de vulgarisation

- [2007cov696] Pissaloux, E. (2007). Percevoir l'espace sans la vue, pages 140–142. ISBN: 978 2 916097 13 8.
- [2007cov698] Pissaloux, E. et Maingreaud, F. (2007). Déplacement dans l'espace : quelles aides technologiques, pages 22–26.
- [2005cov461] Mouret, J.-B. (2005). Algorithmes évolutionnistes, deuxième partie : évolution artificielle de créatures, pages 42–49.
- [2005cov460] Mouret, J.-B. (2005). Concepts fondamentaux des algorithmes évolutionnistes, pages 34–41.

- [2007do738] (2007). Dans M. Butz, O. Sigaud, G. Pezzulo, et G. Baldassarre, rédacteurs, *Anticipatory Behavior in Adaptive Learning Systems : From Brains to Individual and Social Behavior*, LNAI 4520, Springer. ISBN: 978-3-540-74261-6.
- [2006do344] Charpillat, F., Garcia, F., Perny, P., et Sigaud, O. (2006). *Décision et planification dans l'incertain*. tome 20. Hermès.

Publications dans des conférences internationales avec comité de lecture

- [2007acti625] Achard, C., Qu, X., Mokhber, A., et Milgram, M. (2007). Action recognition with semi-global characteristics and Hidden Markov Models. Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS), Pays bas.
- [2007acti735] Adigbli, P., Grand, C., Mouret, J.-B., et Doncieux, S. (2007). Nonlinear Attitude and Position Control of a Micro Quadrotor using Sliding Mode and Backstepping Techniques. Dans 7th European Micro Air Vehicle Conference (MAV07), Toulouse.
- [2007acti688] Barthélemy, S., Bidaud, P., Micaelli, A., et Andriot, C. (2007). stability measure of postural dynamic equilibrium for humanoids. Proceedings of the 10th International Conference on Climbing and Walking Robots (CLAWAR 2007).
- [2007acti731] Belaroussi, R. et Milgram, M. (2007). Face Detection and Skin Color Based Tracking : A Comparative Study. IPCV 2007 (International Conference on Image Processing, Computer Vision, & Pattern Recognition).
- [2007acti658] Cagneau, B., Zemiti, N., Bellot, D., et Morel, G. (2007). Compensation des mouvements physiologiques par commande en efforts. *Surgetica 07*, Computer assisted medical and surgical interventions, Chambéry, France.
- [2007acti657] Cagneau, B., Zemiti, N., Bellot, D., et Morel, G. (2007). Physiological Motion Compensation in Robotized Surgery using Force Feedback Control. pages 1881–1886. Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Roma, Italie.
- [2007acti629] Charbuillet, C., Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2007). Complementary features for speaker verification based on genetic algorithms. ICASSP'07 (IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), Honolulu, Hawaii, USA.
- [2007acti631] Charbuillet, C., Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2007). Multi Filter banks approach for speaker verification based on genetic algorithm. NOLISP'07, Paris, France.
- [2007acti569] Chau, A., Régnier, S., et Lambert, P. (2007). Influence of geometrical parameters on capillary forces. Dans Actes de ISAM'07 : IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing, Ann Arbor, Michigan, USA.
- [2007acti630] Chetouani, M. (2007). Interaction with autistic infants. International Workshop on Verbal and Nonverbal Communication Behaviours, Vietri-Sul-Mare, Italie.
- [2007acti654] Dakhllallah, J., Imine, H., Sellami, Y., et Bellot, D. (2007). Heavy Vehicule State Estimation and Rollover Risk Evaluation Using Kalman Filter and Sliding Mode Observer. ECC_07 European Control Conference, Kos, Grece.
- [2007acti558] Daunay, B., Micaelli, A., et Régnier, S. (2007). 6 DOF Haptic Feedback for Molecular Docking Using Wave Variables. Dans Actes de ICRA'07 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Rome, Italie.
- [2007acti562] Daunay, B., Micaelli, A., et Régnier, S. (2007). Energy-Field Reconstruction for Haptics-Based Molecular Docking Using Energy Minimization Processes. Dans Actes de IROS'07 : IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego, USA.
- [2007acti733] de Margerie, E., Mouret, J.-B., Doncieux, S., Meyer, J.-A., Ravasi, T., Martinelli, P., et Grand, C. (2007). Flapping-wing flight in bird-sized UAVs for the ROBUR project: from an evolutionary

optimization to a real flapping-wing mechanism. Dans 7th European Micro Air Vehicle Conference (MAV07), Toulouse.

- [2007acti734] Doncieux, S., Mouret, J.-B., et Meyer, J.-A. (2007). Soaring behaviors in UAVs : 'animat' design methodology and current results. Dans 7th European Micro Air Vehicle Conference (MAV07), Toulouse.
- [2007acti704] Fontaine, E., Velazquez, R., et Pissaloux, E. (2007). Global Space Integration from Tactile Representations : an Experimental Evaluation. IEEE AFRICON 2007, IEEE Catalog N° : 04CH37590C, Namibi. ISBN: 0-7803-8606-X (CD).
- [2007acti608] Grand, C., Ben Amar, F., et F., P. (2007). Motion kinematics analysis of wheeled-legged rover over 3D surface with posture adaptation. Dans Proc. of The 12th IFToMM World Congress in Mechanism and Machine Science.
- [2007acti609] Grand, C., Jarrassé, N., et Bidaud, P. (2007). Innovative concept of unfoldable wheel with an active contact adaptation mechanism. Dans Proc. of The 12th IFToMM World Congress in Mechanism and Machine Science.
- [2007acti675] Lachèze, L. et Benosman, R. (2007). Visual Localization Using an Optimal Sampling of Bags-Of-Features with Entropy. International Conference On Intelligent Robots and Systems (IROS).
- [2007acti610] Lhomme-Desages, D., Grand, C., et Guinot, J. (2007). Trajectory Control of a Four-Wheel Skid-Steering Vehicle over Soft Terrain using a Physical Interaction Model. Dans Proceedings of ICRA'07 : IEEE/Int. Conf. on Robotics and Automation, pages 1164 – 1169.
- [2007acti708] Maingreud, F. et Pissaloux, E. (2007). Stereo Rig Calibration via a Genetic Algorithm. IEEE EUROCON2007 (Int. Conf. on Computer as a tool), Varsovie, Pologne.
- [2007acti621] Muhammad, S. et Prevost, L. (2007). Texture based Text Detection in Natural Scene Images - A Help to Blind and Visually Impaired Persons. CVHI'07 (Conference and Workshop on Assistive Technology for People with Vision and Hearing Impairments), Grenade, Espagne. à paraître.
- [2007acti620] Muhammad, S., Prevost, L., Belaroussi, R., et Milgram, M. (2007). A Neural Approach for Real Time Facial Feature Localization. SSD'07 (IEEE International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices), Transactions on Systems, Signals and Devices, Hammamet, Tunisie.
- [2007acti622] Muhammad Hanif, S. et L., P. (2007). Text detection in natural scenes images using spatial histograms. CBDAR'07 (Workshop on camera-Based Document Analysis and Recognition, ICDAR' satellite), Curitiba, Brésil. à paraître.
- [2007acti603] Negri, P., Clady, X., Milgram, M., Poulencard, R., et Prevost, L. (2007). Multiclass Vehicle Type Recognition using Oriented Points Set based Model. Dans IEEE International Conference on Systems, Signals and Devices, Hammamet, Tunisia.
- [2007acti604] Negri, P., Clady, X., et Prevost, L. (2007). Benchmarking Haar and Histograms of Oriented Gradients features applied to vehicle detection. Dans International Workshop on Intelligent Vehicle Control Systems, International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Angers, France.
- [2007acti639] Pasqui, V., Saint-Bauzel, L., et Bidaud, P. (2007). Postural stability control for Robot-Human cooperation for sit-to-stand assistance. pages 409–416. Proceedings of the 10th International Conference on Climbing and Walking Robots, Singapore.
- [2007acti661] Pinault, S., Morel, G., Ferrand, R., Auger, M., et Mabit, C. (2007). Using an external registration system for daily patient repositioning in protontherapy. IROS 07, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego, USA.
- [2007acti662] Pinault, S., Morel, G., Ferrand, R., Auger, M., et Mabit, C. (2007). Robotic patient positioning in protontherapy. Surgetica 07, Computer assisted medical and surgical interventions, Chambéry, France.
- [2007acti705] Pissaloux, E., Tatur, G., et Fontaine, E. (2007). Experiments of Virtual Navigation as a Step in the Development of Navigation Tool for Blinds. ECVHI 2007 (European Conf. on Visual and Hearing Impairments), Granada, Espagne.

- [2007acti706] Pissaloux, E., Velázquez, R., et Fontaine, E. (2007). A Physio-Cognitive Approach of the Touch Stimulating Surface Design. 9th US National Congress Computational Mechanics, San Francisco, USA.
- [2007acti676] Romero, H., Salazar, S., Lozano, R., et Benosman, R. (2007). Fusion of Optical Flow and Inertial Sensors for Four Rotor Rotorcraft Stabilization. 6th Symposium IFAC on Intelligent Autonomous Vehicles (IAV 2007), France.
- [2007acti638] Saint-Bauzel, L., Pasqui, V., Gas, B., et Zarader, J. (2007). Pathological sit-to-stand models for control of a rehabilitation robotic device. pages 347–355. Proceedings of the 2007 IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, Noordwijk, Netherlands.
- [2007acti640] Saint-Bauzel, L., Pasqui, V., Gas, B., et Zarader, J. (2007). Pathological sit-to-stand Predictive models for control of a rehabilitation robotic device. pages 1173–1178. Proceedings of the 16th IEEE International Symposium on Robot & Human Interactive Communication, august 26-29, Jeju Island, Korea.
- [2007acti641] Saint-Bauzel, L., Pasqui, V., Morel, G., et Zarader, J. (2007). Real-time human posture observation from a small number of joint measurements. Proceedings of the IEEE/RSJ International conference on Intelligent Robots and Systems, october 29-november 2, San-diego, USA.
- [2007acti559] Sausse-Lhernould, M., Régnier, S., et Lambert, P. (2007). Displacement of an object placed in an electric field. Dans Actes de 7th International EUSPEN Conference, Bremen Congress Centre, Germany.
- [2007acti561] Sausse-Lhernould, M., Régnier, S., et Lambert, P. (2007). Electrostatic forces and micromanipulator design : on the importance of surface topography parameters. Dans Actes de IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, ETH Zürich, Suisse.
- [2007acti653] Szewczyk, J., Blanc, R., Gaston, A., et Bidaud, P. (2007). Active Catheters for Neuro-radiology. 2nd Surgetica Conference, Chambéry, France.
- [2007acti707] Velázquez, R. et Pissaloux, E. (2007). A State-of-Art and trends in actuation technology. 9th US National Congress Computational Mechanics, San Francisco, USA.
- [2007acti560] Vitard, J., Régnier, S., et Lambert, P. (2007). Study of cylinder/plan capillary force near millimeter scale and experimental validation. Dans Actes de ISAM'07 : IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing, Ann Arbor, Michigan, USA.
- [2007acti660] Vitrani, M., Mitterhofer, H., Morel, G., et Bonnet, N. (2007). Robust Ultrasound-Based Visual Servoing for Beating Heart Intracardiac Surgery. pages 3021–3027. ICRA'07 - IEEE International Conference on Robotics and Automation, Rome, Italie.
- [2007acti571] Xie, H., Vitard, J., Haliyo, S., et Régnier, S. (2007). Enhanced Sensivity of Mass Detection Using the First Torsional Mode of Microcantilevers. Dans Actes de ICMA'07 : IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Harbin, Chine. Session invitée.
- [2006acti340] Angeli, A., Filliat, D., Doncieux, S., et Meyer, J.-A. (2006). 2D Simultaneous Localization And Mapping for Micro Aerial Vehicles. Dans Proceedings of the European Micro Aerial Vehicles (EMAV 2006) conference.
- [2006acti587] Bailly, K., Benosman, R., Clady, X., et Milgram, M. (2006). Visual perception for hands and gaze tracking in 3-9 months old childs. Clinical Applications of the Research Program PILE (International Research Program for Children's Speech). Dans World Association for Infant Mental Health World Congress, Paris, France.
- [2006acti686] Barthélemy, S., Salaun, C., et Bidaud, P. (2006). Dynamic simulation and control of sit-to-stand motion. Proceedings of the 9th International Conference on Climbing and Walking Robots (CLAWAR 2006).
- [2006acti729] Belaroussi, R. et Milgram, M. (2006). Face Tracking and Facial Features Detection with a Webcam. pages 122–126. CVMP 2006 (European Conference on Visual Media Production). Présenté en démonstration à ECCV 2006.

