

Centre de robotique

(MINES ParisTech – CAOR)

Directeur : Arnaud de LA FORTELLE

Téléphone 01 40 51 92 55
Courriel caor@caor.mines-paristech.fr

Web et publications
<http://www.mines-paristech.fr/Fr/CAOR>

Enseignants chercheurs	18
Autres personnels	14
Doctorants MINES ParisTech	24
Autres étudiants (y compris les Formations spécialisées)	19



Recherche

Le Centre de Robotique étudie les systèmes robotiques sous deux angles. D'un côté une recherche plutôt académique visant à mieux comprendre leur fonctionnement ; de l'autre une recherche appliquée, le plus souvent en coopération avec des industriels, démontrant les capacités de nouvelles méthodes mais offrant aussi la possibilité d'analyser des systèmes réels. Le Centre de Robotique ne vise pas à maîtriser tous les aspects de la robotique, mais un ensemble coordonné de thèmes scientifiques et de techniques permettant de lier théorie et application. Plusieurs choix déterminent cet ensemble : tout d'abord le choix de centrer les applications sur le domaine routier ; ensuite celui d'avoir une approche expérimentale, et donc d'être capable de maîtriser des systèmes complets ; finalement, le choix de transférer nos savoirs et savoir-faire à l'industrie, qui détermine notre forme de recherche.



Formation

Le Centre a une très forte activité d'enseignement au sein de l'École et notamment :

Au niveau du cycle ingénieurs civils

- La responsabilité de la macro-option MAREVA (Mathématiques Appliquées : Robotique, Vision, Automatique) et de l'option SPL (Systèmes de Production et Logistique) en seconde et troisième année ;
- L'organisation de cinq enseignements spécialisés : « Réalité Virtuelle », « Systèmes de Production et Logistique », « Chaîne Logistique Globale », « Acoustique, Informatique et Musique », « Apprentissage Artificiel » ;
- La participation à l'enseignement de tronc commun en électronique, mathématiques et en probabilités ;
- L'enseignement de « Mécatronique », très orienté vers les nouvelles technologies, avec la réalisation de projets innovants ;
- L'organisation et le suivi d'un MIG « Carto-3D » (Module d'Intégration Généraliste) en Cartographie numérique tri-dimensionnelle ;
- La co-responsabilité du département mathématiques et systèmes, notamment sur les aspects d'enseignement.

Au niveau des cycles Master et Mastère

- La responsabilité du mastère spécialisé « MISL acronyme de Management Industriel et Systèmes Logistiques » ;
- Une implication dans le mastère ParisTech Véhicules Électriques.

Autres formations

- La participation à l'enseignement à ISUPFERE en formation continue ainsi qu'au cycle de formation des corps techniques de l'état (introduction aux SPL).

Thèmes scientifiques

Il est classique de présenter un système robotique comme composé de trois fonctions, perception, planification et commande. Le Centre de Robotique possède donc une expertise en traitement du signal et des images pour la perception, en automatique pour la planification et le contrôle. En outre, le Centre développe une expertise en informatique pour les systèmes embarqués, l'apprentissage et la réalité virtuelle, et en recherche opérationnelle pour la logistique.

En perception, les travaux portent en particulier sur la fusion multi-capteurs, par exemple la vidéo, les laserscanners, les capteurs proprioceptifs (incluant l'odométrie ou des capteurs inertiels) ou le GPS. Les données extraites de cette fusion sont complétées par l'interprétation temps-réel de vidéo, notamment en utilisant de l'apprentissage statistique pour la reconnaissance de formes (par exemple pour la détection et reconnaissance visuelle d'objets tels que panneaux, véhicules et piétons), et l'analyse et prédiction de trafic routier.

En contrôle, les recherches portent notamment sur la construction d'observateurs asymptotiques utilisant des propriétés d'invariance, ainsi que des estimateurs algébriques donnant lieu à des filtres numériques

permettant une bonne estimation du signal et de ses dérivées, sur une fenêtre glissante au cours du temps. Cette dernière approche, permet d'appliquer des méthodes de commande de type « boîte grise », permettant de réagir à des dynamiques non connues ou mal modélisées.

