BULLETIN

DE

L'AFIA

AVRIL 2012

Nº 76

Association Française pour l'Intelligence Artificielle

Présentation du bulletin

Le **Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle** vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein de la communauté universitaire et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les comptes rendus de conférences, les notes de lecture et les articles de débat sont très recherchés. Le Bulletin de l'AFIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. En outre, les articles signés, de même que les contributions aux débats, reflètent le point de vue de leurs auteurs et n'engagent qu'eux-mêmes.

Pour contacter l'AFIA

Président
Yves DEMAZEAU
L.I.G./C.N.R.S., Maison Jean Kuntzmann, 110, avenue de la Chimie, B.P. 53, 38041 Grenoble cedex 9
Tel : +33 (0)4 76 51 46 43
Fax : +33 (0)4 76 51 49 85
Yves.Demazeau@imag.fr
http://membres-lig.imag.fr/demazeau

Serveur WEB
http://www.afia.asso.fr

Adhésions, liens avec les adhérents
Thomas GUYET
Laboratoire Informatique d'Agrocampus-Ouest
65, rue de Saint-Brieuc
35042 Rennes cedex
Mél. : tresorier@afia.asso.fr

Membres d'honneur
Marie-Odile Cordier (1999), Jean-Paul Haton (1999), Jacques Pitrat (1999), Jean-Marc David (2000), Daniel Kayser (2000), Claude Vogel (2000), Henri Farreny (2001), Alain Colmerauer (2002), Jean-Louis Laurière (2002), Gérard Sabah (2003), Jean-Claude Latombe (2004), Yves Kodratoff (2004), Malik Ghallab (2005), Marie-Christine Rousset (2005), Christian Bessière (2006), Luis Farinas del Cerro (2006), Pierre Marquis (2009), Jérôme Lang (2009), Michèle Sebag (2010), Jean-Gabriel Ganascia (2010), Serge Dupuy (2011).

Personnes morales adhérentes à l'AFIA
ENSMSE, Université Paris Dauphine, LORIA, LIRIS, LIMSI, IRIT/SMAC, EDF/STEP, LIPADE, IFFSTAR, LIRMM, TAO, LIFL, GREYC, LIG, ONERA, IRSTEA-TETIS, INRA, LITIS

Conseil d'Administration de l'AFIA

Yves DEMAZEAU, président
Jean-Denis MULLER, vice-président
Olivier BOISSIER, secrétaire
Catherine TESSIER, secrétaire adjoint
Thomas GUYET, trésorier
Patrick REIGNIER, webmestre
Amélie CORDIER, webmestre adjoint
Membres :
Patrick ALBERT, Christine BOURJOT, Serge GARLATTI, Vincent LEMAIRE, Nicolas MAUDET, Philippe MORIGNOT, Gérald PETITJEAN, Jean ROHMER, Dominique SCIAMMA, Laurent VERCOUTER, Pierre ZWEIGENBAUM.

Comité de Rédaction

Laurence Capus
Rubrique « I.A. au Québec »
Dept. d'Informatique et de Génie Logiciel
Université Laval, Québec, Canada
laurence.capus@ift.ulaval.ca

Nicolas Maudet
Rubrique « I.A. sur les blogs »
LIP6, Université Pierre et Marie Curie
4, place Jussieu, 75005 Paris
maudetn@lip6.fr

Philippe Morignot
Rédacteur en chef
IMARA
INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau, B.P. 105, 78150 Le Chesnay
pmorignot@yahoo.fr

Patrick Reignier
Rubrique « Résumés de thèse et HDR »
PRIMA, INRIA Rhône-Alpes
655, avenue de l'Europe, 38334 Saint-Ismier cedex
Patrick.Reignier@inrialpes.fr

Laurent Vercouter
Rédacteur en chef adjoint
LITIS, INSA de Rouen
avenue de l'université, BP8 76801 St-Étienne-du-Rouvray
laurent.vercouter@insa-rouen.fr

EDITORIAL

L'I.A. et les robots

Une fois n'est pas coutûme, ce numéro est consacré à un thème aux limites de l'I.A., ses liens avec la robotique. Si les deux communautés sont proches mais néanmoins séparées, il arrive que l'on trouve des notions d'I.A. dans un système robotique, ou des algorithmes de robotique dans un système d'I.A. Le livre de référence actuel sur le domaine (A.I. A modern Approach, par S. Russel et P. Norvig) ne consacre-t-il pas son dernier chapitre à la robotique ? (après avoir d'ailleurs traité de la perception dans un précédent chapitre.) Ou encore, pour ne citer qu'eux, deux laboratoires toulousains (le LAAS et l'ONERA) ne travaillent ils pas sur ces deux thèmes à la fois ?

Le déclic amenant à cette prise de conscience a été la parution du dernier numéro des Cahiers de l'ANR (disponible sur le site du GDR Robotique à l'adresse http://www.gdr-robotique.org/documents.php?type=AGDR&date=27_06_12). Ce numéro passe en revue les programmes I.A. et Robotique de 2006 à 2010. Il nous a semblé important de publier une version étendue de certains des articles y figurant, afin de mieux faire briller notre communauté. Vous trouverez donc dans le présent numéro du Bulletin de notre association certains articles de ce Cahier, 15 fiches−projets (financés par l'ANR entre 2006 et 2010) que leurs auteurs ont tenu à augmenter par rapport à la version d'une page transmise initialement à l'ANR. Que ces auteurs en soient remerciés ! Et que l'initiateur de ce Cahier, Bertrand Braunschweig (maintenant INRIA), en soit remercié aussi !

Nos lecteurs trouveront également dans ce numéro du Bulletin un compte rendu de la conférence RFIA'12 qui s'est tenue fin janvier dernier à Lyon, concocté par Serge Garlatti (Telecom Bretagne).

Enfin, une rubrique habituelle vient compléter ce numéro : les résumés d'HDRs récemment soutenues en I.A.

Bonne lecture à tous !

Philippe Morignot & Laurent Vercouter
Rédacteurs en chef

Dossier sur les projets de l'ANR "IA et Robotique"

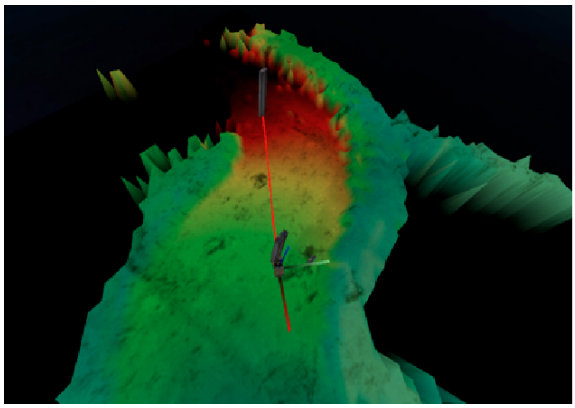
Reconstruction de l'environnement en 3D pour la navigation autonome de robots mobiles terrestres

Projet **2RT3D**, *Programme Systèmes Interactifs et Robotique 2006*

Contact : Aubert Carrel (aubert.carrel@robosoft.fr)

Amélioration des capacités de navigation autonome des robots mobiles intervenant en milieux extérieurs ouverts

Le projet 2RT-3D est motivé par la nécessité de disposer de méthodes pour la reconstruction de l'environnement en 3D et pour l'analyse de scène, méthodes qui soient suffisamment performantes et robustes pour pouvoir être embarquées à bord d'un robot mobile se déplaçant dans un environnement extérieur ouvert, en tout terrain. Pour être utilisables en conditions réelles, ces méthodes doivent être en mesure d'apporter aux couches algorithmiques chargées de la navigation autonome de ce robot, une description de l'environnement suffisamment précise et fiable, et rafraîchie à une cadence suffisamment rapide, pour que ces couches soient en mesure d'assurer la planification de l'itinéraire et le contrôle de la trajectoire du robot, y compris le contournement d'obstacles.



Modèle Numérique de Terrain reconstruit par le robot au fil de son déplacement (la couleur de chaque maille est fonction de l'altitude)

Exploitation de mesures de distances acquises par le biais d'un imageur laser à balayage 3D

La plupart des travaux actuels se contentent de fonctionner dans des environnements intérieurs, à des portées maximales d'environ 10 à 20 m. Le projet 2RT-3D traite d'environnements extérieurs réels, avec des portées supérieures à 80 m, autorisant ainsi à terme la navigation à vitesse importante. Du fait de la technologie employée (divergence du faisceau laser), les mesures obtenues sont d'autant moins précises que la distance augmente. Les méthodes mises en œuvre en tiennent compte, par exemple à travers l'élaboration de cartes d'élévation présentant des mailles de taille variable. L'analyse des mesures télémétriques permet aussi de reconnaître certaines classes d'objets telles que surfaces, structures linéaires, structures éparpillées... pour aider à la navigation des robots. Elle permet en outre l'identification d'amers dans la scène qui peuvent être utilisés pour de la localisation et du recalage.

Résultats majeurs

Le projet a permis le test et la qualification approfondie d'un imageur laser 3D performant. De nouvelles méthodes de calibrage ont été conçues pour améliorer la précision de ce capteur. Des campagnes expérimentales ont été menées pour enregistrer des données capteurs (images en distance, couplées avec informations de localisation du porteur) dans des environnements extérieurs variés. Ces données ont ensuite été compilées et mises à disposition de la communauté scientifique sur le site web du projet. Des algorithmes de reconstruction de l'environnement, d'estimation de la traversabilité du terrain et de guidage du robot ont été développés et abondamment testés, soit en simulation, soit en rejouant des données réelles enregistrées, soit en embarqué. Ils ont permis de valider tout l'intérêt du capteur utilisé pour la navigation en environnement extérieur ouvert.

Production scientifique et brevets

Les travaux de calibrage de l'imageur laser utilisé pendant le projet (modèle Velodyne HDL-64E) ont donné lieu à un article du LAAS présenté lors de la conférence internationale IROS'2010 à Taipei (Taiwan) : "Calibration of a rotating multi-beam Lidar" (Muhammad, Lacroix). Tous les rapports technologiques et scientifiques produits par les trois partenaires du projet sont disponibles sur la page "Publications" du site web 2RT-3D : http://www.pges.fr/2rt3d/Publications-fr.php

Recherche et localisation coopérative par une flotte d'engins sous-marins autonomes

Projet **Connect**, *Programme Systèmes Interactifs et Robotique 2006*

Contact : Carlos Canudas-de-Wit (carlos.canudas-de-wit@gipsa-lab.grenoble-inp.fr)

Recherche d'une source d'eau douce par la coopération de 5 agents autonomes

Ces dernières années, nous avons pu remarquer la dégradation de l'état des mers et océans causée par de multiples pollutions. Un scénario d'étude élaboré avec l'Ifremer vise à localiser les sources de ces polluants, suite à un naufrage ou bien, à l'inverse, des sources d'eau douce pour les exploiter. Nous sommes partis d'une configuration simple où une flottille de 5 sous-marins autonomes du type AsterX équipés de capteurs de salinité devra localiser, sans intervention humaine, une source d'eau douce.

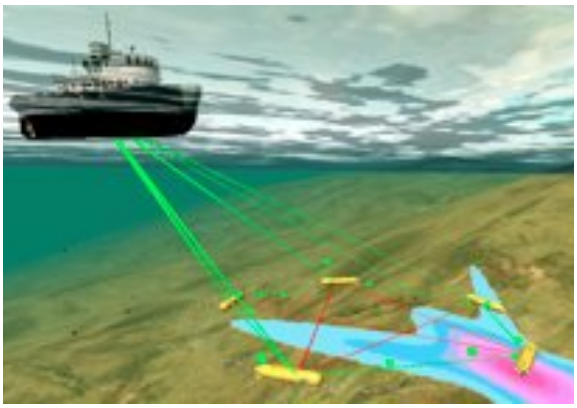
Nous avons choisi des stratégies de coopération avec la mise en commun des informations de chaque véhicule afin d'exploiter au maximum ces véhicules et de réduire le temps de l'exploration. En effet, une journée d'exploration mobilise un bateau côtier de l'Ifremer et 5 AsterX, et coûte près de 16000 euros.