- [2006acti728] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2006). Comparison of Different Combination Strategies for Face Localization. pages 383–389. IPCV 2006 (International Conference on Image Processing, Computer Vision, & Pattern Recognition).
- [2006acti551] Boukallel, M., Girot, M., et Régnier, S. (2006). Elastic Properties Exploration of In Vitro Cultured Microscopic Cells based on Haptic Sensing. Dans Actes de VECIMS'06 : IEEE International Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces, and Measurement Systems, pages 31–35. La Corogne, Espagne.
- [2006acti547] Boukallel, M., Girot, M., et Régnier, S. (2006). Enhanced Near-field Force Probing for In Vitro Biomedical Characterization. Dans Actes BIOROB'06 : first IEEE / RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, pages 1079–1084. Pise, Italie.
- [2006acti553] Boukallel, M., Girot, M., et Régnier, S. (2006). Haptic Rendering of Biological Elastic Properties based on Biomechanical Characterization. Dans Actes de IROS'06 : IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 959–964. Pékin, Chine.
- [2006acti549] Boukallel, M., Girot, M., et Régnier, S. (2006). In Situ Autonomous Biomechanical Characterization. Dans Actes de EUROS-06 : European Robotics Symposium, Palerme, Italie.
- [2006acti628] Charbuillet, C., Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2006). Filter Bank Design for Speaker Diarization Based on Genetic Algorithms. ICASSP'06 (IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), Toulouse, France.
- [2006acti677] Charbuillet, C., Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2006). Application d'un algorithme génétique à la synthèse d'un prétraitement non linéaire pour la segmentation et le regroupement du locuteur. JEP'06 (Journées d'Etudes sur la Parole), Dinard, France.
- [2006acti627] Chetouani, M., Hussain, A., Gas, B., et Zarader, J. (2006). Non-Linear Predictors based on the Functionally Expanded Neural Network for Speech Feature Extraction. ICEIS'06 (IEEE International Conference on Engineering in Intelligent Systems), Islamabad, Pakistan.
- [2006acti602] Clady, X. (2006). A video human-computer interface to record paintings in progress. Dans Research Poster program. 33rd International Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH'06, Boston, Massachusetts, USA.
- [2006acti548] Daunay, B., Haliyo, S., et Régnier, S. (2006). 6D haptic feedback for molecular docking. Dans Actes de EUROMECH Colloquium 476, Real-time Simulation and Virtual Reality Applications of Multibody Systems, Ferrol, Espagne.
- [2006acti348] Degris, T., Sigaud, O., et Willemin, P.-H. (2006). Chi-square Tests Driven Method for Learning the Structure of Factored MDPs. Dans Proceedings of the 22nd Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI), pages 122–129. AUAI Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- [2006acti349] Degris, T., Sigaud, O., et Willemin, P.-H. (2006). Learning the Structure of Factored Markov Decision Processes in Reinforcement Learning Problems. Dans Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning (ICML), pages 257–264. ACM, Pittsburgh, Pennsylvania.
- [2006acti361] Doncieux, S., Mouret, J.-B., Angeli, A., Barate, R., Meyer, J.-A., et de Margerie, E. (2006). Building an Artificial Bird: Goals and Accomplishments of the ROBUR Project. Dans Proceedings of the European Micro Aerial Vehicles (EMAV 2006) conference.
- [2006acti719] Fontaine, E., Velazquez, R., Wiertelowski, M., et Pissaloux, E. (2006). Experimental Evaluation of a New Touch Stimulating Interface Dedicated to Information Display for Visually Impaired. pages 55–60. The European Conference of Vision and Hearing Impairment (ECVHI'06), Kufstein, Austria.
- [2006acti556] Gauthier, M., Heriban, D., Gendreau, D., Régnier, S., Chaillet, N., et Lutz, P. (2006). Micro-factory for Submerged Assembly: Interests and Architectures. Dans Acte sur CD-ROM de IWFMF'06 : International Workshop on Microfactories, Besançon, France.

- [2006acti552] Girot, M., Boukallel, M., et Régnier, S. (2006). The Force Sensing Bio-Microscope: An Efficient Tool for Cells Mechanotransduction Studies. Dans Actes de EMBC'06 IEEE International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society, pages 3411–3414. New York, USA.
- [2006acti550] Girot, M., Boukallel, M., et Régnier, S. (2006). An Hybrid Micro force Sensing Device for Mechanical Cell Characterization. Dans Actes de IMTC 06 : IEEE International Conference on Instrumentation and Measurement Technology, pages 501–505. Salerne, Italie.
- [2006acti554] Girot, M., Boukallel, M., et Régnier, S. (2006). Modeling Soft Contact Mechanism of Biological Cells Using an Atomic Force Bio-Microscope. Dans Actes de IROS'06 : IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 1831–1836. Pékin, Chine.
- [2006acti546] Girot, M., Boukallel, M., et Régnier, S. (2006). Towards a Non-destructive In Vitro Biomechanical Caractérisation. Dans Actes de 2nd ASM-IEEE Conference on Bio, Micro and Nanosystems, San Francisco, Etats-Unis.
- [2006acti611] Grand, C., Jarrassé, N., et Bidaud, P. (2006). Design of an innovative unfoldable wheel with contact surface adaptation mechanism for planetary rovers. Dans Proceedings of ASTRA'06 : 9th ESA Workshop on Advanced Space Technologies for Robotics and Automation.
- [2006acti568] Haliyo, S., Boukallel, M., et Régnier, S. (2006). Force feedback in micro-manipulation and single cell applications. Dans Actes de IARP'06 : IARP - IEEE/RAS - EURON Joint Workshop on Micro and Nano Robotics, Paris, France.
- [2006acti646] Hennion, B. et Guinot, J. (2006). Biological inspiration for the conception of a virtual quadruped. Conference on Biomedical Robotics and Biomechantronics BioRob2006, IEEE/RAS/EMBS, Pisa, Italy.
- [2006acti645] Hennion, B. et Guinot, J. (2006). Conception of a virtual quadruped from biologically inspired results. ISRA 2006 : International Symposium on Robotics and Automation, San Miguel Regla, Mexico. ISBN: 970-769-070-4.
- [2006acti725] Herry, S., Sedogbo, C., Gas, B., et Zarader, J. (2006). Language detection combining discriminating and time with neural networks modeling. IEEE Speaker Odyssey'06, San Juan, Porto Rico.
- [2006acti744] Ivaldi, W., Gentic, S., et Milgram, M. (2006). Generic facial encoding for shape alignment with active models. Dans International Conference on Image Analysis and Recognition, tome 2, pages 341–352.
- [2006acti743] Ivaldi, W., Gentic, S., et Milgram, M. (2006). A hybrid resampling framework for facial shape alignment. Dans International Conference on Pattern Recognition, tome 1, pages 488–491.
- [2006acti427] Khamassi, M., Martinet, L.-E., et Guillot, A. (2006). Combining Self-Organizing Maps with Mixture of Experts: Application to an Actor-Critic of Reinforcement Learning in the Basal Ganglia. Dans S. Nolfi, G. Baldassare, R. Calabretta, J. Hallam, D. Marocco, J.-A. Meyer, O. Miglino, et D. Parisi, rédacteurs, From Animals to Animats: Proceedings of the 9th International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior (SAB), pages 394–405. Rome, Italy.
- [2006acti689] Le Menn, F. et Bidaud, P. (2006). Generic differential kinematic modeling of articulated multi-monocycle mobile robots, ICRA 2006. pages 1505–1510. Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation.
- [2006acti669] Le Menn, F., Bidaud, P., et Ben Amar, F. (2006). Generic differential kinematic modeling of articulated multi-monocycle mobile robots. In Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Orlando, Florida.
- [2006acti612] Lhomme-Desage, D., Grand, C., et Guinot, J. (2006). Model-based control of a fast rover over nautral terrain. Dans Proceedings of Clawar'06: 9th International Conference on Climbing and Walking Robots.
- [2006acti717] Martin, L., Hede, P., Leroux, C., et Pissaloux, E. (2006). Calibration Method Accuracy Evaluation via Depth Reconstruction. Computer Vision, Pattern Recognition & Image Processing (CVPRIP).
- [2006acti715] Martin, L., Hede, P., Leroux, C., et Pissaloux, E. (2006). Calibration Method Quality Estimation and Depth Reconstruction. pages 1504–1508. (IEEE, IEE) Int. Conf. on Signal Processing (ICSP), Guilin, Chine. ISBN: 978-90-78677-01-7.