En appui de ces domaines, le Centre de robotique conçoit des plates-formes logicielles répondant aux nouveaux besoins des systèmes robotiques mobiles : développement d'applications embarquées temps-réel et interactives, demande croissante de systèmes communicants et distribués, exigence accrue de robustesse et de sécurité des applications, prise en compte des standards et processus de conception. Ses contributions scientifiques relèvent du génie logiciel, des systèmes embarqués et des interfaces homme-machine, et sont principalement appliquées aux secteurs de l'automobile et de la robotique.

Le centre a aussi un axe de recherche sur la simulation dans le domaine routier et dans d'autres secteurs d'activités en exploitant la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée. L'expertise dans ces deux domaines porte sur l'interfaçage comportemental de l'homme dans un monde virtuel. Nos dernières recherches concernent l'immersion et l'interaction avec du matériel grand public low cost. Finalement, la thématique transport est aussi abordée sous l'angle de la logistique, où de nouveaux modèles de déplacement sont étudiés, plus sous un angle organisationnel que technologique, afin notamment de décroître les émissions des véhicules.

Applications et techniques

Les applications sont centrées sur le domaine routier – en témoigne notre participation au consortium LaRA, La Route Automatisée – mais des techniques ou des savoirs peuvent être projetés au-delà de ce thème. En témoigne la transposition en cours de nos compétences en reconnaissance visuelle d'objet aux images 3D obtenues par caméras temps-de-vol. De même, fin 2010 a été soutenue la thèse de O. Hamdoun dans le cadre de laquelle il a développé une approche originale et particulièrement performante pour la ré-identification de personnes entre caméras disjointes, pour les applications de vidéo-surveillance intelligente. De façon similaire, l'application de nos techniques de perceptions dans le domaine de la cartographie mobile a donné lieu à deux thèses.

Dans le cadre de la navigation autonome, notre robot mobile, intégrant en particulier nos algorithmes

de SLAM et de contrôle, a remporté le défi CAROTTE (exploration et cartographie) organisé conjointement par la DGA et l'ANR. L'équipe CoreBots a remporté la victoire devant les équipes de Thalès et de l'ENSTA ParisTech. A noter que ce robot utilise Cables pour son fonctionnement, un produit issu du projet AROS financé par l'ANR, développé intégralement au centre.



Le robot CoreBot vainqueur du défi Carotte, accompagné du trophée délivré par l'ANR et la DGA.

En planification et contrôle, dans la continuité du projet CALK avec Valeo, les estimateurs algébriques et le contrôle sans modèle ont été appliqués avec succès et validés expérimentalement dans le cadre du contrôle Stop&Go de voitures, en présence de dynamiques inconnues (pente, forces aérodynamiques...). Ces travaux se poursuivront via le projet ANR programme blanc INOVE (Une approche INTégrée pour l'OBServation et la commande de la dynamique de VEhicules) coordonné par le GIPSA-Lab de Grenoble.

En RV et en RA, les expérimentations se font dans la salle immersive 3I² pour valider nos recherches et développements en immersion et en interaction du sujet. Un cas particulier concerne les aspects physiologiques de la vision en relief, soit pour des pilotes d'aéronefs (vision de nuit), soit avec des images de synthèse dans les installations RV, travail mené dans

le cadre d'un partenariat de recherche avec l'IRBA (l'Institut de Recherche Biomédicales des armées) pour analyser l'adaptation de l'être humain à ce type de vision.

Partenariats et réalisations

Le Centre de robotique appuie sa recherche sur des expérimentations, à la fois logicielles (matlab, simulateurs) et matérielles. Pour ce faire, nous maintenons des plates-formes expérimentales, notamment une flotte de véhicules (quatre C3 LaRA pour les systèmes coopératifs et LaRA 3D pour la cartographie mobile), des robots mobiles et la salle immersive 3I². Sur ces plates-formes, et sur d'autres systèmes, nous expérimentons et démontrons nos recherches, la plupart du temps effectuées dans un cadre partenarial, comme dans les projets TerraNumerica et DIVAS où nos véhicules ont été utilisés lors des séminaires de clôture.