Premier défi à relever : la difficulté à établir une communication fiable en milieu sous-marin. Or ceci est un point clé pour obtenir une coopération efficace. En effet, en communication acoustique sous-marine, on ne peut envoyer plus de quelques dizaines de données numériques par seconde, les données envoyées subissent un retard de l'ordre de la seconde et environ 10% des envois sont perdus.

Une stratégie de coopération robuste aux pertes de communication

Le second défi concerne le contrôle de formation. Dans une première phase de prospection des véhicules se déplacent en forme de V. Dès qu'un agent détecte une variation significative de la salinité, la flottille se regroupe alors en une forme circulaire. Ce type de formation permet des déplacements moins rapides que la formation précédente mais offre une plus grande flexibilité pour se déplacer dans toutes les directions. Pour obtenir et maintenir cette formation, les sous-marins doivent s'échanger des messages correspondant à leur position relatives. Dans les nouveaux algorithmes proposés, seules les données des plus proches voisins sont réellement nécessaires ce qui permet d'être robuste aux contraintes de portée, de débit limité et aux pertes de données.

Concernant l'objectif de localisation de sources, nous avons développé un algorithme de recherche coordonnée également basé sur des échanges de données entre voisins pour garantir la même robustesse par rapport aux contraintes de communications. On peut imaginer étendre ce type d'algorithmes à des applications similaires comme la recherche de contours pour délimiter l'étendue et l'évolution d'une zone polluée (hydrocarbures, algues vertes…)



Simulation d'une flottille d'engins sous-marins autonomes en communication acoustique avec un navire de supervision

Résultats majeurs

Les résultats concernent :

- l'optimisation de la communication acoustique sous-marine par des techniques d'émission / réception basées sur l'OFDM,
- l'amélioration de la commande d'un sous-marin autonome par des techniques de commande robuste aux perturbations de l'environnement,
- la conception de techniques de contrôle coordonné d'une flottille de sous-marins et de recherche de source robuste aux pertes de communication,
- le développement d'un simulateur permettant de tester des scénarios mettant en scène plusieurs types d'engins et leurs instrumentations embarquées en simulant différents niveaux de contraintes de communication.

Cette activité s'est poursuivi dans le cadre du projet de recherche européen Feednetback.

Production scientifique et brevets

12 publications à des conférences internationales dans les domaines de la commande et de la communication tels qu'American Control Conference (ACC 2010) ou IEEE International Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2010). Les articles traitent de la communication acoustique sous-marine, de la commande robuste d'un véhicule sous-marin autonome, du contrôle d'une flottille en présence de contraintes de communication et de la recherche coordonnée de sources.

Navigation autonome en milieu marin

Projet **Asarome**, *Programme Systèmes Interactifs et Robotique 2007*

Contact : Aubert Carrel (aubert.carrel@robosoft.fr)

Développement d'un robot voilier capable de naviguer en mer sans équipage

Le projet ASAROME vise à étudier les apports de la robotique dans diverses applications liées au milieu marin :

- La mesure : analyse et recueil de données sur les océans, bathymétrie côtière ou fluviale.
- L'exploitation : examen ponctuel sur l'exploitation des océans (faune, flore), opérations de surveillance (pollution...)
- Le transport maritime : navigation assistée, sécurité, détection d'obstacles, réduction de la taille des équipages.

Des solutions robotisées pourraient à terme se substituer à ou compléter les moyens existants. Par exemple dans le domaine de la mesure, les navires océanographiques (large étendue de couverture, mission courte, délai de programmation long, coût), les bouées ancrées (position fixe et coût d'installation et entretien), et les bouées dérivantes (coût faible, position non contrôlée). Des robots apporteraient disponibilité (programmation, durée) et échantillonnage spatial (maîtrise de la mobilité).

Plate-forme expérimentale "robuBoat" développée à partir d'une coque de voilier Mini-J

Défis techniques de la navigation autonome en mer

Trois problèmes majeurs sont à résoudre :

- La navigation contrôlée tenant compte des vents, des courants et de l'état de la mer,
- La perception et l'évitement des obstacles de surface,
- La perception de l'état de la mer.

Pour avancer dans la résolution de ces problèmes, le projet ASAROME a permis notamment de réaliser une modélisation aéro-hydrodynamique du comportement du voilier. D'autres recherches ont porté sur la commande du voilier et la perception du milieu, ce qui inclut :

- La commande des voiles et du safran
- La détermination du cap désiré
- La détection d'événements et d'obstacles
- L'estimation de l'assiette du navire
- La détection de l'horizon au moyen d'une caméra panoramique
- L'estimation de l'état de la mer (prédiction des vagues)

Résultats majeurs

Les principaux résultats du projet ASAROME sont : un simulateur réaliste de la dynamique du voilier en environnement marin, pour faciliter le développement des lois de commande ; un démonstrateur de robot voilier permettant de valider les points durs de la navigation autonome et de la perception (essais sur lac et sur rivière) ; la définition d'un cahier des charges de futur robot marin opérationnel en prenant en compte :

- L'analyse des contraintes réglementaires d'exploitation et de construction.
- La définition de protocoles nécessaires à ces missions (capteurs embarqués et charges utiles).

Production scientifique et brevets

Principales publications :

- "Underwater Transient and Non Transient Signals Classification Using Predictive Neural Networks" Guo & Gas (IROS2009).
- "Omni-Directional Camera and Fuzzy Logic Path Planner for Autonomous Sailboat Navigation" Romero Ramirez, Guo, Ieng, Plumet, Benosman & Gas (Research in Computing Science, Vol 52, 2011)
- "Reactive path planning for autonomous sailboat" Petres, Romero Ramirez & Plumet (ICAR 2011)
- "Navigation with obstacle avoidance of an autonomous sailboat" Petres, Romero Ramirez & Plumet (Clawar 2011)
- "Modeling and reactive navigation of an autonomous sailboat" Romero Ramirez, Petres, Plumet & Alessandrini (IROS 2011)

De la vision naturelle aux applications numériques : une nouvelle vision de notre rétine

Projet **Keops** Programme Blanc Internationnal, édition 2012

Contact : Thierry Vieville (Thierry.Vieville@inria.fr)

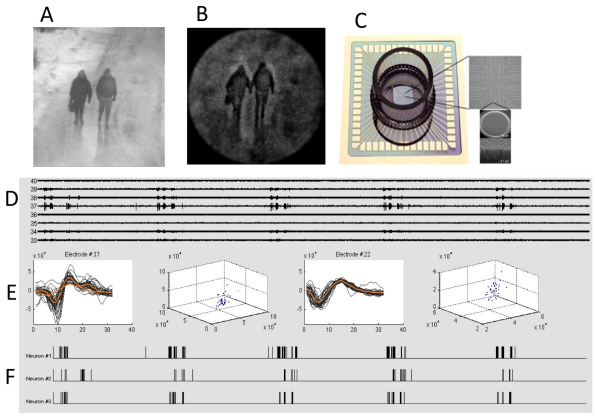
Une rétine au comportement non-standard en vision naturelle

Tandis que le comportement le plus courant des cellules ganglionnaires de la rétine a été bien étudié en particulier avec des stimuli (et des situations) artificiels, nous découvrons maintenant que d'autres comportements, dits non-standard, émergent lorsque l'on considère des séquences d'images (et des situations) naturelles. Ces nouveaux résultats conduisent à dépasser le modèle classique des mécanismes rétiniens [1]. Par exemple, avec des stimuli naturels, l'activité neuronale est parcimonieuse et moins aléatoire, des mécanismes sophistiqués de détection d'événements spatiotemporels, compression pertinente de l'information tenant compte de la statistique des images naturelles sont observés. D'où ce projet.

Concrètement, ce projet vise à fournir de nouveaux faits expérimentaux sur le comportement non-standard des cellules de la rétine dans le cas de scénarios naturels, l'application de méthodes et d'outils statistiques de haut niveau à la conception d'opérateurs visuels innovants, un logiciel ouvert pour la mise en œuvre numérique des concepts précédents et une plate-forme d'expérimentation pour évaluer les résultats obtenus. Cette proposition a la chance de s'inscrire parmi ces belles collaborations scientifiques et technologiques pluriannuelles, entre la France et le Chili.

Un chemin en cinq étapes de la biologie à la robotique

La figure ci-dessous illustre quelques facettes de notre travail :
A) montre le type d'entrée visuelle dégradée que l'on considère au niveau applicatif ;
B) montre la détection de contraste obtenue avec des séquences visuelles d'images réalistes, fournies à des opérateurs non-linéaires bio-inspirés ;
C) un capteur biologique matriciel MEA de 64x 64 électrodes, utilisé par notre groupe, qui permet d'étudier l'activité neuronale au niveau du réseau et pas seulement d'une cellule ;
D) données brutes mesurées sur les électrodes où l'on voit une activité parcimonieuse des cellules ;
E) deux modèles permettant de détecter la forme des potentiels d'action et
F) montrer les trains d'impulsions qui forment le signal neuronal à analyser : leur synchronisation apporte une information complémentaire à la donnée des simples fréquences de décharge.



De manière plus précise les grandes lignes du projet sont :

1. Dynamique du comportement non-standard des cellules de la rétine en présence de séquences d'images naturelles.
2. Identification des opérateurs nonlinéaires modélisant ces capteurs nonstandard de traitement des images naturelles.
3. Analyse statistique de la réponse et du codage neuronal dans la rétine des vertébrés, dans le cadre de la physique statistique.
4. Conception informatique et développement numérique d'un système de vision précoce non standard.
5. Intégration de ces modules sensoriels dans une architecture sensorielle expérimentale dans le cas de sources visuelles dégradées.

KEOPS est un projet coordonné par le Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaiso, Universidad de Valparaiso. Il associe l'Universidad de Chile, l'Universidad Tecnica Federico Santa Maria et INRIA (Equipes-Projets NEUROMATHCOMP et MNEMOSYNE/CORTEX). Ce projet a démarré en janvier 2011 pour une durée de 3 ans. Il bénéficie d'une aide ANR de 297 k€(France) et 202.079 k€(Chili) pour un budget total de 1.42 M€.

1. un modèle comportant un filtre spatial et temporel, doublé d'une non-linéarité statique.

Résultats majeurs

En ce début de projet, nous forgeons les outils méthodologiques et techniques dont nous avons besoin pour analyser les trains de spikes (6,7), rassemblons les données biologiques spécifiques de la rétine (1), sans oublier les mécanismes asynchrones dans un tel système complexe (5). Nous commençons à aborder plusieurs aspects des traitements rétiniens : vision de la couleur (2), du mouvement (3), des images naturelles (4), et des jonctions électriques (8). En parallèle, les biologistes ont monté le poste expérimental permettant d'étudier l'influence d'une séquence d'images naturelle sur les réponses ganglionnaires multiples, outils logiciels compris, une première base d'images de ces stimuli est en place, et les données commencent à être produites. Par ailleurs, les informaticiens finissent de mettre au point nos outils de modélisation, simulation et exploration numériques de ces nouveaux comportements.