- [2006acti714] Martin, L., Hede, P., Leroux, C., et Pissaloux, E. (2006). Orientation filtering : A Fast Uncalibrated Image Matching Method, pages 1500–1504. (IEEE, IEE) Int. Conf. on Signal Processing (ICSP), Guilin, Chine. ISBN: 978-90-78677-01-7.
- [2006acti713] Martin, L., Leroux, C., et Pissaloux, E. (2006). Statistical Feature Point Matching Method, Proc. tome XXXVI part 5, pages 190–194. ISPRS Commission V Symposium on « Image Engineering and Vision Metrology », Dresden. ISBN: 1682-1750 IAPRS.
- [2006acti624] Mokhber, A., Achard, C., Milgram, M., et Qu, X. (2006). Combined Classifiers for Action Recognition. The International Workshop on Intelligent Computing in Pattern Analysis/Synthesis (IWICPAS, Workshop du congrès ICPR 2006), Xian, Chine.
- [2006acti462] Mouret, J.-B., Doncieux, S., et Meyer, J.-A. (2006). Incremental Evolution of Target-Following Neuro-controllers for Flapping-Wing Animats. Dans S. Nolfi, G. Baldassare, R. Calabretta, J. H. D. Marocco, J.-A. Meyer, O. Miglino, et D. Parisi, rédacteurs, From Animals to Animats: Proceedings of the 9th International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior (SAB), pages 606–618. Rome, Italy.
- [2006acti623] Negri, P., Clady, X., Milgram, M., et Poulénard, R. (2006). An Oriented-Contour Point Based Voting Algorithm for Vehicle Type Classification. IAPR International Conference on Pattern Recognition, ICPR 2006, Hong-Kong, China.
- [2006acti756] Pasqui, V. et Bidaud, P. (2006). Bio-mimetic trajectory generation for guided arm movement during assisted sit-to-stand transfer. pages 246–251. Actes de Clawar'06 : 9th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, Brussels, Belgium.
- [2006acti709] Pissaloux, E., Maingreud, F., Fontaine, E., et Velazquez, R. (2006). Towards space concept integration in navigation tools. pages 209–211. ENACTIVE'2006, 3rd Int. Conf. on Enactive Interfaces, Montpellier, France.
- [2006acti718] Pissaloux, E., Maingreud, F., Velazquez, R., et Hafez, M. (2006). Space cognitive map As a Tool for Navigation for visually impaired. pages 4913–4916. 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, New-York, USA. ISBN: 14244-0033-3.
- [2006acti730] Prevost, L., Belaroussi, R., et Milgram, M. (2006). Multiple Neural Networks for Facial Feature Localization in Orientation-Free Face Images. pages 188–197. ANNPR 2006.
- [2006acti674] Romero, H., Benosman, R., et Lozano, R. (2006). Stabilization and location of a four rotors helicopter applying vision. 2006 American Control Conference (ACC'06), Minneapolis, Minnesota USA.
- [2006acti673] Romero, H., Salazar, S., Lozano, R., et Benosman, R. (2006). Realtime visual servoing control of a four-rotor rotorcraft. 45th IEEE Conference on Decision and Control.
- [2006acti557] Sausse-Lhernould, M., Régnier, S., Lambert, P., et Delchambre, A. (2006). Influence of surface topography in electrostatic forces simulations for microassembly. Dans Acte sur CD-ROM de IWMF'06 : International Workshop on Microfactories, Besançon, France.
- [2006acti716] Teulière, C., Martin, L., Leroux, C., et Pissaloux, E. (2006). Vision and Inertial Sensor Fusion for 3D Self-Localization in Unknown Environment. pages 1–7. ASTRA 2006, 9th ESA Workshop on Advanced Space Technologies for Robotics and Automation, ESTEC, Noordwijk, Pays-Bas.
- [2006acti712] Velazquez, R., M., W., et Pissaloux, E. (2006). Design, Implementation and Evaluation of a Portable Braille-like Display for the Blind. International Symposium on Robotics and Automation (ISRA), San Miguel Regla, Mexique.
- [2006acti711] Velázquez, R. et Pissaloux, E. (2006). Coding the Environment in Tactile Maps for Real-Time Guidance of the Visually Impaired. IEEE International Symposium on Micromechatronics and Human Science (MHS), Nagoya, Aichi, Japan.
- [2006acti710] Velázquez, R. et Pissaloux, E. (2006). Design and Optimization of Crossbar Architectures for Shape Memory Alloy Actuator Arrays. IEEE International Symposium on Micromechatronics and Human Science (MHS), Nagoya, Aichi, Japan.

- [2006acti720] Velázquez, R., Pissaloux, E., et Wiertlewski, M. (2006). A Compact Tactile Display for the Blind with Shape Memory Alloys. pages 3905–3910. 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Orlando, Floride, USA.
- [2006acti555] Vitard, J., Régnier, S., et Lambert, P. (2006). Capillary forces models for the interACTNon between a cylinder and a plane. Dans Acte sur CD-ROM de IWWMF'06 : International Workshop on Microfactories, Besançon, France.
- [2006acti659] Vitrani, M., Morel, G., Bonnet, N., et Karouia, M. (2006). A robust ultrasound-based visual servoing approach for automatic guidance of a surgical instrument with in vivo experiments. pages 35–40. BIOROB'06 - IEEE Int. Conf.on Biomedical Robotics and Biomechatronics, Pise, Italie.
- [2006acti656] Zemiti, N., Morel, G., Micaelli, A., Cagneau, B., et Bellot, D. (2006). Kinematic Instability of Kinematically Constrained Manipulators under Pure Force Control. 8th International IFAC Symposium on Robot Control, Bologna, Italie.
- [2006acti655] Zemiti, N., Morel, G., Micaelli, A., Cagneau, B., et Bellot, D. (2006). A Passive Formulation of Force Control for Kinematically Constrained Manipulators. pages 2238–2243. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Orlando, USA.
- [2005acti290] Achard, C., Mostafaoui, G., et Milgram, M. (2005). Object tracking with spatio-temporal blob. MVA (Machine Vision and Applications), Tokyo, Japon.
- [2005acti292] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2005). Classifier combination for face localization in color images. pages 1043–1050. ICIAP'05 (International Conference on Image Analysis and Processing), Lecture Notes in Computer Sciences, 3617, Cagliari, Italie.
- [2005acti293] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2005). Combinaison de classifieurs pour la localisation de visage. pages 941–944. GRETSI'05 (Traitement du Signal et Images), Louvain, Belgique.
- [2005acti295] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2005). Combination of multiple detectors for face and eyes localization. pages 24–30. ISPA'05 (International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis), Zagreb, Croatie.
- [2005acti291] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2005). Combining model-based classifiers for face localization. pages 290–293. MVA'05 (Machine Vision and Applications), Tokyo, Japon.
- [2005acti294] Belaroussi, R., Prevost, L., et Milgram, M. (2005). Multi-stage fusion for face localization. ICIF'05 (International Conference on Information Fusion), CD D7-3, Philadelphie, Etats-Unis.
- [2005acti668] Ben Amar, F., Grand, C., Besseron, G., et Plumet, F. (2005). Multi-modes locomotion on natural terrain. In Proceedings of the Int. Conf. on Humanitarian Demining, HUDEM'05, Tokyo, June.
- [2005acti133] Besseron, G., Grand, C., Plumet, F., Ben Amar, F., et Bidaud, P. (2005). Dynamic control of an Hybrid Wheellegged robot under stability constraint by using artificial potential field. Actes de Clawar'05 : 8th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, Londres,Royaume-Uni.
- [2005acti134] Bidaud, P., Ben Amar, F., et Poirier, S. (2005). An expandable mechanism for deployment and contact surface adaptation of rover wheels. Actes de Clawar'05 : 8th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, Londres,Royaume-Uni.
- [2005acti132] Bidaud, P., Ben Amar, F., et Poulain, T. (2005). Kineto-static analysis of an articulated six-wheel rover. Actes de Clawar'05 : 8th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, Londres,Royaume-Uni.
- [2005acti296] Charbuillet, C., Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2005). New approach for speech feature extraction based on genetic algorithm. Non Linear Speech Processing Workshop (WNLSP 05), Crête, Grèce.
- [2005acti298] Chetouani, M., Hussain, A., Gas, B., et Faundez-Zanuy, M. (2005). Non-Linear predictive models for speech processing. ICANN'05 (International conference on artificial neural networks), Warsaw ,Pologne.
- [2005acti297] Chetouani, M., Hussain, A., Gas, B., et Zarader, J. (2005). New sub-band processing framework using non-linear predictive models for speech feature extraction. NOn Linear Speech Processing (NOLISP 05), Barcelone, Espagne.

- [2005acti382] Flacher, F. et Sigaud, O. (2005). GACS, an Evolutionary Approach to the Spatial Coordination of Agents. Dans Proceedings AAMAS 2005, pages 1109–1110. ACM Press, Utrecht, Netherlands.
- [2005acti301] Gas, B., Chetouani, M., Zarader, J., et Charbuillet, C. (2005). Predictive Kohonen map for speech features extraction. ICANN'05 (International conference on artificial neural networks), Warsaw, Pologne.
- [2005acti300] Gas, B., Chetouani, M., Zarader, J., et Feiz, F. (2005). The predictive self-organizing map : application to speech features extraction. WSOM'05 (Workshop on self-organizing map), Paris, France.
- [2005acti391] Gourdin, T. et Sigaud, O. (2005). Towards a Reinforcement Learning Module for Navigation in Video Games. Dans Proceedings of the ECML05 Workshop on Reinforcement Learning in Non-Stationary Environments, pages 1–12. Porto, Portugal.
- [2005acti566] Haliyo, S., Venture, G., et Régnier, S. (2005). Tele-manipulation by adhesion of micro objects. Dans Actes sur CD ROM de CIRA'05 : IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Espoo, Finlande.
- [2005acti544] Haliyo, S., Venture, G., Régnier, S., et Guinot, J. (2005). An overview of the micro-manipulation system muMAD. Dans Actes de AIM'05 : IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pages 390–395. Monterey, Etats-Unis.
- [2005acti136] Hennion, B., Pill, J., et Guinot, J. (2005). A biologically inspired model for quadruped locomotion. Actes de Clawar'05 : 8th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, Londres, Royaume-Uni.
- [2005acti441] Landau, S., Sigaud, O., et Schoenauer, M. (2005). ATNoSFERES revisited. Dans H.-G. Beyer, U.-M. O'Reilly, D. Arnold, W. Banzhaf, C. Blum, E. Bonabeau, E. CantÃ© Paz, D. Dasgupta, K. Deb, J. Foste r, et E. de Jong, rÃ©dacteurs, Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO-2005, pages 1867–1874. ACM Press, Washington DC.
- [2005acti140] Maingreud, F., Pissaloux, E., et Velazquez, R. (2005). On Cognitive Dynamic Map and its Use for Navigation in 3D Space. pages 187–194. CR 1st Proc. Int. Symp. On Brain Vision and Artificial Intelligence, Naples, Italie.
- [2005acti137] Maingreud, F., Pissaloux, E., Velazquez, R., Leroux, C., et Gelin, R. (2005). Towards Electronic Dynamic Map Definition for Blind People Navigation Assistance. pages 423–428. CR AAATE'2005 (Assistive Technology : From Virtuality to Reality), IOS Press, Lille, France.
- [2005acti139] Maingreud, F., Pissaloux, E., Velázquez, R., Gaunet, F., Hafez, M., et Alexandre, J. (2005). A Dynamic Tactile Map as a Tool for Space Organization Perception: Application to the Design of an Electronic Travel Aid for Visually Impaired and Blind People. 27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Shanghai, China.
- [2005acti135] MÃ©dÃ©ric, P., Pasqui, V., Plumet, F., Bidaud, P., et Guinot, J. (2005). Elderly People Sit to Stand Transfer Experimental Analysis. Actes sur CD-RoM de Clawar'05 : 8th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, Londres, Royaume-Uni.
- [2005acti302] Milgram, M., Belaroussi, R., et Prevost, L. (2005). Multi-stage combination of geometric and colorimetric detectors for eyes localization. pages 1010–1017. ICIAP'05 (International Conference on Image Analysis and Processing), Lecture Notes in Computer Sciences, 3617, Cagliari, Italie.
- [2005acti303] Milgram, M., Prevost, L., et Belaroussi, R. (2005). Une nouvelle transformation pour la localisation des yeux dans une image de visage monochrome. pages 671–674. GRETSI'05 (Traitement du Signal et Images), Louvain, Belgique.
- [2005acti304] Mokhber, A., Achard, C., Qu, X., et Milgram, M. (2005). Action Recognition with Global Features. Human Computer Interaction, Workshop du congrÃ©s ICCV 2005, PÃ©kin, Chine.
- [2005acti306] Mostafaoui, G., Achard, C., et Milgram, M. (2005). Real time tracking of multiple persons on colour image sequences. Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems, Antwerp, Belgium.
- [2005acti307] Mostafaoui, G., Achard, C., et Milgram, M. (2005). Real time tracking of multiple persons using elementary tracks. IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance, Como, Italie.