L'année 2010 a vu la fin du projet KIVAOU financé par l'ANR et mené par SAGEM, et dont le démonstrateur final a intégré notre technique de ré-identification de piétons entre caméras disjointes. Le projet SPEEDCAM (ANR, avec Valeo, et en lien avec Daimler), visant à mettre au point un système d'adaptation automatique de la consigne de limite maximum, s'est poursuivi en 2010. De même pour le projet DeuFraKo ICADAC (en collaboration avec Audi et Valeo), portant notamment sur la détection automatique de pluie par vision. En ce qui concerne le trafic routier, le projet ANR TRAVESTI s'est vu renforcé par le projet PROBEX finançant l'initiation d'une collaboration dans ce domaine avec Berkeley, et par le démarrage du FUI PUMA, qui doit mettre en place une expérimentation réelle avec un millier de véhicules traceurs dans la ville de Rouen.

Dans le cadre du projet EDONA, le Centre de Robotique a développé EDONA/HMI Prototyping (<http://code.google.com/p/edona-hmi/>), une plate-forme innovante et open-source de prototypage d'interfaces graphiques pour les systèmes critiques dans l'automobile. Elle se compose d'un modèle innovant de description des interfaces, d'outils de manipulation des modèles (graphique et fonctionnel), d'un générateur de composants et d'une architecture d'exécution associée. Cet environnement a été appliqué au projet ANR LOVE, où en 2009 nous avons été primé pour la détection embarquée de piétons.

En partenariat avec les équipementiers et les constructeurs d'automobiles dans le cadre du projet IHS10 qui s'est terminé en 2010, nos dernières recherches ont eu pour résultats la modification de

conception de produits directement en immersion. Entre autres, la possibilité de modifier la forme de surfaces en temps réel par une interaction manuelle et naturelle. Ces recherches se poursuivent avec Dassault Systèmes cadre du projet Modelisar ou en collaboration avec le CHU de Bordeaux dans le projet Agathe, où l'application visée est la rééducation en se servant de ces techniques.

Le Centre de Robotique continue de travailler avec de nombreuses universités étrangères. On peut citer en particulier Berkeley (USA), où une coopération sur les méthodes de reconstruction de trafic est en cours (avec notre partenaire INRIA) ; l'université de Yeungnam (Corée du sud) avec qui un accord a été signé; l'université de Carnegie Mellon (USA) où un de nos doctorants a été recruté en post-doc et poursuit des recherches en reconstruction 3D et l'université d'Aalto (Finlande) sur le même thème; l'institut SwRI (USA) avec qui nous collaborons sur l'automatisation de la conduite; l'université de Brisbane (Australie) où le Pr. Lurgeau a été invité un mois.



Faits marquants

Le Centre de Robotique est très présent dans les pôles de compétitivité en particulier, System@tic, Moveo, Cap Digital, Numatech Automotive. Grâce à la collaboration avec l'INRIA (JRU LaRA), il participe à de nombreux contrats européens. Ces actions sont complétées par des collaborations directes et suivies avec certains partenaires industriels tels que VALEO, PSA, MENSI (PME française d'Île de France spécialisée dans les systèmes de numérisation et modélisation 3D), SAGEM.

La production scientifique du Centre en 2010 comprend 4 thèses, une dizaine publications dans des revues nationales ou internationales, ainsi qu'une trentaine de communications dans des conférences. Le Centre a gagné la compétition CAROTTE mentionné plus haut; deux publications ont été « Best Paper ». Trois brevets à l'issue des travaux de thèse de nos doctorants ont été déposés.

Notre optionnaire MAREVA, Alexandra Gigon a obtenu le prix Jeunes André Blanc-Lapierre décerné par la SEE (Société de l'Electricité, de l'Electronique et des Technologies de l'Information et de la Communication), en récompense de son travail d'option réalisé à la D&R d'EDF (centre des Renardières), sur la problématique de « l'identifiabilité d'un modèle thermique de bâtiment muni de sa régulation ».