Références

(1) B. Cessac and A. Palacios. Spike train statistics from empirical facts to theory : the case of the retina (2012), In Mathematical Problems in Computational Biology and Biomedicine, F. Cazals and P. Kornprobst editors, Springer.
(2) Carvajal, C., Escobar M.-J., Soto, C., Palacios, A. (2011). Psychophysical comparison of n-chromatic and achromatic color vision channels extracted from PCA analysis on photopigments. VII Anual Meeting, Chilean Society for Neuroscience ; 2011 Sep 27-29 ; Santa Cruz, Chile.
(3) Keskes, M. (2011) Modeling early vision with artificial neural networks. Master research report, U. Paris Descartes et E.N.I.T. Tunis.
(4) Astudillo, A., Vieville, T., Escobar, M.-J., Palacios A. (2011) Relevant features identification in natural images to allow there use in retinal biology. VII Anual Meeting, Chilean Society for Neuroscience ; 2011 Sep 27-29 ; Santa Cruz, Chile.
(5) Taouali W., Viéville T., Rougier N. P., Alexandre F. (2011) No clock to rule them all. J. of Physiology – Paris 105, 1 – 3 (2011) 83-90
(6) Cessac, B. (2011) Statistics of spike trains in conductance-based neural networks : Rigorous results, The Journal of Mathematical Neuroscience 2011, 1 :8 (25 August 2011).
(7) Vasquez, J.C., Palacios, A., Marre, O., Berry II, M. and Cessac (2012), B. Gibbs distribution analysis of temporal correlation structure on multicell spike trains from retina ganglion cells, J. Physiol. Paris (in press).
(8) Cofre, R. and Cessac, B (2012) : Dynamics and spike trains statistics in conductance-based Integrate-and-Fire neural networks with chemical and electric synapses, submitted to "Chaos, Solitons and Fractals".

Des mains artificielles plus performantes pour demain

Projet **Abilis** Programme CONTenus et INTeractions, édition 2008

Contact : Said Zeghloul (Said.Zeghloul@univ-poitiers.fr)

Site web : http://abilis.lms.sp2mi.univ-poitiers.fr/

Amélioration des capacités manipulatoires des mains artificielles et développement d'une main de nouvelle génération

Malgré les recherches conduites depuis une trentaine d'années en préhension robotique, les mains artificielles existantes n'offrent pas aujourd'hui les résultats que l'on est en droit d'attendre pour la préhension d'objets variés et la réalisation de tâches de manipulation dextre.

Sur ces bases, le projet ABILIS proposait d'une part, de développer et valider des méthodes de pilotage issues de la fusion entre des approches extraites du domaine des neurosciences et du champ de la robotique. D'autre part, le projet avait pour ambition de concevoir et réaliser une main artificielle capable de dépasser les limitations actuelles.

Cette main a été conçue en se basant sur des résultats issus de démarches bio-inspirées et de modélisation biomécanique d'une part, et sur l'intégration de nouvelles technologies d'autre part. Ce nouveau prototype de main a été évalué à l'institut PPRIME et va permettre de valider et explorer des modes de contrôle et des expérimentations en préhension et en manipulation pour lesquelles aujourd'hui, les préhenseurs et mains actuels sont inadaptés.

Approches bio-inspirées et technologies mécaniques innovantes

La plate-forme dédiée à la préhension robotique mise en œuvre dans le cadre du projet ABILIS, a permis de valider une approche globale pour la synthèse de prise. Cette méthode, à l'aide d'un schéma mixte neurosciences-robotique, résout le problème de la configuration bras+main pour effectuer la saisie d'un objet quelconque pour une tâche de manipulation cible. Une stratégie est alors mise en œuvre pour réaliser la manipulation de l'objet saisi. Cette approche met en œuvre des techniques et des schémas développés par les partenaires de façon à résoudre la problématique globale liée à la manipulation dextre : synthèse de prise optimale, repositionnement de l'objet en cours de manipulation pour des mouvements de grande amplitude ; stabilité de la prise, intégration de l'expertise humaine.

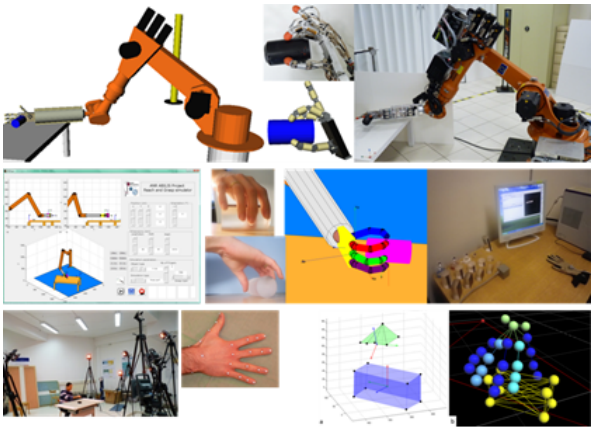


Figure 1 – Plate-formes expérimentales (capture du mouvement et main LMS à 16 ddl) et outils de simulation.

Le nouveau prototype de main a été conçu et réalisé en se basant sur des résultats issus de démarches bio-inspirées et de modélisation biomécanique d'une part, et sur l'intégration de nouvelles technologies d'autre part. Ainsi, plusieurs technologies innovantes ont été évaluées et ont permis de proposer et mettre en œuvre une technologie d'actionneurs réversibles à très haut rendement mécanique.

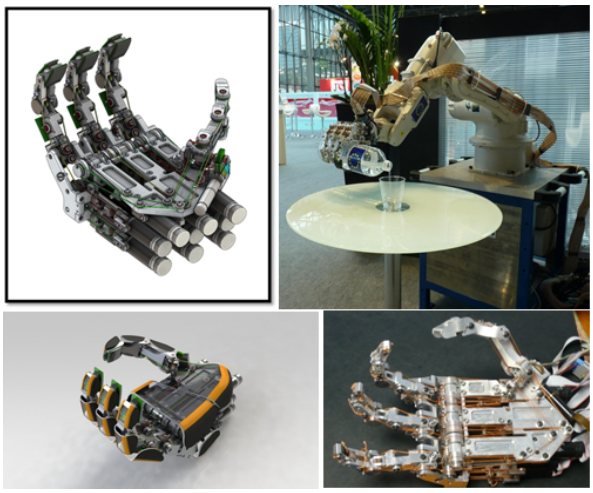


Figure 2 – Main ABILIS (modèle CAO et prototype).

Une adaptation et une exploitation plus large des caractéristiques de la main ABILIS vont pouvoir être envisagées, pour répondre aux exigences de secteurs d'activités

ciblés (packaging, robotique de service, ...). En effet ce projet s'insère dans un programme de recherche et développement plus vaste conduit à l'Institut PPRIME et ayant bénéficié d'un cofinancement de l'Union Européenne (FEDER Poitou-Charentes).

Informations sur le projet

Le projet ABILIS a débuté en décembre 2008 pour une durée de 42 mois : il a bénéficié d'une aide ANR de 823 447 euros pour un coût global de l'ordre de 2,2 millions euros. Ce projet était de type recherche fondamentale en manipulation dextre, et intégrait le développement d'une nouvelle main et les aspects techniques liés à un futur transfert industriel. Il était coordonné par l'Institut PPRIME UPR 3346 CNRS (ex LMS UMR CNRS 6610) de l'Université de Poitiers/ENSMA et associait TECNALIA France, le CEA LIST ainsi que les instituts ou laboratoires publics : ISIR UPMC Paris VI-UMR CNRS 7222, CESEM UPD Paris V - UMR CNRS 8194, LISV UVSQ EA CNRS 4048.

Production scientifique et brevets

Dans le cadre du programme Abilis, plusieurs articles ont été publiés dans la revue internationale « Robotics and Autonomous Systems » et plusieurs communications ont été présentées lors des congrès internationaux ICRA'09, IROS'09, IROS'2010. Ces documents traitent d'une manière générale de la synthèse de prise dans le cadre de la manipulation dextre. Un Workshop a été organisé lors du congrès IROS'10 à Taiwan sur le thème de la planification de prise et l'apprentissage par imitation. Plusieurs articles sont parus dans le « Special Issue : Autonomous Grasping » de la revue « Robotics and Autonomous Systems » en 2012. La main ABILIS embarquée sur un robot 6R était présente au dernier Salon de l'Industrie en mars 2012 et à l'exposition « Science et Robotique » en juin 2012 au CentQuatre à Paris dans le cadre de l'année Turing et des journées annuelles du GDR Robotique.

Explorer les fondements calculatoires de la locomotion humaine

Projet **Locanthrope**, *Programme Systèmes Interactifs et Robotique 2007*

Contact : Jean-Paul Laumond (jpl@laas.fr)

Comprendre la locomotion humaine pour mieux simuler les humains virtuels et améliorer la locomotion des robots humanoïdes

Comment un robot factotum peut-il comprendre l'intention d'une personne qu'il s'apprête à croiser dans un couloir ? Si la personne réduit le pas, peut-être veut-elle établir un contact avec lui. Si la personne ne ralentit pas, cela signifie certainement qu'elle n'a rien à faire de la présence du robot. Quelles sont les légères variations dans la dynamique du comportement de la personne qui vont pouvoir être interprétées pour rendre compte de son intention ?

Quelle est l'influence d'un événement non prévu sur le comportement d'une personne marchant dans le couloir d'un immeuble ? Si quelqu'un surgit une dizaine de mètres devant lui, la trajectoire sera seulement légèrement modifiée pour permettre aux deux personnes de se croiser. Si au contraire une personne surgit de la porte ouverte d'un bureau situé trois mètres en face, l'évitement va conduire à une déformation de trajectoire beaucoup plus brusque. Dans les deux cas quelles sont les lois qui préludent à ces déformations ?

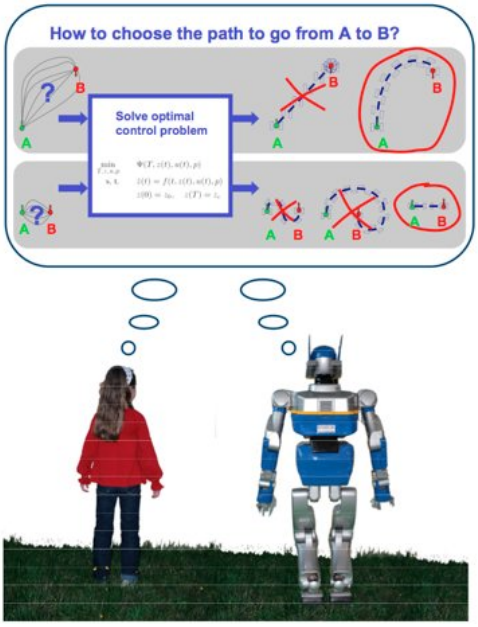
Les états cognitifs internes d'un sujet qui marche peuvent être observés à partir de la forme la trajectoire locomotrice

Le corps humain est un système mécanique complexe composés de nombreux segments corporels. Le projet a pris une approche dite "top-down" : le but était de caractériser les paramètres qui rendent compte de la forme des trajectoires locomotrices naturelles pour des sujets marchant en présence ou non d'obstacles, et observés à l'aide de techniques de capture de mouvements. L'approche résolument pluridisciplinaire a combiné robotique, neuroscience, biomécanique et animation graphique.

Le projet a été organisé autour de deux tâches principales.

La première a porté sur l'élaboration de modèles de locomotion. Il s'agit là de rendre compte de différentes modalités de marche (espace libre versus espace encombré, environnement statique versus dynamique, influence de l'état cognitif du sujet). Les recherches ont porté sur la définition de protocoles expérimentaux, des campagnes d'acquisition de données par capture de mouvement (les quatre sites en sont équipés) et l'identification des modèles.

La deuxième tâche a concerné les algorithmes pour la robotique humanoïde et l'animation graphique. Plusieurs modèles de comportement ont été transférés sur le robot HRP2 du LAAS, tandis que l'IRISA a appliqué les modèles d'interaction à la simulation d'interactions.



Comprendre comment l'homme marche permet de doter le robot humanoïde d'un comportement naturel. La trajectoire de l'homme optimise un certain critère qui, une fois identifié, est utilisé pour calculer les trajectoires locomotrices du robot

Résultats majeurs

Trois résultats principaux ont été dégagés :

1. L'homme marche avec la tête ! Cette hypothèse, issue des travaux du LPPA, a pu être confirmée par des travaux portant sur le rôle du regard dans l'élaboration des trajectoires locomotrices. Elle a par ailleurs pu être mise en œuvre sur le robot humanoïde HRP2.
2. Un nouveau paradigme a été introduit pour caractériser le coût optimal qu'un système dynamique suit

à partir des observations de son comportement. Il a permis de mettre en évidence les critères d'optimisation expliquant la forme des trajectoires locomotrices humaines.