- [2005acti305] Mostafaoui, G., Achard, C., et Milgram, M. (2005). Suivi temps réel de personnes dans les séquences d'images couleur. GRETSI (Traitement du Signal et Images), Louvain, Belgique.
- [2005acti121] Ortmaier, T., Vitrani, M., et Morel, G. (2005). Real-Time Instrument Tracking in Ultrasound Images for Visual Servoing. BVM, Bildverarbeitung in der Medizin, Heidelberg, Allemagne.
- [2005acti124] Ortmaier, T., Vitrani, M., et Morel, G. (2005). Robust Real-Time Instrument Tracking in Ultrasound Images for Visual Servoing. pages 2179–2184. ICRA'05, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelone, Espagne.
- [2005acti120] Ortmaier, T., Vitrani, M., Morel, G., et Pinault, S. (2005). Robust Real-Time Instrument Tracking in Ultrasound Images. SPIE Medical Imaging Conference, San Diego, California, Etats-Unis.
- [2005acti127] Rumeau, P., Pasqui, V., Moulias, S., Médéric, P., Schaff, M., et Bidaud, P. (2005). Interacting forces while being helped to stand; in the development of Monimad smart walker. XVIIIème Congrès International de Gérontologie, Rio de Janeiro, Brésil.
- [2005acti130] Schramm, F., Micaelli, A., et Morel, G. (2005). Calibration free path planning for visual servoing yielding straight line behaviour both in image and workspace. Actes de IROS'05 : IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Edmonton, Canada.
- [2005acti126] Velazquez, R., Hafez, M., Szweczyk, J., et Pissaloux, E. (2005). Experimental and Computational Thermomechanical Study of a Shape Memory Alloy Micro-Actuator: Aspects of Antagonist Type Behavior. pages 1026–1030. 3rd MIT Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics, MIT Campus, Cambridge, MA, Etats-Unis.
- [2005acti128] Velazquez, R., Pissaloux, E., Hafez, M., et Szweczyk, J. (2005). A Low-Cost Highly-Portable Tactile Display Based on Shape Memory Alloy Micro-Actuators. pages 121–126. IEEE Int. Conf. on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems (IEEE VECIM05), Giardini Naxos, Italie.
- [2005acti138] Velázquez, R., Pissaloux, E., et Maingreud, F. (2005). Walking Using Touch: Design and Preliminary Prototype of a Non-Invasive ETA for the Visually Impaired. 27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Shanghai, China.
- [2005acti123] Velázquez, R., Szweczyk, J., Pissaloux, E., et Hafez, M. (2005). Miniature Shape Memory Alloy Actuator for Tactile Binary Information Display. pages 1356–1361. ICRA'2005, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelone, Espagne.
- [2005acti545] Venture, G., Haliyo, S., Micaelli, A., et Régnier, S. (2005). Force-feedback micromanipulation with inconditionnally stable coupling. Dans Actes de IROS'05 : IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 784–789. Edmonton, Canada.
- [2005acti125] Vitrani, M., Morel, G., et Ortmaier, T. (2005). Automatic Guidance of a Surgical Instrument with Ultrasound Based Visual Servoing. pages 510–515. ICRA'05, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelone, Espagne.
- [2005acti116] Vitrani, M., Ortmaier, T., et Morel, G. (2005). A robotic system guided by ultrasound images. pages 245 – 254. Surgetica 2005 conference, Chambéry, France.
- [2005acti141] Vélazquez, R., Pissaloux, E., Hafez, M., et Szweczyk, J. (2005). Measurement of SMA Thermal Properties in the Design/Evaluation of Actuators. 15th Int. Symposium on Measurement and Control in Robotics, Bruxelles, Belgique.
- [2004acti118] Ben Amar, F., Grand, C., Besseron, G., et Plumet, P. (2004). Performance Evaluation of Locomotion Modes of an Hybrid Wheel-Legged Robot for Self-Adaptation to Ground Conditions. Actes de ASTRA'04, 8th ESA Workshop on Advanced Space Technologies for Robotics and Automation, Noordwijk, Pays-Bas.
- [2004acti113] Benali-Khoudja, M., Orange, C., Maingreud, F., Hafez, M., Kheddar, A., et Pissaloux, E. (2004). Shape and Direction Perception Using the VITAL: A Vibro-TactiLe Interface. 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2004), Sendai, Japon.
- [2004acti683] Bernardoni, P. et Bidaud, P. (2004). From the mechanical analysis of polyarticulated micro gripper to the design of a compliant microgripper. Smart structures, San Diego, USA.

- [2004acti684] Bernardoni, P. et Bidaud, P. (2004). A new compliant mechanisms design methodology based on flexible building blocks. Smart structures, San Diego, USA.
- [2004acti541] Bernardoni, P., Riwan, A., Millet, O., Buchaillet, L., Régnier, S., et Bidaud, P. (2004). From the mechanical analysis of a poly articulated micro gripper to the design of a compliant micro gripper. Dans Actes sur CD-ROM de International SPIE Conference on Smart Structure and Materials, San Diego, Etats-Unis.
- [2004acti109] Besseron, G., Grand, C., Ben Amar, F., Plumet, F., et Bidaud, P. (2004). Locomotion modes of a hybrid wheellegged robot. CLAWAR'04 : 7th International Conference on Climbing and Walking Robots, Madrid, Espagne.
- [2004acti87] Brener, N., Ben Amar, F., et Bidaud, P. (2004). Analysis of Self-Reconfigurable Modular Systems, a design proposal for multi-modes locomotion. pages 996–1001. Actes de ICRA'04 : IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti271] Chetouani, M., Faundez-Zanuy, M., Gas, B., et Zarader, J. (2004). A New Nonlinear Feature Extraction Algorithm for Speaker Verification. International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 04), Iles Jeju, Corée.
- [2004acti270] Chetouani, M., Faundez-Zanuy, M., Gas, B., et Zarader, J. (2004). A New Nonlinear speaker parameterization algorithm for speaker identification. Speaker Odyssey 2004, Toledo, Espagne.
- [2004acti626] Chetouani, M., Faundez-Zanuy, M., Gas, B., et Zarader, J. (2004). Non-Linear Speech Feature Extraction for Phoneme Classification and Speaker Recognition. International Summer School Neural Nets E.R. Caianiello IX Course as a Tutorial Workshop on Nonlinear Speech Processing: Algorithms and Analysis, Vietri sul Mare (Salerno), Italie.
- [2004acti273] Chetouani, M., Gas, B., et Zarader, J. (2004). Classifieur à prototypes et codage neuro-prédictif pour l'extraction non linéaire de caractéristiques pour la classification de phonèmes. Journées d'études sur la Parole (JEP 04), Rabat, Maroc.
- [2004acti111] Chocron, O., Brener, N., Bidaud, P., et Ben Amar, F. (2004). Evolutionary Synthesis of Structure and Control of Locomotion Systems. CLAWAR'04 : 7th International Conference on Climbing and Walking Robots, Madrid, Espagne.
- [2004acti346] Degris, T., Lachèze, L., Boucheny, C., et Arleo, A. (2004). A Spiking Neuron Model of Head-Direction Cells for Robot Orientation. Dans S. Schaal, A. Ijspeert, A. Billard, S. Vijayakumar, J. Hallam, et J. Meyer, rédacteurs, From Animals to Animats: P/roceedings of the Eighth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, pages 255–263. MIT Press-Bradford Books, Cambridge, Massachusetts.
- [2004acti540] Dionnet, F., Haliyo, S., et Régnier, S. (2004). Autonomous Manipulation using a new strategy of accurate release by rolling. Dans Actes de ICRA'04: IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 5019–5024. La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti542] Dionnet, F., Régnier, S., et Guinot, J. (2004). Vision and force based autonomous micromanipulation. Dans Actes de Romansy'04 - 15th CISM-IFTOMM Symposium on Theory and PrACTice of Robots and Manipulators, Montréal, Canada.
- [2004acti106] Dombre, E., Michelin, M., Pierrot, F., Pognet, P., Bidaud, P., Morel, G., Ortmaier, T., Sallé, D., Zemiti, N., Gravez, P., Bonnet, N., et Karouia, M. (2004). MARGE Project: Modeling and Control of Assistive Devices for Minimally Invasive Surgery. tome 2, pages 1–8. MICCAI 2004; International Society and Conference Series on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, Saint-Malo, France.
- [2004acti355] Doncieux, S., Landau, S., et Guelfi, N. (2004). EcoSFERES: A Tool for the Design of Self-Organized Agent-Based Applications. Dans Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2004) Late-Breaking Paper.
- [2004acti358] Doncieux, S. et Meyer, J.-A. (2004). Evolution of neurocontrollers for complex systems: alternatives to the incremental approach. Dans Proceedings of The International Conference on Artificial Intelligence and Applications (AIA 2004).