3. En faisant interagir plusieurs piétons partageant le même espace suivant plusieurs protocoles, il a été possible de mettre en place des principes généraux d'interaction qui sont maintenant utilisés en simulation grande échelle (plusieurs dizaines de piétons).

Production scientifique et brevets

Le projet a donné lieu à 11 publications en journaux, 23 publications en conférences et 7 thèses. La diversité des journaux témoigne du caractère pluridisciplinaire du projet : Autonomous Robots, ACM Trans. on Graphics, Computer Animation and Virtual World, European Journal on Neuroscience, Experimental Brain Research, Advanced Robotics, Journal of Neurophysiology, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering.

Evolution artificielle & neurosciences : mieux comprendre le cerveau et concevoir des agents artificiels cognitifs

Projet **EvoNeuro**, Programme Domaines Emergents, 2009

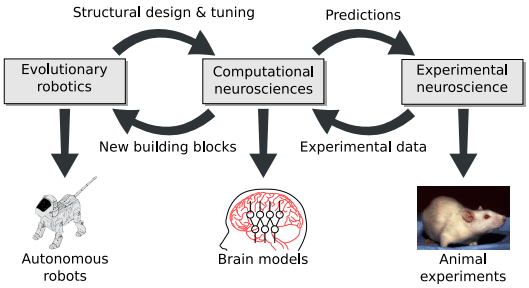
Contact : Benoit Girard (Benoit.Girard@isir.upmc.fr)

Modélisation du cerveau et commande de robots cognitifs

La conception de ce projet est fondée sur deux constats, l'un en neurosciences computationnelles, l'autre en robotique évolutionniste.

La conception de modèles informatiques simulant le fonctionnement de régions du cerveau se base sur de nombreuses données acquises expérimentalement (anatomie des connexions neuronales, mesure de l'activité des neurones, etc.). Cependant, de nombreux choix additionnels relativement arbitraires doivent ensuite être effectués par le modélisateur pour obtenir des modèles complets et fonctionnels. La première partie du projet EvoNeuro s'intéresse au développement d'une méthode de modélisation partiellement automatisée afin de s'affranchir de ces limitations en s'appuyant sur des algorithmes issus du domaine de l'intelligence artificielle.

La synthèse du comportement de robots cognitifs est une question encore largement ouverte. Même si certaines capacités cognitives isolées ont pu être reproduites sur un robot, aucune méthode ne permet d'atteindre aujourd'hui un degré d'autonomie similaire à celui des vertébrés. La seconde partie du projet consiste à utiliser la méthode de synthèse automatique dans un cadre autre que celui de la modélisation du cerveau : celui de la synthèse du comportement de robots afin d'augmenter leurs capacités cognitives.



L'ajustement de modèles du cerveau existants, mais aussi la conception de la structure même de nouveaux modèles est testée dans deux cadres d'études des neurosciences : les processus de prise décision et de sélection de l'action permettant aux animaux de choisir à chaque instant quoi faire, et la manière dont ils explorent leur environnement lorsqu'ils sont placés dans un lieu qu'ils ne connaissent pas.

La seconde partie du projet vise à développer des méthodes de synthèse automatique de réseaux de neurones artificiels s'inspirant des neurosciences computationnelles et reposant sur le principe de variation et tri par sélection inspiré de la sélection naturelle. Des méthodes similaires ont déjà permis de générer des comportements simples, notamment d'évitement d'obstacles. L'objectif du projet est de tendre vers des comportements plus cognitifs, incluant une capacité de mémoire, par exemple, et cela en prenant en compte les particularités des modèles du cerveau.

Synthèse de réseaux de neurones par algorithmes évolutionnistes multi-objectif

L'originalité de la méthode adoptée dans ce projet est de combiner deux approches : d'une part la conception de modèles de réseaux de neurones simulant la structure et le fonctionnement du cerveau, et d'autre part la génération automatique de réseaux de neurones par évolution artificielle.

Résultats

Côté neurosciences, l'approche proposée a d'ores et déjà permis de proposer de nouveaux modèles des ganglions de la base (Liénard et al., 2009), une région du cerveau fondamentale pour les processus de décision, permettant de mieux comprendre le rôle de certaines connexions neuronales mal connues. L'optimisation multi-objectifs de deux modèles de la littérature à base de modèles de neurones simplifiés (Gurney et al, 2001 ; Girard et al., 2008) a permis de comparer globalement leurs performances, mais aussi d'identifier les connexions critiques pour l'obtention des fonctionnalités de sélection attendues. Une nouvelle modélisation plus fine sur les aspects anatomiques et élec-

trophysiologiques a depuis été réalisée (article en préparation).

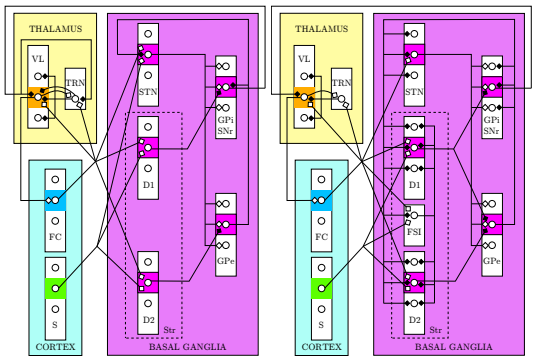


Figure 1 : Connectivité des deux modèles des ganglions de la base considérés, ont été optimisés les poids synaptiques et les seuils des neurones.

L'optimisation non seulement des paramètres d'un réseau, mais de l'ensemble de sa structure, est rendue possible par les algorithmes d'évolution de réseaux de neurones. Elle est appliquée à la modélisation de la formation réticulée centrale, un circuit ancien du tronc cérébral, supposé être un proto-système de sélection de l'action. La neurobiologie fournit des informations globales sur la structuration de ce réseau, mais loin d'être aussi fines que pour les ganglions de la base. La structure du réseau est donc évoluée relativement librement, sous contraintes neurobiologiques.

Enfin, une nouvelle hypothèse a aussi été validée concernant l'interaction fonctionnelle entre cervelet et formation hippocampique lors de la mise en oeuvre de stratégies d'exploration spatiale (Rochefort et al., 2011 ; Passot et al., 2012). Cette interaction semble jouer un rôle fondamental dans la balance entre sélection d'actions à caractère exploratoire (i.e. visant l'acquisition de nouvelles connaissances sur l'environnement) et exploitation des connaissances déjà apprises pour naviguer vers des positions cibles.

Côté évolution artificielle, une nouvelle représentation des réseaux de neurones a été proposée pour permettre la synthèse de réseaux dotés de capacités cognitives élémentaires (sélection, mémoire de travail, apprentissage) qui étaient inaccessibles avec les approches traditionnelles (Mouret et al. 2010). La spécificité de cette représentation est d'inclure des régularités telles que l'on peut les trouver dans les champs de neurones en neurosciences. Ces régularités permettent la synthèse de réseaux traitant un plus grand nombre d'entrées, mais elles se sont également révélées faciliter la synthèse de réseaux de neurones capables d'apprendre des associations (Tonelli et Mouret 2011).

Les études réalisées sur la synthèse de mémoires de travail élémentaires ont mis en évidence la difficulté liée à la synthèse d'une telle capacité. En effet, si une telle capacité peut être simplement implantée dans un réseau de neurones, elle est difficile à apprendre. Un individu doté d'une mémoire primitive non encore complètement fonctionnelle a en effet peu de chances de se comporter mieux qu'un individu qui aurait appris par coeur à résoudre la tâche de navigation posée. Le processus de sélection artificiel ne favorisera donc pas ces individus. Ce phénomène a effectivement été observé en pratique, très peu d'expériences convergeant vers des réseaux de neurones effectivement doté d'une capacité de mémoire. Pour résoudre ce problème, des outils de mesure visant à mettre en évidence un déficit d'exploration ont été proposés (Ollion et Doncieux 2011) et de nouvelles pressions de sélection qui pourraient guider le processus de recherche ont été définies (Ollion et al. 2012).

Infos-projet

Le projet EvoNeuro est un projet de recherche fondamentale, coordonné par l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique et auquel est associé le laboratoire de Neurobiologie des Processus Adaptatifs, tous deux affiliés à l'Université Pierre & Marie Curie et au CNRS. Il a débuté en décembre 2009 et finira en février 2013, il bénéficie d'une aide de l'ANR de 583 000 euros pour un budget total de 1,8 M-euros.

Production scientifique

Les résultats obtenus ont donné lieu à un article dans Science, Brain Research, PLoS ONE et à une dizaine de publications dans des conférences nationales et internationales. Ces publications couvrent à la fois les avancées réalisées en neurosciences (expérimentales & computationnelles) et en évolution artificielle.

Site web : http://pages.isir.upmc.fr/EvoNeuro/moin.wsgi

Références

Gurney, K., Prescott, T., Redgrave, P. (2001). A computational model of action selection in the basal ganglia. I. A new functional anatomy. Biological cybernetics 84(6) :401 – 410.

Girard, B., Tabareau, N., Pham, Q.C., Berthoz, A. and Slotine, J.-J. (2008). Where neuroscience and dynamic system theory meet autonomous robotics : a contracting basal ganglia model for action selection. Neural Networks, 21(4) :628-641.

Passot, J.-B., Sheynikhovich, D., Duvelle, E., & Arleo, A. (2012). Contribution of cerebellar sensorimotor adaptation to hippocampal spatial memory. PLoS ONE, 7(4) : e32560.

Wang, Y., Li, S., Chen, Q., Hu, W. (2007). Biology Inspired Robot Behavior Selection Mechanism : Using Genetic Algorithm. Lecture notes in computer science 4688 :777

Liénard, J., Guillot, A. & Girard, B. (2010) Multi-Objective Evolutionary Algorithms to Investigate Neurocomputational Issues : The Case Study of Basal Ganglia Models. In From animals to animats 11 (SAB2010), LNAI 6226, p.597-606.

Rochefort, C., Arabo, A., André, M., Poucet, B., Save, E. & Rondi-Reig, L. (2011). Cerebellum Shapes Hippocampal Spatial Code, Science, 334, 385-389 (2011)

Mouret, J.-B. and Doncieux, S. and Girard, B. (2010). Importing the Computational Neuroscience Toolbox into Neuro-Evolution—Application to Basal Ganglia. GECCO'10 : Proceedings of the 12th annual conference on Genetic and evolutionary computation ACM, publisher . Pages 587–594.

Tonelli, P. and Mouret, J.-B. (2011). On the Relationships between Synaptic Plasticity and Generative Systems. Proceedings of the 13th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation. Pages 1531–1538. (Best paper of the Generative and Developmental Systems (GDS) track).

Ollion, C. and Doncieux, S. (2011). Why and How to Measure Exploration in Behavioral Space. GECCO'11 : Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation ACM, publisher. Pages 267–294.

Ollion, C. and Pinville, T. and Doncieux, S. (2012). With a little help from selection pressures : evolution of memory in robot controllers. Proc. Alife XIII. Pages 1-8.

Expériences croisées neurobiologie et robotique pour la compréhension des mécanismes cognitifs

Projet **Neurobot**, Programme Blanc, 2010

Contact : Mathias Quoy (Mathias.Quoy@u-cergy.fr)

Résumé

Depuis plusieurs années, les collaborations entre neurobiologistes et roboticiens permettent de proposer des modèles de navigation et de planification pour robot inspirés des observations faites sur les animaux. En retour, ces modèles entraînent des prédictions testées par les neurobiologistes. Ce bouclage scientifique permet ainsi d'enrichir la compréhension des mécanismes cognitifs.