- [2004acti359] Doncieux, S. et Meyer, J.-A. (2004). Evolving Modular Neural Networks to Solve Challenging Control Problems. Dans Proceedings of the Fourth International ICSC Symposium on engineering of intelligent systems (EIS 2004).
- [2004acti275] Douret, J. et Benosman, R. (2004). A multi-cameras 3D volumetric method for outdoor scenes: a road traffic monitoring application. ICPR'04, (International Conference on Pattern Recognition), Cambridge, UK.
- [2004acti274] Douret, J. et Benosman, R. (2004). A volumetric multi-cameras dedicated to road traffic monitoring. IEEE intelligent vehicle, Parme, Italie.
- [2004acti543] Driesen, W., Varidel, T., Régnier, S., et Breguet, J. (2004). Micro manipulation by adhesion with two collaborating mobile micro robots. Dans Actes de IWMMF'2004: 4th International Workshop on Microfactories, pages 188–193. Shanghai, Chine.
- [2004acti276] Fabrizio, J. et Devars, J. (2004). The Perspective-N-Point Problem for Catadioptric Sensors: An Analytical Approach. International Conference on Computer Vision and Graphics (ICCVG'04), Kluwer in the book series COMPUTATIONAL IMAGING AND VISION, Warsaw ,Pologne.
- [2004acti371] Filliat, D., Girard, B., Guillot, A., Khamassi, M., Lachèze, L., et Meyer, J.-A. (2004). State of the artificial rat Psikharpax. Dans S. Schaal, A. Ijspeert, A. Billard, S. Vijayakumar, J. Hallam, et J.-A. Meyer, rédacteurs, From Animals to Animats 8: Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, pages 3–12. MIT Press, Cambridge, MA.
- [2004acti381] Flacher, F. et Sigaud, O. (2004). BASC, a Bottom-up Approach to automated design of Spatial Coordination. Dans S. Schaal, A. Ijspeert, A. Billard, S. Vijayakumar, J. Hallam, et J.-A. Meyer, rédacteurs, From Animals to Animats 8: Proceedings of the Eighth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, pages 435–444. MIT Press, Cambridge, MA.
- [2004acti388] Girard, B., Filliat, D., Meyer, J.-A., Berthoz, A., et Guillot, A. (2004). An integration of two control architectures of action selection and navigation inspired by neural circuits in the vertebrates: The Basal ganglia. Dans H. Bowman et C. Labiouse, rédacteurs, Connectionist Models of Cognition and Perception II, Proceedings of the Eighth Neural Computation and Psychology Workshop, pages 72–81. World Scientific.
- [2004acti86] Grand, C., Ben Amar, F., Plumet, F., et Bidaud, P. (2004). Decoupled control of posture and trajectory of the hybrid wheel-legged robot Hylos. pages 5111–5116. Actes de ICRA'04 : IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti396] Guessoum, Z., Rejeb, L., et Sigaud, O. (2004). Using XCS to build Adaptive Agents. Dans Proceedings of the Fourth Symposium on Adaptive Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS-4), AISB convention, pages 101–106. Leeds.
- [2004acti539] Haliyo, S., Régnier, S., et Guinot, J. (2004). Micro-manipulation using adhesion forces and dynamical effects. Dans Actes de IFToMM'03: the 11th World Congress in Mechanism and Machine Science, pages 1405–1410. Tianjin, Chine.
- [2004acti98] Hennion, B., Villanova, J., Guinot, J., Depecker, M., Neveu, P., Renous, S., et Gas, B. (2004). A biomimetic Approach to quadrupedal walking modelling. Actes sur CD-ROM de WAC'04 : World Automation Congress, Seville, Espagne.
- [2004acti277] Herry, S., Gas, B., Sedogbo, C., et Zarader, J. (2004). Language detection by neural discrimination. International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 04), Iles Jeju, Corée.
- [2004acti424] Khamassi, M., Girard, B., Berthoz, A., et Guillot, A. (2004). Comparing three Critic Models of Reinforcement Learning in the Basal Ganglia Connected to a Detailed Actor in a S-R Task. Dans F. Groen, N. Amato, A. Bonarini, E. Yoshida, et B. KrÅse, rédacteurs, Proceedings of the Eighth International Conference on Intelligent Autonomous Systems, pages 430–437. IOS Press, Amsterdam, Netherlands.
- [2004acti434] Labbé, V. et Sigaud, O. (2004). Anticipation of Periodic Movements in Real Time 3D Environments. Dans Proceedings of the Anticipatory Behavior in Adaptive Learning Systems (ABIALS) 2004 Workshop, Los Angeles, CA.

- [2004acti439] Landau, S. et Sigaud, O. (2004). A Michigan style architecture for learning finite state controllers: a first step. Dans Proceedings of the Seventh International Workshop on Learning Classifier Systems, Seattle, WA.
- [2004acti682] Libersa, C., Bernardoni, P., Hafez, M., Bidard, C., et Bidaud, P. (2004). Flexin : un outil d'aide à la conception de structures mécaniques à déformations et actionnement répartis. Application microrobotique. 7èmes journées du pole Microrobotique, Lausanne, Suisse.
- [2004acti108] Maingreud, F. et Pissaloux, E. (2004). Dynamic electronic map for 3D space representation : an approach to obstacle avoidance of visually impaired. IEEE AFRICON 2004, Botswana.
- [2004acti84] Maingreud, F., Pissaloux, E., Leroux, C., et Micaelli, A. (2004). Biologically inspired 3D scene depth recovery from stereo images. IEEE Int. Symp. On Industrial Electronics (ISIE04), Ajaccio, France. ISBN: 0-7803-8305-2 (CD).
- [2004acti95] Maingreud, F., Pissaloux, E., et Orange, C. (2004). Validation of a dynamic electronic obstacles map. Actes de ECVHI'04: European Conference on Assistive Technologies for Vision and Hearing Impairment, Grenade, Espagne.
- [2004acti104] Maingreud, F., Vélazquez, R., et Pissaloux, E. (2004). Understanding environment structure with tactile map. pages 539–545. IEEE 8th International Conference on Information Visualisation, Londres, Royaume-Uni.
- [2004acti97] Médéric, P., Pasqui, V., Plumet, F., et Bidaud, P. (2004). Design of a walking-aid and sit to stand transfer assisting device for elderly people. Actes de ROMANSY'04 : 15th CISM-IFTOMM Symposium on Robot Design, Dynamics and Control, St Hubert, Canada.
- [2004acti110] Médéric, P., Pasqui, V., Plumet, F., et Bidaud, P. (2004). Sit to Stand Transfer Assisting by an Intelligent Walking-Aid. CLAWAR'04 : 7th International Conference on Climbing and Walking Robots, Madrid, Espagne.
- [2004acti119] Médéric, P., Pasqui, V., Plumet, F., Bidaud, P., et Guinot, J. (2004). Control of an active walking aid during the sit to stand transfer. Actes sur CD-ROM de IARP'04: 3rd International Advanced Robotics Programme - International Workshop on Technical Challenges for Dependable Robots in Human Environments, Salford, Angleterre.
- [2004acti451] Meyer, J.-A. (2004). Le projet Psikharpax: objectifs et réalisations. Dans Ghallab, rédacteur, 2èmes Journées du Programme Interdisciplinaire ROBEA, pages 35–42. Publication LAAS, Toulouse.
- [2004acti458] Meyer, J.-A., Guillot, A., Pirim, P., et Berthoz, A. (2004). Psikharpax: An autonomous and adaptive artificial rat. Dans Proceedings of the 35th International Symposium on Robotics (ISR2004). CD ROM ISR, Paris.
- [2004acti279] Mostafaoui, G., Achard, C., et Milgram, M. (2004). Object velocity estimation on images sequences by Hough Transform with projection. tome 3, pages 83–86. ICPR (International Conference on Pattern Recognition), Cambridge, UK.
- [2004acti464] Muratet, L., Doncieux, S., et Meyer, J.-A. (2004). A biomimetic reactive navigation system using the optical flow for a rotary-wing UAV in urban environment. Dans Proceedings of the 35th International Symposium on Robotics (ISR2004), CD ROM ISR, Paris.
- [2004acti100] Ortmaier, T., Weiss, H., et Hirzinger, G. (2004). Telepräsenz und Teleaktion in der minimal invasiven Chirurgie. Robotik 2004, Leistungsstand, Anwendungen, Visionen, Trends, Veranstalter: VDI/GMA und DGR, Munich, Allemagne.
- [2004acti283] Oudot, L., Prevost, L., et Milgram, M. (2004). An activation-verification model for on-line text recognition. pages 9–13. IWFHR'04 (International Workshop on Frontier of Handwriting Recognition), Tokyo, Japon.
- [2004acti284] Oudot, L., Prevost, L., et Moises, A. (2004). Self-supervised adaptation for handwritten text recognition. pages 485–491. IWFHR'04 (International Workshop on Frontier of Handwriting Recognition), Tokyo, Japon.

- [2004acti281] Oudot, L., Prevost, L., et Moises, A. (2004). Self-supervised writer adaptation using perceptive concepts: Application to on-line text recognition. tome 2, pages 598–601. ICPR'04 (International Conference on Pattern Recognition), Cambridge, UK.
- [2004acti107] Pissaloux, E., Vélazquez, R., et Maingreaud, F. (2004). On 3D World Perception: Towards a Definition of a Cognitive Map based Electronic Travel Aid. 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, San Francisco, Etats-Unis.
- [2004acti101] Sallé, D. et Bidaud, P. (2004). An Optimal kinematic design for a highly dextrous MIS instrument. pages 399–408. Actes de ARK'04 : Advances in Robot Kinematics, Sestri Levante, Italie.
- [2004acti102] Sallé, D., Bidaud, P., et Cepolina, F. (2004). Task based optimization method for the design of modular minimally invasive surgery instruments. Actes de ROMANSY'04 : 15th CISM-IFTOMM Symposium on Robots and Manipulators, Montreal, Canada.
- [2004acti90] Sallé, D., Bidaud, P., et Morel, G. (2004). Optimal Design of High Dexterity Modular MIS Instrument for Coronary Artery Bypass Grafting. tome 2, pages 1276– 1281. Actes de ICRA'04 : IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti105] Sallé, D., Cepolina, F., et Bidaud, P. (2004). Surgery grippers for Minimally Invasive Heart Surgery. IMG04, Intelligent Manipulation and Grasping Conference, Gêne, Italie.
- [2004acti78] Schramm, F. et Morel, A., G. and Lottin (2004). Image Based Visual Servoing from Groups of 3D point. Actes de ISR'04: 35th International Symposium on Robotics, Paris, France.
- [2004acti89] Schramm, F. et Morel, G. (2004). A Calibration free Analytical Solution to Image Points Path Planning that Ensures Visibility. tome 1, pages 485–490. Actes de ICRA'04 : IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti88] Schramm, F., Morel, G., Micaelli, A., et Lottin, A. (2004). Extended 2D Visual Servoing. tome 1, pages 267–273. Actes de ICRA'04 : IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti278] S.H., I. et Benosman, R. (2004). Geometric Construction of the Caustic Curves for Catadioptric Sensors. Proceedings of Int Conference on Image Processing ICIP 2004, Singapour.
- [2004acti80] Shi, J., Médéric, P., Pasqui, V., Morel, G., et Wang, S. (2004). Preliminary Results on the Design of a Novel Laparoscopic Manipulator. Proceedings of the 11th world congress on the theory of machines and mechanisms, Tianjin, R.P. Chine.
- [2004acti476] Sigaud, O., Gourdin, T., et Wuillemin, P.-H. (2004). Improving MACS thanks to a comparison with 2TBNs. Dans Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO'04, pages 810–823. Springer Verlag.
- [2004acti289] Smadja, L., Benosman, R., et Devars, J. (2004). Cylindrical Sensor Calibration Using Lines. IEEE European Conference on Computer Vision 04, Proc. Omnivis' 04, Prague.
- [2004acti288] Smadja, L., Benosman, R., et Devars, J. (2004). Non-linear Sensor Calibration Using a Line Detection. International Conference on Image Processing 04, Singapour.
- [2004acti112] Velázquez, R. et Pissaloux, E. (2004). Design of Shape Memory Alloy Helical Springs Using Force and Time Response Criteria. Mechatronics & Robotics 2004, Aix la Chapelle, France.
- [2004acti103] Vitrani, M., Nikitczuk, J., Morel, G., et Mavroidis, C. (2004). Torque Control of Electro-Rheological Fluidic Actuators. tome 6, pages 5072–5077. Actes de ACC'2004 : American Control Conference, Boston Massachusetts, Etats-Unis.
- [2004acti92] Vitrani, M., Nikitczuk, J., Morel, G., et Mavroidis, C. (2004). Torque Control of Electrorheological Fluidic Actuators for Haptic Vehicular Instrument Controls. tome 1, pages 764–769. ICRA'04 - IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti94] Vélazquez, R., Pissaloux, E., et Le Polotec, P. (2004). Towards a Local Spatial Representation System for Mobility Assistance of the Blind. Actes de ECVHI'04: European Conference on Assistive Technologies for Vision and Hearing Impairment, Grenade, Espagne.