Des modèles robotiques issus de l'étude du cerveau

Le suivi, la mémorisation et le rappel d'événements et de séquences réels sont un problème majeur pour les neurosciences computationnelles. Le facteur majeur est le temps : les mécanismes sous-jacents sont trop rapides (ns ou ms respectivement pour des systèmes in silico ou in vivo). Aussi il faut trouver des solutions pour passer à l'échelle de temps de comportements de robots autonomes ou d'animaux (secondes, minutes, heures). De plus, le déroulement optimal de ces différentes échelles de temps nécessite une hiérarchie de systèmes bouclés pour permettre l'expression d'un comportement adaptatif à l'échelle la plus haute. Le projet NEUROBOT vise à étudier la nature de ces bouclages et le système permettant une communication optimale entre ces niveaux.

Pour des systèmes de contrôle bioinspirés, nous devons d'abord comprendre les mécanismes neuronaux sous-tendant les fonctions cognitives. Pour cela, nous enregistrons l'activité cérébrale de rats qui effectuent des tâches d'apprentissage, de mémoire et de décision. En particulier, les tâches dans des labyrinthes donnent un aperçu de la connaissance par le rat de son environnement et de ses expériences passées. Cependant cette approche se borne à fournir des corrélations, mais pas des causes. Pour démontrer si ces mécanismes sont nécessaires et suffisants pour permettre des comportements élaborés, nous reproduisons les principes neuronaux dans des systèmes artificiels à travers des modèles computationnels, et nous confirmons la viabilité de l'implémentation sur des robots mobiles. Cela nous permet de distinguer les processus qui sont essentiels à la fonction cognitive de ceux qui ne servent qu'à en faciliter l'implémentation dans le tissu nerveux. Nous créons ainsi des robots comprenant des systèmes de contrôle robustes et adaptatifs grâce à leur inspiration biologique.

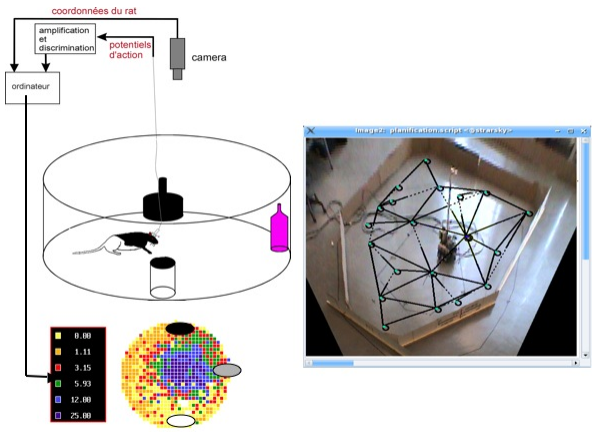


Figure 1 – A gauche enregistrement de l'activité d'une cellule de lieu chez le rat (activité forte et localisée en bleu). A droite : arène similaire dans laquelle se déplace un robot. Il crée des cellules de lieu (en bleu) ainsi qu'une carte liant ces lieux (traits noirs).

Expériences conjointes sur le rat et des robots

Un des buts du projet NEUROBOT est de mieux comprendre et de reproduire de façon efficace comment le cerveau mémorise et organise l'information à différentes échelles de temps, et comment plusieurs aires du cerveau se coordonnent pour cela. Les régimes sur lesquels nous nous focalisons sont : le lien entre des événements immédiatement passés avec des choix comportementaux imminents pour former une représentation d'une série d'événements (1-10s), le lien entre des séries d'événements pour en faire une séquence (10s-minutes), la décision prise à partir de l'expérience de plusieurs séquences (plusieurs heures, sélection de l'action et stratégie de sélection). Des modèles de ces trois régimes ont été identifiés dans le système cérébral hippocampe-cortex préfrontal-striatum (Hpc-Pfc-Str) : activité prospective et rétrospective dans Hpc ; activité prédictive dans Pfc et Str, activité dépendant des séquences et de la mémoire dans le Pfc, synchronisation d'oscillations à travers ces aires du cerveau pour distinguer les chemins fonctionnellement actifs (et donc les choix comportementaux). Les équipes participent de façon interactive à l'étude de ces trois régimes. De plus, de manière à mieux comprendre les liens entre ces régimes, chaque tâche expérimentale et

computationnelle inclut au moins deux régimes. Cela nous permet de déterminer les processus mis en place, et de les transposer dans leur équivalent computationnel pour les intégrer dans des niveaux hiérarchiques supérieurs.

Ainsi le modèle neurobiologique pour ce projet est un système fonctionnel interconnecté du cerveau qui comprend des parallèles et des chemins convergents. Il comprend l'hippocampe, le cortex préfrontal et le striatum. Ces structures sont impliquées respectivement dans :

- le traitement spatial et contextuel de la mémoire épisodique
- la planification et les fonctions d'attention et d'exécution
- l'apprentissage par renforcement et par habituation chez les humains et les rats

Les équipes de neurobiologie (LNC et LPPA) ont mis en évidence dans chacune de ces structures des activités qui prédisent la position future de l'animal, et donc peuvent faire partie des circuits impliqués dans l'intention et l'élaboration de la décision. Les expériences en cours visent à mieux caractériser ces processus et à localiser leur origine neuronale. Plus précisément, des rats sont amenés à changer leur choix de manière à examiner la dynamique du changement de stratégie et comment évoluent les nouveaux signaux intentionnels dans les structures étudiées. Des délais avant la prise de décision sont aussi introduits pour regarder l'impact de la mémorisation sur les performances observées.

Résultats majeurs

Nous avons un modèle opérationnel des interactions entre l'hippocampe et le cortex préfrontal (1; 4; 5; 8). Ainsi, un robot explorant un environnement inconnu crée, à l'instar des rats, des *cellules de lieu (Place Cells)* (7). Ces cellules ont une activité plus forte à proximité du lieu où elles ont été apprises (voir figure 1). Nous avons proposé d'étendre la notion de cellule de lieu à celle de *cellules de transition (Transition Cells)*. Ces transitions peuvent correspondre aux réponses anticipatoires trouvées chez les rats. Dans une nouvelle expérience d'apprentissage alterné (voir figure 2), le LPPA a montré que ces réponses anticipatoires paraissent dans les neurones hippocampiques très tardivement (latence de 420 ms) (2; 3).
Les cellules de transition successives sont ensuite liées dans un graphe représentant une *carte cognitive* de l'environnement (10). Cette carte permet de planifier un chemin vers un lieu. Elle est aussi une manière de représenter la mémoire de travail spatiale comme enregistrée par (9).
Le travail de modélisation actuel consiste à développer un modèle du Striatum (6). Cette structure est impliquée dans l'apprentissage par renforcement et la sélection de l'action.
Le LPPA procède maintenant à des enregistrements au niveau du striatum et du cortex préfrontal. Afin de cibler les meilleurs sites d'enregistrements, un marquage avec marqueurs de gènes précoces a été effectué sur les rats juste après apprentissage des tâches.

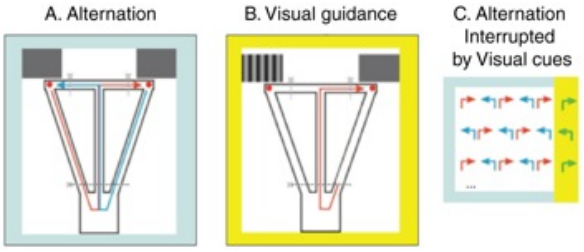


Figure 2 – A,B) La tâche comportementale permettant la distinction entre activité prospective et temps précis de la prise de décision. Le rat doit apprendre à alterner les parcours dans le bras droit puis le bras gauche. B) Le rat doit aller dans le bras sans l'indice visuel avec les rayures verticales. C) Séquence de parcours : cinq parcours avec alternance, suivis d'un parcours imposé par l'indice visuel (fond jaune) ; la direction de la flèche indique la direction prise par le rat.

Financement

Le projet est un projet de recherche financé par l'ANR (NEUROBOT : ANR-BLAN-SIMI2-LS-100617-13-01) qui associe les laboratoires suivants : ETIS UMR 8051 (ENSEA-UCP-CNRS) à Cergy-Pontoise, le LPPA UMR 7152 (CNRS - Collège de France) à Paris, le LNC UMR 7291 à Marseille et le GNT (ENS) à Paris. Les travaux antérieurs ont aussi bénéficié du soutien de la DGA (thèse de J. Hirel), du projet Digiteo AUTOEVAL, d'un PEPS ST2I du CNRS, d'un co-financement de l'Ecole de Neuroscience de Paris (post-doc E Cerasti), de la Fondation pour la Recherche Médicale (J Catanese, fin de thèse) et d'un Integrated Project de la commission européenne (IST-027819-IP).

Références

[1] Banquet J. P., Gaussier P., Quoy M., Revel A., Burnod Y. (2005). A hierarchy of associations in hippocampo-cortical systems : cognitive maps and navigation strategies In *Neural Computation*, 17(6), 1339-1384.

[2] Catanese J., Cerasti E., Zugaro M., Viggiano A., Wiener S.I. (2012). Viggiano A, Wiener SI. 2012 Dynamics of decision-related activity in hippocampus *Hippocampus*, 22(9) :1901-11.

[3] Catanese J. (2012). Activités neuronales prospectives et rétrospectives de l'hippocampe et du cortex préfrontal au cours de tâches décisionnelles de navigation chez le rat In *PhD Thesis Université de Pierre et Marie Curie (Paris VI), France*

[4] Cuperlier N., Quoy M., Gaussier P. (2007) Neurobiologically inspired mobile robot navigation and planning *Frontiers in NeuroRobotics*,1 .

[5] Hirel, J. (2011). Codage hippocampique par transitions spatio-temporelles pour l'apprentissage autonome de comportements dans des tâches de navigation sensori-motrice et de planification en robotique. In *PhD Thesis Université de Cergy-Pontoise, France*

[6] Humphries M. D., Khamassi M., Gurney K. (2012) Dopaminergic control of the exploration-exploitation trade-off via the basal ganglia *Frontiers in Neuroscience*, 6 :9.

[7] O'Keefe J., Dostrovski J. (1971) The Hippocampus As a Spatial Map. Preliminary Evidence From Unit Activity in the Freely-Moving Rat *Brain Research*, 34, 171-175.

[8] de Rengervé A., Hirel J., Andry P., Quoy M., Gaussier P. (2011). On-Line Learning and Planning in a Pick-and-Place Task Demonstrated Through Body Manipulation *ICDL/Epirob 2011*, Vol. 2, pp. 1-6). doi :10.1109/DEVLRN.2011.6037336.

[9] de Saint Blanquat P., Hok V., Alvernhe A., Save E., Poucet B. (2010) Tagging items in spatial working memory : a unit-recording study in the rat medial prefrontal cortex *Behavioural Brain Research* 209 : 267-273.

[10] Tolman E. C. (1932) Purposive Behavior of Animals and Men Irvington (publ., New-York) 189-208.

SAM un robot pour l'assistance aux personnes dépendantes

Projet **Armen**, Programme TEChnologie pour la SANté et l'autonomie, édition 2009

Contact : Christophe Leroux (christophe.leroux@cea.fr)

Site web : http://projet_armen.byethost4.com/

Des enjeux humains sociétaux et économiques cruciaux

En 1999 on estimait à plus de 800 000 le nombre de personnes ayant besoin d'une assistance quotidienne en France. En 2008, 4,85 milliards d'euros ont été consacrés à la protection sociale pour 1,1 million de personnes âgées. La dépendance représente des enjeux économiques et d'organisation de notre société auxquels il faut faire face et qu'il faut anticiper. On estime à 20 millions le nombre de personnes de plus de 65 ans en France en 2050. Une réponse satisfaisant l'enjeu sociétal et ne provoquant pas une explosion des dépenses de santé est complexe à trouver. Sachant que le personnel soignant et le personnel d'assistance à domicile ne suivent pas la croissance de la dépendance, l'utilisation des aides techniques est une nécessité.

La robotique d'assistance autonome pour les personnes et leur entourage

L'objectif d'ARMEN est de concevoir un robot d'assistance très simple d'utilisation procurant des fonctions évoluées pour aider au maintien à domicile des personnes en situation de perte d'autonomie (enfants, personnes âgées, personnes en situation de handicap, personnes immobilisées à domicile pour une maladie). Ce robot doit permettre de pallier l'absence ou le manque de disponibilité du personnel d'assistance et non de remplacer ce personnel. Les axes de recherche du projet incluent :

- La conception d'une interface intuitive entre la personne et l'assistant robotique grâce à une analyse sémantique des ordres et l'utilisation d'un personnage virtuel expressif,
- L'augmentation des usages du robot assistant par la conception de plusieurs services,
- La conception d'un système de navigation autonome de localisation et d'évitement d'obstacles faible coût qui tienne compte de la structure du robot et des éléments transportés pour effectuer des déplacements en sécurité tout en restant à distance de la personne,
- L'analyse des émotions de l'utilisateur pour le monitoring ou la stimulation.

Figure 1 – Illustration de la solution sur une séquence " boire ".

Résultats majeurs

Les premiers résultats du projet ont été la production de scenarii réalistes élaborés sous la direction des médecins et ergothérapeutes. Ces scenarii permettent d'illustrer la participation des uns et des autres aux expérimentations à effectuer en fin de projet. Le montage du bras manipulateur d'Exact Dynamics sur la base mobile robulab-10 de ROBOSOFT a été effectué. Pour la reconnaissance vocale, un corpus a été collecté de personnes ayant des difficultés d'élocution. Des premières évaluations de la navigation en intérieur par vision ont été réalisées. Les travaux sur l'IHM sont lancés.

Informations projet

ARMEN est un projet ANR TECSAN, coordonné par le CEA LIST dont les partenaires sont : APPROCHE, LASMEA, LIMSI, ROBOSOFT et VOXLER. Ce projet a démarré en fé-

vrier 2010 pour une durée de 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 850 k-euros pour un budget global de 1,815 M-euros.

Production scientifique et brevets

Generating Scenarios for a Mobile Robot with an Arm. Case study : Assistance for Handicapped Persons. Morignot, P., Soury, M., Leroux, C., Vorobieva, H., & Hède, P. ICARCV 2010. Reconnaissance d'objets et ontologie associée pour la manipulation d'objets pour la robotique d'assistance. Vorobieva, H., Leroux, C., Hède, P., & Soury, M. HANDICAP 2010.

Comment rendre plus social un robot ou un patient atteint de déficit social

Projet **Scad**, *Programme Blanc 2009*

Contact : Ludovic Marin (ludovic.marin@univ-montp1.fr)

The SCAD (Social Coordination of Agents with Deficits) project investigates the phenomenon of interagent motor coordination using an interdisciplinary paradigm. Although different fields have investigated social interaction, little work has been performed to integrate their approaches in an interdisciplinary study. The SCAD project proposes to remedy this situation by gathering an interdisciplinary consortium of scholars (including psychologists, motor control researchers, neuroscientists and psychiatrists) in order to 1) examine interagent synchronization in social interaction in healthy persons, artificial agents such as robots, and socially-impaired clinical populations (e.g., patients with schizophrenia, social phobia, autistic) and 2) propose direct applications to enhance social competence of impaired patients and robots. The originality of this project is that it goes beyond each member's individual investigation of social interaction in order to apprehend the interactions of social, behavioral and neural levels of constraint that are typically examined only in isolation. Understanding human social coordination through such an interdisciplinary collaboration does not only lead to a more complete understanding of motor coordination processes and their role in social interactions but also increases the likelihood of the applicability of the results to issues of mental health as well as to facilitating advances of technological human interfaces such as in robotics.

Originality and novelty of the SCAD project

Social motor coordination is an emerging framework for describing social interactions. The major objective of this SCAD project is to provide an interdisciplinary attack on the common phenomenon of social motor coordination that will span the fields of psychiatry, motor behavior (motor control and psychology), robotic science and neuroscience. The interdisciplinarity of the project goes beyond the simple combination of different disciplines by proposing experiments that examine interpersonal interactions at multiple levels of analysis to provide a view of the phenomenon that none of the individual disciplines could achieve. This cross discipline approach will have direct consequences for mental health and robotic applications. Reciprocally, this approach will enhance the knowledge and fundamental research of each subsidiary discipline.

Development of knowledge and fundamental research of each subsidiary discipline

In psychiatry, social disorders are largely studied as a mental disorder in terms of cognitive and emotional processes. These disorders are also embodied in behavior but the motor problems in social disorders have hardly been studied. Paradoxically, motor manifestations are often the only direct and objective expression of mental processes that patients are able to reveal. One original objective of this project is to study the behavioral impairment of patients with schizophrenia and social phobia in social interactions through observing their postural and interlimb coordination. Hence, data obtained in between-person postural or gestural coordination paradigms will enhance the knowledge of fundamental research on schizophrenia and social phobia. Because few experiments have been conducted in interpersonal motor coordination with social disorder patients, one challenge will be to precisely assess postural and limb movement in order to understand the sources of interpersonal motor interaction. Large intra-personal variability needs also to be addressed (overcome through nonlinear analysis techniques such as the cross wavelet transform) in order to compare patients with each other.

In the field of robotics, as artificial anthropomorphic agents such as humanoid and android robots are on the verge of becoming increasingly present in our societies, it is important to understand humans' automatic and unconscious reactions to these agents in order to optimize the ergonomy of natural man-humanoid interactions. One objective of this proposal is to use such robots as experimental manipulations to investigate sociality and behavioral patterns of interagent interactions. Their inclusion will allow us as well to objectively describe the social 'competence' of humanoid robots by observing how healthy people and those with social disorders interact with them. On the one hand, a humanoid robot is a useful tool to study variables of social coordination facing an artificial agent. Because of the reciprocity of natural social interactions, in particular in the case of social coordination, it is impossible to gain a full control of one of the participants in a pair. With a humanoid robot playing one of the partners, it becomes possible to control precisely the movements of the agent and to induce unperceivable changes in a cyclic movement with no risk of unintended reciprocal interaction. On the other hand, if coordination is a relevant marker of social

competence, an idea for which we already have a growing body of evidence, any objective marker of this coordination is a possible benchmark test for the perceived sociability of a robot. Such a measure could benefit industrial roboticists by replacing their intuitive guidelines for design by objective measures. The key to success in this objective is a three way interaction between movement science, robotic science and social cognition. The first two have been collaborating fruitfully in the last decade to investigate the architecture of movement control. Social cognition is an emerging field that requires strong theoretical frameworks to provide useful results. The core of the proposal, social coordination, offers such a theoretical framework in which man-robot interaction can be objectively investigated.

In the field of motor behavior, although interpersonal coordination has been studied over the past two decades, this research has mostly focused on the behavioral processes of interlimb entrainment. The present research will use the motor behavior variables and paradigms to provide the underlying base to understanding the sources of between-person coordination. However, the research objective proposed goes beyond the merely behavioral motor mechanisms in order to apprehend more fully the social constraints on interpersonal coordination as well and how both are embodied in neural mechanisms. The originality of such an objective is that motor behavior paradigms will be the cement that will link the different disciplines of psychiatry, neuroscience and robotics in investigating the phenomenon of interpersonal interactions. Such a motor approach will focus attention on the bodily expressions of social interactions that are sometimes the only objective type of data in a clinically social impaired population or in a human-robot interaction. In return, the field of motor behavior will benefit from the perspectives of the other disciplines because they will bring a broader understanding of the context of interpersonal coordination. The neuroscience objective of this project is to investigate the modulation of the activity of the neural substrates of motor control as a consequence of coordinating with the movements of other social agents. Hand movements are largely used in fMRI and MEG paradigms to investigate the neural control of motor coordination, and have been used extensively to describe the neural substrates of rhythmic movements. Neural correlates of synchronized and unsynchronized behaviors of two people performing finger movements have been found by using high-resolution spectral analysis of EEG signals (Tognoli et al, 2007). A right-lateralized centro-parietal component (called phi, spanning the frequency range 9.2-11.5 Hz) was found to be highly sensitive to the characteristics of motor coordination. Phi involved a double peak in the spectral domain. Increase of the lowest Phi frequency was specific to unsynchronized behavior ; increase of the highest Phi frequency was specific to synchronized behavior. Phi thus appears as a robust neuromarker for the very basic forms of motor coordination that emerge in natural interactions, and was related to the activity of motor resonance systems. Consequently, such paradigms provide a well-established experimental and theoretical framework to investigate modulation of brain activity in social coordination. The neuroimaging experiments will attempt first to reproduce in MEG the Phi neural marker of motor coordination between two interacting partners, and the integration of fMRI and MEG data will provide us with enhanced localization of the source of the phi component. Once this step is accomplished, the effect of the sociality of the agent and of pathology of social cognition will be investigated to identify the existence of abnormal neural signature of motor coordination.

Mental health and robotic application : Enhance social competence

The originality of this proposal is to start from questions about processes of social motor coordination and to terminate with direct applications for the domains of psychotherapy and robotics. We strongly believe that investigating motor manifestation of patients' mental processes will provide substantial development in detection and treatment of these disorders. For instance, social phobia can be successfully treated with cognitive-behavior therapies (CBT). Postural movements of a robot at the beginning and in the presence of another participant at the end can encourage patients not to rely on "safety behaviors" during exposure treatment and thus could optimize CBT treatment. Similarly, postural abnormalities can be strong predictors of the onset of schizophrenia (Mittal & Walker, 2007). We hope to be able to set up the first stages of a social disorder detection and therapy by the virtue of other disciplines. Motor control paradigms will directly provide a precise quantification of motor coordination - what is impaired, do patients synchronize to robot but not human, etc. The neural investigations will further nourish the assessment of interpersonal coordination. For example, we might understand that a pharmaceutical complement could compensate a lack of neural substrate. Finally, the use of robots or avatars will be used as a technical tool to stimulate the social connection broken in patients.

Besides therapy application, this proposal aims at developing guidelines to roboticists based on the interdisciplinary work. Motor control measurements will directly provide the degree of coordination between robot and human so that roboticists will be able to estimate what determines a better coordinative behavior. Motor control and neuroimagery will also highlight human reactions to more anthro-

pomorphic robots. In return, the use of robots in mental therapy will permit developing different kind of robots and consequently, increase the use of robots in our everyday life. Together this interdisciplinary proposal will produce guidelines to robot designers so that they can lead the future technological challenges to the path of social companion robots.

References

Ambady, N., & Hallahan, M. (2002). Using nonverbal representations of behavior : Perceiving sexual orientation (pp. 320-332). In S. M. Kosslyn, A. M. Galaburda & Christen, Y. (Eds.), The Languages of the Brain. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Ambady, N., Hallahan, M., & Connor, B. (1999). Accuracy of judgments of sexual orientation from thin slices of behavior. Journal of Personality and Social Psychology, 77, 538-547.

Ambady, N., Hallahan, M., & Rosenthal, R. (1995). On judging and being judged accurately in zero acquaintance situations. Journal of Personality and Social Psychology, 69, 518-529.

Anthoine, S., & Takerkart, S. A. (2006). new motion-based super-resolution algorithm for fMRI datasets. Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting, Florence.

Bardy, B. G., Faugloire, E., & Fourcade, P. (2006). Stabilization of old and new postural patterns in standing humans. In M.Latash, F. G. Lestienne (Eds.), Motor control and learning over the lifespan (pp. 77-87). Berlin : Springer Verlag.

Bardy, B. G., Oullier, O., Lagarde, J., & Stoffregen, T. A. (2007). On perturbation and pattern co-existence in postural coordination dynamics. Journal of Motor Behavior, 39, 326-334.