- [2004acti83] Vélazquez, R., Szewczyk, J., Pissaloux, E., et Hafez, M. (2004). Design and Characterization of a Shape Memory Alloy Based Micro-Actuator for Tactile Stimulation. pages 3–8. 2004 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, (ISIE04), Ajaccio, France. ISBN: 0-7803-8305-2 (CD).
- [2004acti82] Vélazquez, R., Szewczyk, J., Pissaloux, E., et Hafez, M. (2004). Touch Stimulation through a SMA Actuated Micro-Mechanism. pages 1405–1410. 14th IEEE-SPIE Symposium on Electronics for High Energy Physics, Photonics and Web Engineering, Varsovie, Pologne.
- [2004acti91] Zanne, P., Morel, G., et Plestan, F. (2004). Robust 3D Vision Based Control and Planning. tome 5, pages 4423–4428. Actes de ICRA'04 : IEEE International conference on Robotics and Automation, La Nouvelle Orléans, Etats-Unis.
- [2004acti114] Zemiti, N., Ortmaier, T., et Morel, G. (2004). A New Robot for Force Control in Minimally Invasive Surgery. tome 4, pages 3643–3648. IROS 2004; 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sendai, Japon.
- [2004acti99] Zemiti, N., Ortmaier, T., Vitrani, M., et Morel, G. (2004). A Force Controlled Laparoscopic Surgical Robot without Distal Force Sensing. ISER 2004; 9th International Symposium on Experimental Robotics, Singapour.

Publications dans des conférences nationales avec comité de lecture (ACLN)

- [2007actn670] Ben Amar, F., Bidaud, P., Barthélémy, S., et Grand, C. (2007). Mobilité et stabilité des systèmes à roues et/ou pattes. Actes des Journées Nationales de Recherche en Robotique JNRR'07, Strasbourg, France.
- [2007actn678] Chang, R. et Benosman, R. (2007). Synchronisation de réseaux de caméras à partir d'objets rigides. Journées Orasis, Congrès des jeunes chercheurs en vision par ordinateur, Obernai, France.
- [2007actn636] Charbuillet, C., Gas, B., Chetouani, M., et Zarader, J. (2007). Combinaison de codeurs par algorithme génétique ; Application à la vérification de locuteur. GRETSI'07, Troyes, France.
- [2007actn596] Clady, X., Negri, P., Milgram, M., et Poulénard, R. (2007). Reconnaissance multiclassées de type de véhicules à l'aide d'algorithme de votes sur des contours orientés. Dans Grets, Troyes, France.
- [2007actn635] Dahmani, H., Selouani, S., Chetouani, M., et Doghmane, N. (2007). Ressources linguistiques pour l'assistance aux aphasiques d'une région de l'est algérien. RJCP'07, Paris, France.
- [2007actn748] Ketchazo, C. et Chetouani, M. (2007). Extraction de caractéristiques dans les signaux de parole pathologique. Journées de Phonétique Clinique, Grenoble, France.
- [2007actn632] Muhammad, S., Prevost, L., Belaroussi, R., et Milgram, M. (2007). Combinaison de réseaux neuronaux pour la localisation des caractéristiques faciales dans des images de visages sans contrainte d'orientation. pages 305–307. CAP'07 (Conférence francophone sur l'Apprentissage automatique), Grenoble, France.
- [2007actn595] Negri, P., Clady, X., Milgram, M., et Poulénard, R. (2007). Système de reconnaissance multiclassées de type de véhicule. Dans Orasis, Obernai, France.
- [2007actn634] Ringeval, F., Chetouani, M., et Zarader, J. (2007). Analyse et identification automatique des troubles de la parole chez les enfants autistes. RJCP'07 (Réseau de Jeunes Chercheurs en Parole), Paris, France.
- [2006actn594] Bailly, K., Clady, X., Benosman, R., Chetouani, A., et Milgram, M. (2006). Système multivues pour l'analyse des gestes et du regard du bébé : application à la détection des troubles du langage. Dans MajecStic, Lorient, France.
- [2006actn350] Degris, T., Sigaud, O., et Willemin, P.-H. (2006). Apprentissage de la structure des processus de décision markoviens factorisés pour l'apprentissage par renforcement. Dans Actes de la conférence JFPDA'06, pages 89–96. Toulouse.
- [2006actn687] Le Garrec, J., Andriot, C., Merhliot, X., et Bidaud, P. (2006). Virtual grasping of deformable objects with exact contact friction in real time. In proceedings of International Conferences in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision WSCG 2006.

- [2006actn737] Mokhber, A., Achard, C., et Milgram, M. (2006). Reconnaissance d'actions par des caractéristiques globales. MajecStic.
- [2006actn593] Negri, P., Clady, X., et Milgram, M. (2006). Reconnaissance par vision du type d'un véhicule. Dans MajecStic, Lorient, France.
- [2006actn721] Pissaloux, E., Maingreud, F., Velazquez, R., et Fontaine, E. (2006). Validation expérimentale du concept d'aide cognitive à la déambulation. pages 271–287. HANDICAP 2006, Paris, France.
- [2006actn681] Sallé, D. et Bidaud, P. (2006). Conception optimale de systèmes robotiques redondants pour la chirurgie mini-invasive. Actes du Congrès Français de Mécanique.

Conférences internationales invitées (INVI)

- [2007invi643] Pasqui, V., Plumet, F., Saint-Bauzel, L., et Bidaud, P. (2007). Design and control of rehabilitations devices. 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Roma, Italy.
- [2007invi644] Pasqui, V., Saint-Bauzel, L., et Bidaud, P. (2007). Robotique pour l'assistance et la rééducation. First National conference on Mechanics and Engineering Systems, Boumerdes, Algérie.
- [2007invi700] Pissaloux, E. (2007). Neurocognitive approach to visual handicap. European Conference on Visually and Hearing Impairment (ECVHI), Granada. (tutoriel).
- [2007invi699] Pissaloux, E. (2007). Towards cognitive vision. CONACYT 13^o Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Aguascalientes, Mexico.
- [2006invi157] Pissaloux, E. (2006). On Image processing, Vision and Human Visual Perception. Workshop on « Digital Imaging and Pattern Recognition » de l'Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR), Innsbruck, Autriche.
- [2005invi584] Bailly, K., Clady, X., Benosman, R., et Milgram, M. (2005). Visual perception for hands and gaze tracking in 3-9 months old childs. News Tools for new approaches of the babies Prince and Pile Programs. Dans European Congress of Waihm (World Association for Infant Mental Health), Rome, Italie.
- [2005invi156] Bidaud, P. (2005). Microrobotics system for minimally invasive surgery and micromanipulation. Keynote paper MMAR'05 : IEEE International conference on Methods and Model in Automation and Robotics, Miedzyzdroje, Pologne.
- [2005invi322] Chetouani, M. (2005). Non-linear predictive modelling for future speech processing applications. IEEE UKRI IAS Chapter sponsored Seminar & Technical Meeting, Stirling.
- [2005invi311] Hussain, A., Chetouani, M., Squartini, S., Bastari, A., et Piazza, F. (2005). Up-to-date Review of Non-Linear Speech Enhancement. NON Llinear Speech Processing (NOLISP 05), Barcelone, Espagne.
- [2005invi567] Régnier, S., Rougeot, P., et Chaillet, N. (2005). Forces analysis for micro-manipulation. Dans Actes sur CD ROM de CIRA'05 : IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Espoo, Finlande. Session invitée.
- [2004invi152] Bidaud, P. (2004). Advanced robotics systems for MIS and rehabilitation. Keynote paper. Conf on Interdisciplinary Approach to Medical Solutions, Leeds, Royaume Uni.
- [2004invi151] Bidaud, P. et Guinot, J. (2004). Modeling and Design of robot complex architectures. IFToMM'03 : the 11th world congress on the theory of machines and mechanisms, Tianjin, R.P. Chine.
- [2004invi310] Chetouani, M., Gas, B., et Zarader, J. (2004). Learning Vector Quantization and Neural Predictive Coding for Nonlinear Speech Feature Extraction. EUropean Signal Processing CONference 2004 (EUSIPCO'04), Vienne, Autriche.
- [2004invi153] Pissaloux, E. (2004). On the Relation between Human and Computer Vision. IEEE ICIG (Int. Conf. on Image and Graphics), Hong-Kong, Chine.

Conférences nationales invitées (INVN)

- [2006invn702] Pissaloux, E. (2006). Déplacement des déficients visuels dans l'espace: principes et aides technologiques. ARiBa (Assoc. de Recherche et d'Initiatives en Basse Vision) et INSERM, U371, Lyon, France.
- [2006invn701] Pissaloux, E. (2006). Image processing, vision and visual perception : from physiology to architecture. pages 165–172. Int. Conf. on Vision, New Zealand.
- [2006invn703] Velazquez, R. et E., P. (2006). A Low-Cost Highly Potable Tactile Display based on Shape Memory Alloy Micro-Actuators. Eurohaptics, Paris, France.