Bellgrove, M.A., Bradshaw, J.L., Velakoulis, D., Johnson, K.A., Rogers, M.A., Smith, & D., Pantelis, C. (2001). Bimanual coordination in chronic schizophrenia. Brain and Cognition, 45, 325-341.

Bernieri, F.J., & Rosenthal, R. (1991). Interpersonal coordination : Behavior matching and interactional synchrony. In R.S. Feldman & B. Rime (Eds.), Fundamentals of nonverbal behavior. Studies in emotion & social interaction. (pp. 401-432). New York : Cambridge University Press.

Bonnard, M., De Graaf, J.B., & Pailhous, J. (2004). Interactions between cognitive and sensorimotor functions in the motor cortex. Evidence from the preparatory motor sets anticipating a perturbation. Reviews in the Neurosciences, 15, 371-382.

Bonnard, M., Camus, M., De Graaf, J.B., & Pailhous, J. (2003). Direct evidence for a binding between cognitive and motor functions in humans : a TMS study. Journal of Cognitive Neuroscience, 15, 1207-1216.

Bonnet, V., Lagarde, J., Fraisse, P., Ramdani, N., Ramdani, S., Poignet, P., & Bardy, B. G. (2007). Modeling human postural coordination to improve the control of balance in humanoids. Proceedings of the IEEE-RAS 7th International Conference on Humanoid Robots. Pittsburg, PA, USA.

Boulenger, JP. (2004). Residual symptoms of depression : theoretical and clinical implications. Europ. Psychiatry, 19 (4), 209-213.

Boulenger, JP., & Attal, J. (2008). Rationalizing the prescription of antidepressants. Revue Praticien, 29, 385-402.

Boulenger, JP., & Capdevielle, D. (2007). Le traitement pharmacologique de l'anxiété généralisée : utilisation rationnelle et limitations. Encéphale, 33 : Janvier-Fevrier ; 84-94.

Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G.R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Seitz, R.J., Zilles, K., Rizzolatti, G., & Freund, H.J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner : an fMRI study. European Journal of Neuroscience, 13 (2), 400-404.

Capdevielle, D., & Ritchie, K. (2008). The long and the short of it : Are shorter periods of hospitalization beneficial ? British Journal of Psychiatry, 192, 164-165

Capdevielle, D., & Boulenger, JP. (2007). Sémiologie des troubles anxieux et phobiques. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Psychiatrie, 37, 112-A610.

Capdevielle, D., Ritchie, K., Villebrun, D. & Boulenger ; JP. (in press). Durée d'hospitalisation des patients souffrant de schizophrénie : facteurs cliniques de variations et leurs conséquences. L'Encéphale.

Chaminade, T., & Decety, J. (2001). A common framework for perception and action : Neuroimaging evidence. BBS, 24 : 879-882.

Chaminade, T., Hodgins, J., & Kawato, M. 2007. Anthropomorphism influences perception of computer-animated characters' actions. Social Cognitive and Affective Neuroscience, 2(3), 206-216.

Chaminade, T., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2005). An fMRI study of imitation : action representation and body schema. Neuropsychologia, 43(1), 115-127.

Chaminade, T., Oztop, E., Gordon, C., & Kawato, M. (2008). From self-observation to imitation : visuomotor association on a robotic hand. Brain Research Bulletin, 75 (6), 775-784.

Chartrand, T.L., & Bargh, J.A. (1999). The chameleon effect : The perception-behavior link and social interaction. Journal of Personality and Social Psychology, 76, 893-910.

Chaudieu, Beluche, I., Norton, J., Boulenger, JP., Ritchie, K., & Ancelin, M.L. (2008). Abnormal reactions to environmental stress in elderly persons with anxiety disorders : evidence from a population study of diurnal cortisol changes. J. Affective Disorders, 106, 307-313

D'Argembeau, A., Raffard, S., & Van der Linden, M. (2008). Remembering the past and imagining the future in schizophrenia. Journal of Abnormal Psychology, 117, 247-251.

Decety, J., & Chaminade, T. (2003). When the self represents the other : A new cognitive neuroscience view on psycho-

logical identification. Consciousness and Cognition, 12(4), 577-596.
De Graaf, J.B., Frolov, A., Nazarian, B., Fiocchi, M., Pailhous, J., & Bonnard, M. (in Press). Preparing for a motor perturbation : Early implication of primary motor and somatosensory cortices. Human Brain Mapping.
De Graaf, J.B., Galléa, C., Pailhous, J., Anton, J.-L., Roth, M., & Bonnard, M. (2004). Awareness of muscular force during movement production. An fMRI study. Neuroimage, 21, 1357-1367.
Delevoye-Turrell, Y.N., Thomas, P., & Giersch, A. (2006). Attention for movement production : Abnormal profiles in schizophrenia. Schizophrenia Research, 84, 430-432
Faugloire, E., Bardy, B. G., & Stoffregen, T.A. (2006). The dynamics of learning new postural patterns. Influence on pre-existing spontaneous behaviors. Journal of Motor Behavior, 38, 299-312.
Faugloire, E., Bardy, B.G., & Stoffregen, T.A. (in press). (De) Stabilization of required and spontaneous postural dynamics with learning. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance.
Favrod, J., Zimmermann, G., Raffard, S., Pomini, V., & Khazaal, Y. (In press). The Beck Cognitive Insight Scale in outpatients with psychotic disorders : Further evidence from a French-speaking sample". Canadian Journal of Psychiatry.
Feldman, R. (2007). Parent–infant synchrony and the construction of shared timing ; physiological precursors, developmental outcomes, and risk conditions. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 48, 329–354.
Gallagher, H.L., Jack, A.I., Roepstorff, A., & Frith, C.D. (2002). Imaging the intentional stance in a competitive game. Neuroimage, 16(3 Pt 1), 814-821.
Galléa, C., De Graaf, J.B., Pailhous, J., & Bonnard, M. (2008). Error processing during online motor control depends on the response accuracy. Behavioural Brain Research, 193, 117-125.
Gallese, V. (2003). The manifold nature of interpersonal relations : the quest for a common mechanism. Philosophical Transactions of the Royal Socity of London : B Biological Sciences, 358 (1431), 517-528.
Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. Brain, 119 (Pt 2), 593-609.
Garcia, S. M., Hallahan, M., & Rosenthal, R. (2007). Poor expression : Concealing social class stigma. Basic and Applied Social Psychology, 29, 99-107.
Garner, M., Mogg, K., & Bradley, B.P. (2006). Orienting and maintenance of gaze to facial expressions in social anxiety. Journal of Abnormal Psychology, 115, 760-770.
Gauthier, G., Marin, L., Leroy, D., Thouvarecq, R. (in press). Dynamics of expertise level : coordination in handstand. Human Movement Science
Halverson, A. M., Hallahan, M., Hart, A. J., & Rosenthal, R. (1997). Reducing the biasing effect of judges' nonverbal behavior with simplified jury instructions. Journal of Applied Psychology, 82, 590-598.
Iacoboni, M., Woods, R.P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J.C., & Rizzolatti, G. (1999). Cortical mechanisms of human imitation. Science, 286 (5449), 2526-2528.
Issartel, J., Marin, L., & Cadopi, M. (2007). Unintended interpersonal co-ordination :"can we march to the beat of our own drum ?" Neuroscience Letters, 411, 174-179.
Issartel, J., Marin, L., Bardainne, T., Gaillot, P., & Cadopi, M. (2006). A Practical Guide to Time–Frequency Analysis in the Study of Human Motor Behavior : The Contribution of Wavelet Transform. Journal of Motor Behavior, 38, 139-159.
James, W. (1890). Principles of Psychology. Holt, New York.
Kay, S.R., Fiszbein A, & Opler, L.A. (1987). The positive and negative syndrome scale (PANSS) for schizophrenia. Schizophrenia Bulletin, 13, 261-276.
Keil, A., Elbert, T., Rockstroh, B., & Ray, W. J. (1998). Dynamical aspects of motor and perceptual processes in schizophrenic patients and healthy controls. Schizophrenia Research, 33, 169-178.
Kilner, J.M., Paulignan, Y., & Blakemore, S.J. (2003). An interference effect of observed biological movement on action. Current Biology, 13(6), 522-525.
Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M.A., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2002). Hearing sounds, understanding actions : action representation in mirror neurons. Science, 297 (5582), 846-848.
Lagarde J., & Kelso J.A.S. (2006). The binding of movement, sound and touch : Multimodal coordination dynamics. Experimental Brain Research, 173, 673-88.
Lagarde, J., Peham, C., Licka, T., & Kelso, J.A.S. (2005). The coordination dynamics of the horse-rider system. Journal of Motor Behavior, 37, 418-424.
Lakin, J.L., & Chartrand, T.L. (2003). Using nonconscious behavioral mimicry to create affiliation and rapport. Psychological Science, 14, 334-339.
Lopresti-Goodman,, S. M., Richardson, M. J., Silva, P., & Schmidt, R. C. (2008). Period basin of entrainment for unintentional visual coordination. Journal of Motor Behavior, 40, 3-9.
MacDorman, K.F., & Ishiguro, H. (2006). The uncanny advantage of using androids in social and cognitive science research. Interaction Studies, 7(3), 297-337.
Mackinnon, A., & Mulligan R,. (2005). The estimation of premorbid intelligence levels in French speakers. Encephale, 31, 31-43.
Marin, L., & Lagarde, J. (2007). The perception-action interaction comes first. Behavioral and Brain Sciences, 30, 215-216
Marin, L., & Oullier, O. (2001). When Robots Fail : The com-