Communications sans actes (COM)

- [2007com750] Achard, C. et Mokhber, A. (2007). Reconnaissance d'actions. Dans Action Spécifique Geste et Action, GdR ISIS.
- [2007com754] Achard, C., Mokhber, A., Qu, X., et Milgram, M. (2007). Reconnaissance d'actions, Action Spécifique Geste et Action. GdR ISIS.
- [2007com647] Guinot, J. (2007). Mécanique: Leonard de Vinci et les ingénieurs italiens de la Renaissance. Collège des Universités de Paris, Réfectoire des Cordeliers, La passion Leonard.
- [2007com664] Mabit, C., Pinault, S., Mammari, H., Besse, M., Lucas, S., Oliveres, S., Pechmagre, C., et Rakotonirina, A. (2007). Comparaison de plusieurs systèmes de positionnement en protonthérapie. SFPM 07, Société Française de Physique Médicale, St Malo, France.
- [2007com663] Pinault, S., Morel, G., Ferrand, R., Auger, M., et Mabit, C. (2007). Eagle, an infrared registration system for patient positioning. PTCOG 07, Particle Therapy Co-Operative Group Zibo, Chine.
- [2006com749] Achard, C. et Mokhber, A. (2006). Reconnaissance d'actions de la vie de tous les jours. Dans ALLISA'06, modélisation des données d'environnements multipercéptifs en santé.
- [2006com753] Achard, C. et Mokhber, A. (2006). Reconnaissance d'actions de la vie de tous les jours. ALLISA'06 : modélisation des données d'environnements multipercéptifs en santé.
- [2006com671] Brener, N., Ben Amar, F., et Bidaud, P. (2006). Modeling lattice modular systems with space groups. Robotics Sciences and Systems Workshop on Self-reconfigurable Modular Robots, Philadelphie, USA.
- [2006com351] Dolle, L., Khamassi, M., Guillot, A., et Chavarriaga, R. (2006). Coordination of learning modules for competing navigation strategies into different mazes. Dans Poster presented at Workshop Parallel memory systems for spatial cognition, Rome, Italy.
- [2006com665] Dombre, E., Poignet, P., Renaud, P., Sauvée, M., Triboulet, J., Bidaud, P., Morel, G., Ortmaier, T., Vitrani, M., Rotinat-Libersa, C., Jardin, A., Bonnet, N., Karouia, M., Chavanon, O., Daanen, V., et Troccaz, J. (2006). Projet GABIE : Guidage Actif Basé sur l'Imagerie Echographique. Journées bilan des projets ROBEA, Paris, France.
- [2006com637] Mokhber, A., Achard, C., et Milgram, M. (2006). Reconnaissance d'actions par des caractéristiques globales. Journée Jeunes Chercheurs en Visage-Geste-Mouvement, Paris, France.
- [2006com758] Pasqui, V. (2006). Le robot d'assistance aux déplacements MONIMAD. Conférence Nationale ALLISA'06, Ivry sur Seine.
- [2005com321] Belaroussi, R., Ivaldi, W., L., P., et M., M. (2005). Localisation du visage, des yeux et fusion multi-caméras. Journée « Analyse de visage », GdR ISIS Thème E, janvier 2005.
- [2005com219] Bernardoni, P., Libersa, C., Bidart, C., Friconneau, J., Bidaud, P., et Millet, O. a. (2005). Une nouvelle méthode de conception de mécanismes à déformations réparties et actionnement discret. 17ème Congrès Français de Mécanique, Troyes, France.
- [2005com210] Dombre, E., Pierrot, F., Poignet, P., Renaud, P., Sauvée, M., Triboulet, J., Bidaud, P., Morel, G., Ortmaier, T., Pinault, S., Vitrani, M., Gravez, P., Bonnet, N., Karouia, M., Chavanon, O., Daanen, V.,

- et Troccaz, J. (2005). Projet GABIE : Guidage Actif Basé sur l'Imagerie Échographique. Journées CNRS ROBEA, Montpellier, France.
- [2005com209] Maingreud, F., Pissaloux, E., et Berthoz, A. (2005). Intégration de l'espace via retour tactile global & carte cognitive. Journées du GDR STIC Santé/IEEE EMB France/SFOP, Paris, France.
- [2005com217] Médéric, P., Pasqui, V., Plumet, F., et Guinot, J. (2005). Conception d'un système d'assistance pour les personnes âgées. Actes sur CD-RoM du 17ème Congrès Français de Mécanique, Troyes, France.
- [2005com221] Morel, G. et Gangloff, J. (2005). Commande Référencée Capteur en Robotique Médicale et Chirurgicale. pages 131–142. Actes de JNNR'05 : 5èmes Journées Nationales de la Recherche en Robotique, Guidel, France.
- [2005com757] Pasqui, V. (2005). MONIMAD, une interface robotique pour l'aide à la verticalisation et à la déambulation. Séminaire thématique inter-projets Recherche technologique pour l'aide et l'assistance à domicile des personnes âgées, Grenoble, France.
- [2005com214] Pissaloux, E. (2005). De la perception de l'espace et de son intégration dans une aide à la navigation de déficients visuels « Lunettes Intelligentes ». Journée « Vision », SFOP (Société Française de l'Optique Physique), Paris, Hôpital XV-XX, France.
- [2005com223] Pissaloux, E. et Berthoz, A. (2005). On space and its integration in navigation tools for visually impaired. Journées PICS, Program International of Scientific Cooperation, Workshop Franco-Singapourien, INRIA, Singapour.
- [2005com222] Pissaloux, E. et Berthoz, A. (2005). Space and its visuo-inertio-tactile representation. Journées PICS, Program International of Scientific Cooperation, Workshop Franco-Singapourien, INRIA, Singapour.
- [2005com211] Pissaloux, E., Berthoz, A., et Maingreud, F. (2005). Projet HuPer, Rapport d'avancement. Journées du Programme ROBEA, Montpellier, France.
- [2005com213] Rougeot, P., Régnier, S., et Chaillet, N. (2005). Confrontation modèle expérimentations des forces du micro-monde pour la micro-manipulation. Actes sur CD ROM du Séminaire de micro-assemblage, EPFL, Lausanne, Suisse.
- [2005com218] Sallé, D. et Bidaud, P. (2005). Conception optimale de systèmes robotiques redondants pour la chirurgie mini-invasive. 17ème Congrès Français de Mécanique, Troyes, France.
- [2005com215] Velazquez, R., Hafez, M., Szewczyk, J., et Pissaloux, E. (2005). Etude Théorique et Expérimentale des Propriétés Thermomécaniques des Alliages à Mémoire de Forme: Application à la Conception des Actionneurs du Type Antagoniste. 17ème Congrès Français de Mécanique, Troyes, France.
- [2005com220] Velázquez, R., Szewczyk, J., Hafez, M., et Pissaloux, E. (2005). Une Interface Tactile Portable à Bas Coût pour le Handicap Visuel. 5èmes Journées Nationales de la Recherche en Robotique, Guidel, France.
- [2004com202] Dombre, E., Michelin, M., Poignet, P., Bidaud, P., Morel, G., Sallé, D., Médéric, P., Gravez, P., Karouia, M., et Bonnet, N. (2004). Projet MARGE: Modélisation, Apprentissage et Reproduction du Geste Endochirurgical. Journées CNRS-ROBEA, Toulouse, France.
- [2004com320] M., C., Faundez-Zanuy, M., Gas, B., et Zarader, J. (2004). Non-linear speech feature extraction for phoneme classification and speaker recognition. Meeting COST 277, Limerick, Irlande.
- [2004com203] Maingreud, F., Pissaloux, E., et Gellin, R. (2004). Notion d'obstacles au déplacement et de leur perception : définition d'une interface visuo-tactile. Handicap2004, Paris, France.
- [2004com204] Pissaloux, E. (2004). Aides technologiques aux déplacements des déficients visuels : un état de l'art en France. Journée de Travail de l'IFRATH, Approche, Paris, France.
- [2004com208] Schaff, M., Rumeau, P., Steenkeste, F., Pasqui, V., Dupourque, V., Mederic, P., Moulias, S., et Noury, N. (2004). Aides intelligentes à la marche, une nécessité pour la compensation du handicap locomoteur chez la personne âgée. Colloque les nouvelles technologies dans la cité, Rennes, France.
- [2004com206] Velazquez, R. et Pissaloux, E. (2004). Miniature en Alliages à Mémoire de Forme pour l'Affichage Tactile d'Informations. 3ème Journées du CNRS RTP Micro-Robotique, Lausanne, France.

- [2004com207] Zemiti, N., Ortmaier, T., et Morel, G. (2004). MC2E : un robot de chirurgie mini-invasive commandé en effort. JJCR, Douai, France.

Brevets (BR)

- [2005br723] Leroux, C. et Martin, L. (2005). Procédé de mise en correspondance d'images stéréoscopique. Brevet fr 12359.
- [2005br853] Morel, G. et Zemiti, N. (2005). Dispositif de trocart pour le passage d'un instrument chirurgical. PCT WO 2005/067804..
- [2004br239] Herry, S., Gas, B., Sedogbo, C., et Zarader, J. (2004). Procédé d'identification automatique de langues, en temps réel, dans un signal audio et dispositif de mise en oeuvre. Brevet National n° 04 02597 de Mars 2004 étendu à l'europe et USA (PCT : 050869).

Thèses et habilitations à diriger des recherches (THDR)

- [2007thdr736] Achard, C. (2007). HdR : Du traitement d'images à la reconnaissance des formes. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2007thdr181] Girot, M. (2007). Plate-forme d'étude de la Mécanotransduction cellulaire. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2007thdr182] Herry, S. (2007). Détection automatique de langue par discrimination d'expert. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2007thdr769] Ivaldi, W. (2007). Synthèse de vue frontale et modélisation 3D de visages par vision multi-caméra. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- [2007thdr178] Khamassi, M. (2007). Rôles complémentaires du cortex préfrontal et du stratum dans l'apprentissage et le changement de stratégies de navigation fondées sur la récompense chez le rat. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2007thdr170] Le Garrec, J. (2007). Simulation multimodale interactive pour le prototypage virtuel. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2007thdr171] Lemenn, F. (2007). Evaluation et optimisation de la locomotion de systèmes mobiles reconfigurables. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr741] Belaroussi, R. (2006). Localisation du visage dans images et séquences vidéos couleur. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr680] Benosman, R. (2006). HDR: Vision Omnidirectionnelle : Théorie, Capteurs et Applications. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr180] Hennion, B. (2006). Une approche bio-inspirée de la locomotion quadrupède. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr172] Médéric, P. (2006). Conception et Commande d'un système robotique d'assistance à la verticalisation et à la déambulation. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr752] Morel, G. (2006). HDR : Robotique de manipulation : commande référencée capteurs et applications médico-chirurgicales. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr740] Régnier, S. (2006). HDR : La manipulation aux échelle microscopiques. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr173] Shramm, F. (2006). Contribution à l'asservissement visuel . La commande 2D étendue. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr179] Velazquez-Guerrero, R. (2006). Contribution à la conception et à la réalisation d'interfaces tactiles portables pour les déficients visuels. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2006thdr174] Vitrani, M. (2006). Asservissement visuel à partir d'images échographiques. Application à la chirurgie intra-cardiaque. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.

- [2005thdr768] Bigrone, E. (2005). Détection et caractérisation de points singuliers pour l'appariement et l'indexation d'images couleurs. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr177] Cepolina, F. (2005). Development of microtools for surgical applications. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr167] Desars, V. (2005). Conception et commande d'une micro-structure active à haute mobilité. Application à la chirurgie mini-invasive. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr166] Dionnet, F. (2005). Télé-micromanipulation par adhésion. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr378] Flacher, F. (2005). Génération Ascendante de Coordination Spatiale. Vers une conception automatisée du contrôle de coordination spatiale. Thèse de doctorat, spécialité informatique, LIP6/AnimatLab, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.
- [2005thdr679] Gas, B. (2005). HDR : Méthodes neuronales pour l'extraction de caractéristiques non linéaires et discriminantes: application aux signaux de parole. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr766] Ieng, S. (2005). Etude des propriétés géométriques des capteurs panoramiques. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr175] Maingreau, F. (2005). Une contribution à la perception de l'espace et son intégration dans une aide pour la navigation des déficients visuels. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr767] Mostafaoui, G. (2005). Détection de mouvements et suivi de personnes dans les séquences d'images couleur. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2005thdr467] Robert, G. (2005). MHiCS, une architecture de sélection de l'action Motivationnelle et Hiérarchique à Systèmes de Classeurs pour Personnages Non Joueurs adaptatifs. Thèse de doctorat, spécialité informatique, LIP6/AnimatLab, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.
- [2005thdr176] Zemiti, N. (2005). Commande en effort des systèmes robotiques pour la chirurgie mini-invasive. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr163] Bernardoni, P. (2004). Outils et méthodes de conception de structures mécaniques à déformations réparties et actionnement discret - Application à la micro-robotique. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr759] Chavy, C. (2004). Codeur neuronal prédictif : application au codage de phonèmes. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr760] Chetouani, M. (2004). Codage neuro-prédictif pour l'extraction de caractéristiques de signaux de paroles. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- [2004thdr761] Dorval, T. (2004). Approches saillantes et psycho-visuelles pour l'indexation d'images couleur. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr762] Douret, J. (2004). Conception et réalisation d'un capteur stéréoscopique pour la détection en condition d'éclairage naturel. Application à l'analyse automatique du trafic. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr763] Fabrizio, J. (2004). Localisation d'obstacles coopératifs par systèmes de vision classiques et panoramiques. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr393] Gourichon, S. (2004). Utilisation d'un compas visuel pour la navigation d'un robot mobile. Thèse de doctorat, spécialité informatique, LIP6/AnimatLab, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.
- [2004thdr164] Grand, C. (2004). Optimisation et commande des modes de déplacement des systèmes locomoteurs hybrides roue-patte. Application au robot Hylos. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr764] Ieng, S. (2004). Méthodes robustes pour la détection et suivi des marquages. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.

- [2004thdr765] Labayrade, R. (2004). Détection générique, robuste et rapide d'obstacles routiers par stéréovision embarquée. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr165] Sallé, D. (2004). Conception Optimale d'Instruments Robotisés à Haute-Mobilité pour la Chirurgie Mini-Invasive. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- [2004thdr473] Sigaud, O. (2004). Comportements adaptatifs pour des agents dans des environnements informatiques complexes. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.

ANNEXE 1 : LISTE DES PERSONNELS PERMANENTS DE L'ISIR

NOM	Prénom	Etablissement	Section CNU ou CN
Professeurs (9)			
BIDAUD	Philippe	Paris 6	60
DEVARS	Jean	Paris 6	61
DO	Manh-Cuong	Paris 11	74
GUINOT	Jean-Claude	Paris 6	60
MILGRAM	Maurice	Paris 6	61
MOREL	Guillaume	Paris 6	60
PISSALOUX	Edwige	Univ. Rouen	61
SIGAUD	Olivier	Paris 6	27
ZARADER	Jean-Luc	Paris 6	61
Directeur de recherche (1)			
MEYER	Jean-Arcady	CNRS	CN 27
Maîtres de Conférences HDR (5)			
ACHARD	Catherine	Paris 6	61
BENOSMAN	Benjamin Ryad	Paris 6	61
GAS	Bruno	Paris 6	61
GUILLOT	Agnès	Paris 10	69
REGNIER	Stéphane	Paris 6	60
Maîtres de Conférences (13)			
BELLOT	Delphine	Paris 6	60
BEN AMAR	Faiz	UVSQ	60
CHETOUANI	Mohamed	Paris 6	61
CLADY	Xavier	Paris 6	61
DONCIEUX	Stéphane	Paris 6	27
GRAND	Christophe	Paris 11	60
HALIYO	D. Sinan	Paris 6	60
IENG	Sio-Hoï	Paris 6	61
PADOIS	Vincent	Paris 6	27
PASQUI	Viviane	Paris 6	60
PLUMET	Frédéric	UVSQ	61
PREVOST	Lionel	Paris 6	61
SZEWCZYK	Jérôme	UVSQ	60
Ingénieurs – Techniciens - Administratifs (3)			
DAVID	Pascale	CNRS	
TESTA	Alain	CNRS	
VIÉ	Michèle	Paris 6	

ANNEXE 2 : LISTE DES PERSONNELS NON PERMANENTS DE L'ISIR

1. Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche

NOM	Prénom		Etablissement
CHANG	Richard		Paris 6
DAUNAY	Bruno		Paris 6
SAINT-BAUZEL	Ludovic		Paris 6
VITARD	Julien		Paris 6
VITRANI	Marie-Aude		Paris 6

2. Autres Post-Doctorants

NOM	Prénom	Durée	Financement
BELAROUSSI	Rachid	12 mois	Contrat européen
PAIK	Jamie Kyujin	12 mois	Contrat européen
REGUINE KHAMASSI	Medhi	9 mois	Contrat européen
XIE	Hui	12 mois	Contrat européen

3. Doctorants sur les sites de l'ISIR

NOM	Prénom	Début	Financement
ABBACI	Ahlem	10/2006	Contrat Européen
ANGELI	Adrien	10/2005	Bourse DGA
BAILLY	Kévin	02/2005	Bourse EADS
BARTHELEMY	Sébastien	10/2005	Allocation MESR
BESSERON	Guillaume	10/2003	ATER
BOLOPION	Aude	10/2007	Contrat Européen - Monitorat
BRU	Bertrand	10/2007	Allocation MESR
BRENER	Nicolas	10/2003	Contrat RP
CAGNEAU	Barthélémy	10/2005	Allocation MESR – Monitorat
CAI	Viet Anh Dung	10/2007	Allocation MESR – Monitorat
CHARBUILLET	Christophe	09/2004	Allocation MESR
COUVERTURE	Charlie	10/2007	Allocation MESR – Monitorat
DEBAECKER	Thibaud	10/2006	Allocation MESR – Monitorat
DOLLÉ	Laurent	10/2006	Contrat Européen
EL DAOU	Hadi	10/2005	Bourse Etranger
FONTAINE	Eléanor	10/2005	Allocation MESR
HASSAN ZAHRAEE	Ali	10/2007	Contrat Européen – Monitorat
JARRASSÉ	Nathanaël	02/2007	Contrat Européen
LHOMME-DESAGE	Damien	10/2004	Allocation MESR
LUCET	Eric	10/2006	Convention CIFRE

NOM	Prénom	Début	Financement
MAHDHAOUI	Ammar	10/2007	Allocation MESR-Monitorat
MARTINET	Louis-Emmanuel	10/2006	Contrat Européen
MILLET	Guillaume	10/2005	Allocation MESR-Monitorat
MIROIR	Mathieu	10/2005	Convention CIFRE
MOKHBER	Arash	10/2005	Allocation MESR
MOURET	Jean-Baptiste	10/2005	Allocation MESR
MUHAMAD HANIF	Shehzad	10/2006	Bourse Etranger
NEGRI	Pablo	10/2004	Contrat Industriel
N'GUYEN	Quoc Dinh	10/2006	Allocation MESR
RINGEVAL	Fabien	10/2006	Allocation MESR-Monitorat
ROMERO	Hugo	05/2004	Bourse Doctorat Ingénieur
ROMERO RAMIREZ	Miguel	10/2007	Bourse Etranger(Conacyt)
RUBRECHT	Sébastien	10/2007	Convention CIFRE
SALAÜN	Camille	09/2006	Allocation MESR-Monitorat

4. Doctorants sur sites extérieurs

NOM	Prénom	Début	Financement
BEGARD	Julien	10/2005	Contrat CEA
GAUTIER	Mathieu	04/2006	Contrat CEA
GRAYDEN	René	10/2005	Bourse Doctorat Ingénieur(DGA-CNRS)
GUITTENY	Vincent	10/2004	Convention CIFRE
KOZLOVA	Olga	02/2007	Convention CIFRE
LAMY	Xavier	10/2007	Contrat CEA
MANIER	Samuel	02/2007	Convention CIFRE
N'GUYEN	Steve	03/2007	Convention CIFRE
PACORET	Cécile	10/2007	Bourse Doctorat Ingénieur (CEA-CNRS)
PARA	Eric	10/2005	Convention CIFRE
PINAULT	Samuel	11/2004	Convention CIFRE
PIRES	Nuno	04/2006	Convention CIFRE
SOUVESTRE	Florent	02/2007	Convention CIFRE
TRUCHET	Anthony	10/2007	Contrat CEA

ANNEXE 3 : COMPOSITION DU COMITE D'EVALUATION DE FEVRIER 2006

Président : Marc RICHTIN, DR CNRS, LASMEA, Clermont Ferrand

Ali CHARARA, représentant le CNRS, champ thématique « Robotique – Automatique – Signal »

Jean FRÊNE, Professeur, LMS, Poitiers

Malik GHALLAB, DR CNRS, LAAS, Toulouse

Auke Jan IJSPEERT, Professeur, EPFL, Lausanne, Suisse

Maryse LA GREVE, Directrice de la Recherche de l'UPMC.

Gilles PERRIN, Institut Français du Pétrole, représentant de la section 09.

François PIERROT, DR CNRS, LIRMM, Montpellier, représentant de la section 07.

Jean-Charles POMEROL, Professeur, Président de l'UPMC.

François RIEUL, SAGEM SA

Jocelyne TROCCAZ, DR CNRS, TMIC-GMCAO, Grenoble

ANNEXE 4 : COMPOSITION DU CONSEIL DE LABORATOIRE

Le CL de l'ISIR est constitué de quatorze membres dont :

- ➔ un membre de droit (le Directeur) ;
- ➔ neuf membres élus ;
- ➔ quatre membres nommés par le Directeur.

Ils sont répartis comme indiqué dans le tableau ci-dessous entre les différents collèges et sous collèges.

Collège	Chercheurs et Enseignants-Chercheurs			ITA
Sous-collège	Rang A	Rang B	Non-permanents	
Elus	3	3	2	1
Nommés	1	2	1	0

Le premier conseil a été élu le 2 avril 2007. Seules 2 candidatures pour le collège des chercheurs/enseignants-chercheurs, sous-collège rang A ont été enregistrées. Aussi, en accord avec le CNRS (Mr Laplanche – chargé des affaires générales à l'AD Paris-Centre), le conseil de laboratoire a été limité à 13 membres (2 élus seulement pour le CEC-rang A contre 3 initialement). Cette solution présente par ailleurs l'avantage de mieux respecter la distribution rang A / rang B du laboratoire.

La proposition de composition du conseil de laboratoire pour l'ISIR résultant du vote et des nominations est donc :

- ➔ **Kévin BAILLY** (Nommé, Non permanents)
- ➔ **Delphine BELLOT** (Nommée, C/EC, rang B)
- ➔ **Philippe BIDAUD** (Directeur, membre de droit)
- ➔ **Xavier CLADY** (Elu, C/EC, rang B)
- ➔ **Stéphane DONCIEUX** (Elu, C/EC, rang B)
- ➔ **Jean-Claude GUINOT** (Nommé, C/EC, rang A)
- ➔ **Maurice MILGRAM** (Elu, C/EC, rang A)
- ➔ **Olivier SIGAUD** (Elu, C/EC, rang A)
- ➔ **Mathieu MIROIR** (Elu, Non permanents)
- ➔ **Guillaume MOREL** (Elu, C/EC, rang B)
- ➔ **Jean-Baptiste MOURET** (Elu, Non permanents)
- ➔ **Frédéric PLUMET** (Nommé, C/EC, rang B)
- ➔ **Michèle VIE** (Elue, ITA)