plex processes of learning and development. Behavioral and Brain Sciences, 24(6), 1067-1068.
Marvel, C.L., Schwartz, B.L., & Rosse, R.B. (2004). A quantitative measure of postural sway deficits in schizophrenia. Schizophrenia Research, 68, 363-372.
Mittal, V.A., & Walker, E.F. (2007). Movement Abnormalities Predict Conversion to Axis I Psychosis Among Prodromal Adolescents. Journal of Abnormal Psychology, 116 (4), 796 – 803.
Mittal, V.A., Neumann, C., Saczawa, M., & Walker, E.F. (2008). Longitudinal progression of movement abnormalities in relation to psychotic symptoms in adolescents at high risk of schizophrenia. Archives of General Psychiatry, 65, 165-171.
Montgomery, S.A., Nil, R., Dürr-Pal, N., Loft, H., & Boulenger, JP. (2005). A 24-Week Randomized, Double-Blind, Placeba-Controlled Study of Escitalopram for the Prevention of Generalized Social Anxiety Disorder. J. Clin. Psychiatry, 66, 1270-1278.
Myles-Worsley, M., Coon, H., & Byerley, W. (1998). The sensitivity of the spontaneous selective attention test (SSAT) : a study of schizophrenic inpatients and outpatients versus normal controls. Schizophrenia Research, 31, 131-139.
Norton, J., De Roquefeuil, G., Boulenger, JP., Ritchie, K., Mann, A., & Tylee, A. (2007). Use of the PRIME-MD patient health questionnaire in French primary care : how does it perform and can it explain high psychotropic medication use ? Gen. Hosp. Psychiatry, 29, 285-293
Oullier, O., Deguzman, G., Jantzen, K.J., Lagarde, J., Kelso, J.A.S. (2007). Social coordination dynamics : visual information exchange mediates spontaneous phase synchrony between people. Social Neuroscience.
Oullier, O., Marin, L., Stoffregen, T.A., Bootsma, R.J., & Bardy, B.G. (2005). Variability in postural coordination dynamics. In K. Davids, S. Bennett & K.M. Newell (Eds.), Movement system variability (pp. 25-47). Champaign, IL : Human Kinetics
Oztop, E., Franklin, D., Chaminade, T., & Gordon, C. (2005). Human-humanoid interaction : is a humanoid robot perceived as a human. International Journal of Humanoid Robotics, 2(4), 537-559.
Pinkham, A.E. & Penn, D.L. (2006). Neurocognitive and social cognitive predictors of social skill in schizophrenia. Psychiatry Research, 143, 167−178.
Penn, D.L. & Combs, D.R. (2000). Modification of affect perception deficits in schizophrenia. Schizophrenia Research 46, 217−229.
Polyn, SM., Detre, G., Takerkart, S., Natu, V., Benharrosh, M., Singer, B., Cohen, JD., Haxby, JV. & Norman, KA. A. (2005). Matlab-based toolbox to facilitate multi-voxel pattern classification of fMRI data. Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting, Toronto.
Raffard, S., Bayard, S., Gely-Nargeot, Capdevielle, D., M.-C., Magui, M., Barbotte, E., Morris, D., & Boulenger, J.,-P.(in press). Insight and executive functioning in schizophrenia : a multidimensional approach. Psychiatry Research
Raffard., S., D'Argembeau, A., Lardi, C., Bayard, S., Boulenger, J.-P. & Van der linden, M. (in press). Exploring self-defining memories in schizophrenia. Memory
Raffard, S., Bayard, S., Boulenger, JP., Capdevielle, D., Garcia, F., & Gely-Nargeot, M.-C. (in press). La conscience des troubles (insight) dans la schizophrénie : une revue critique de la question. Partie II : Modèles explicatifs. L'Encéphale.
Richardson, M. J., Campbell, W., & Schmidt, R. C. (in press). Movement interference during action observation as emergent coordination. Neuroscience Letters.
Richardson, M. J., Lopresti-Goodman, S. M., Mancini, M., Kay, B., & Schmidt, R. C. (2008). Comparing the attractor strength of intra- and inter-personal interlimb coordination using cross-recurrence analysis. Neuroscience Letters, 438, 340-345.
Richardson, M. J., Marsh, K. L., Isenhower, R., Goodman, J., & Schmidt, R. C. (2007). Rocking together : Dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination. Human Movement Science, 26, 867-891.
Richardson, M.J., Marsh, K.L., & Schmidt, R.C. (2005). Effects of visual and verbal information on unintentional interpersonal coordination. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 31, 62-79.
Ritchie, K., Artero, S., Beluche, I., Ancelin, M.L., Dupuy, A.M., Mann, A., Malafosse, A., & Boulenger, JP. (2004). Prevalence of DSM -IV psychiatric disorder in the French elderly population. British Journal of Psychiatry 184, 147-152.
Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. Annual Review of Neuroscience, 27, 169-192.
Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cognitive Brain Research, 3 (2), 131-141.
Romeo, R., Aitchison, K., & Capdevielle, D. (in press). Using pharmacoeconomics in pharmacogenetic testing in psychiatry : application and considerations. Clinical Psychiatry.
Schmidt, R.C., Fitzpatrick, P.A., Bienvenu, M., & Amazeen, P.G. (1998). A comparison of intra- and interpersonal interlimb coordination : Coordination breakdowns and coupling strength. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 24, 884-900.
Schmidt, R.C., & Richardson, M.J. (2008). Dynamics of interpersonal coordination. A. Fuchs & V. Jirsa (Eds.), Coordination : Neural, Behavioural and Social Dynamics. Heidelberg : Springer-Verlag.
Schmidt, R. C., Richardson, M. J., Christine A., & Galantucci, B. (2007). Visual tracking and entrainment to an environmental rhythm. Journal of Experimental Psychology :

Human Perception and Performance, 33, 860-870.
Schmidt, R. C., & O'Brien, B. (1997). Evaluating the dynamics of unintended interpersonal coordination. Ecological Psychology, 9, 189-206.
Schmidt, R.C., & Turvey, M.T. (1994). Phase-entrainment dynamics of visually coupled rhythmic movements. Biological Cybernetics, 70, 369-376.
Semin, G.R. (2007). Grounding communication : Synchrony. In A. Kruglanski and E.T. Higgins (Eds.), Social Psychology : Handbook of Basic Principles 2nd Edition, (pp. 630-649). New York : Guilford Publications.
Shockley, K., Santana, M. V., & Fowler, C. A. (2003). Mutual interpersonal postural constraints are involved in cooperative conversation. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 29, 326-332.
Spielberger, C.D. (1983). Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (STAI). Consulting Psychologists Press : Palo Alto .
Stein, D.J., Ono, Y., Tajima, O., & Muller, J.E. (2004). The social anxiety disorder spectrum. Journal of Clinical Psychiatry, 65, 34-36
Takerkart, S., & Daubechies, IC. (2006). A new adaptive wavelet thresholding scheme for the estimation of fMRI activation maps. Method to detect and characterize spatially distributed patterns of activation in fMRI datasets. Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting, Florence.
Takerkart, S., Fenouil, R., Piovano, J., Reynaud, A., Hoffart, L., Chavane, F., Papadopoulo, T., Conrath, J., & Masson GS. (2008). A quantification framework for post-lesion neovascularization in retinal angiography. In press in Proceedings of the 5th International Symposium on Biomedical Imaging, Paris.
Takerkart, S., Gobbini, MI., Haxby, JV., & Daubechies, IC. (2004). A new wavelet-based method to detect and characterize spatially distributed patterns of activation in fMRI datasets. Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting, Budapest.
Tanaka, F., Cicourel, A., & Movellan, J.R. (2007). Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104 (46), 17954-17958.
Temprado, J.J., & Laurent, M. (2004). Attentional load associated with performing and stabilizing a between-persons coordination of rhythmic limb movements. Acta Psychologica, 115, 1-16.
Temprado, J.J., Zanone, P.G., Monno, A., & Laurent, M. (1999). Attentional load associated with performing and stabilizing preferred bimanual patterns. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 25, 1579-1594.
Tognoli, E., Lagarde J., DeGuzman, G.C., & Kelso, J.A.S. (2007). The phi complex as a neuromarker of human social coordination. Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. 104(19), 8190-8195.
Umilta, M.A., Kohler, E., Gallese, V., Fogassi, L., Fadiga, L., Keysers, C., & Rizzolatti, G. (2001). I know what you are doing. a neurophysiological study. Neuron, 31 (1), 155-165.
Varlet, M., Marin, L., & Bardy, B.G. (2008). Postural synchronization in interpersonal visually coupled situation. 10th European Workshop on Ecological Psychology. Madeira, Portugal : November 4-8, 2008.
Varlet, M., Marin, L., & Bardy, B.G. (2008). Postural coordination during interpersonal interaction. 5th International Conference on Enactive Interfaces. Pisa, Italy : November 19-21, 2008.
Wolitzky-Taylor, K.B., Horowitz, J.D., Powers, M.B., Telch, M.J. (2008). Psychological approaches in the treatment of specific phobias : a meta-analysis. Clinical Psychology Review, 28(6), 1021-37.

Une plate-forme multi-capteurs pour l'exploration et la cartographie sémantique

Projet **Pacom**, Programme Contenus et Interaction, Défi CAROTTE, 2009

Contact : David Filliat (David.Filliat@ensta-paristech.fr)

Produire rapidement des cartes facilement interprétables d'un environnement inconnu

La façon dont nous percevons le monde extérieur nous apparaît naturelle, immédiate et sans efforts, mais repose sur de nombreux processus sensoriels qui contribuent à nos capacités de perception et de représentation du monde. Par exemple, dans un environnement intérieur, nous sommes capables de mémoriser rapidement des objets pertinents en fonction du contexte et des configurations abstraites de l'environnement en terme de pièces et de couloirs. Le but du projet PACOM est d'implémenter certaines de ces capacités dans un système robotisé pour participer à la compétition « CAROTTE ». Au delà des cartes « brutes » habituellement construites par les robots, nous cherchons à introduire de l'information sémantique, de plus haut niveau d'abstraction, pertinente pour l'humain. Nous abordons donc les problèmes de l'exploration, de la détection d'objets dans des environnements de grande taille, de la cartographie et de l'interprétation des cartes en terme de structures haut niveau telles que les pièces. Au delà de cette compétition, ces fonctionnalités seront essentielles pour des robots de service, notamment des robots d'assistance pour lesquels la navigation et la recherche d'objets sont des briques fondamentales.

Un système mobile multi-senseurs utilisant la vision et la télémétrie

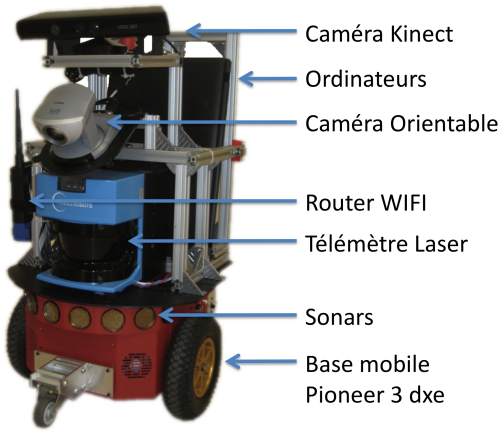


Figure 1 – Robot développé dans le cadre du projet PACOM.

Le robot développé dans le cadre de ce projet est équipé d'un télémètre laser à balayage, de sonars, d'une caméra couleur orientable et d'une caméra mesurant la profondeur en plus de la couleur (Kinect de Microsoft). Le système logiciel est fondé sur le framework Urbi de Gostai qui permet de répartir, de paralléliser et de coordonner les différents modules logiciels nécessaires sur les deux ordinateurs embarqués. Notre système repose sur une cartographie 2D de l'environnement par télémétrie laser réalisée par la bibliothèque Karto (`http://www.kartorobotics.com/`). Sur cette base, nous avons particulièrement cherché à être robuste aux vitres, miroirs, objets 3D et irrégularités du sol présents dans l'environnement. Pour cela, les capteurs complémentaires du laser sont utilisés pour détecter les obstacles non vus par le laser (graviers, vitres, tables), qui sont ensuite intégrés dans la carte et pris en compte par la planification de trajectoire. Nous avons également développé une nouvelle approche de segmentation des objets au moyen de l'information 3D qui permet ensuite leur identification en fusionnant l'information de structure 3D, de couleur et de texture obtenue par la caméra Kinect (3).

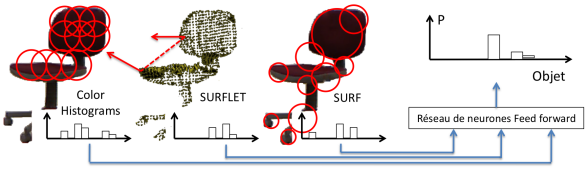


Figure 2 – Illustration de la méthode de reconnaissance d'objets fusionnant les informations de texture, couleur et forme 3D.

Ces données permettent de construire une carte sémantique intégrant les informations telles que la structure 3D de l'environnement reconstruite à l'aide de la caméra Kinect, les pièces présentes, les objets détectés, les types de sols et de murs détectés au moyen de la caméra couleur orientable. Le déplacement du robot est planifié par une stratégie d'exploration multi-objectif permettant de découvrir l'ensemble de l'environnement tout en réalisant une recherche exhaustive d'objets (6). Par ailleurs, nous avons développé une méthode de saillance visuelle utilisant une caméra panoramique évènementielle (2) qui permet d'estimer rapidement les zones pouvant contenir des objets. Cette méthode n'était toutefois pas assez mature pour être exploitée durant la compétition.

Bilan

Ce projet a notamment permis de développer une approche multi-critère pour la reconnaissance d'objets à base

de caméra RGBD qui offre de très bonnes performances et une méthode d'exploration multi-objectifs efficace. Notre robot étant de grande taille, nous avons développé une méthode d'évitement d'obstacles multi-capteurs originale, mais dont la robustesse est encore à améliorer. Enfin, l'un des intérêts majeurs de ce projet était également de se soumettre à une évaluation rigoureuse et objective au travers de la compétition CAROTTE qui permet de démontrer la pertinence des approches développées.

Notre approche a été décrite dans deux articles à la « Conference on Technologies for Practical Robot Applications » (4; 5). L'architecture logicielle fondée sur URBI a été détaillée à la « Conférence on Robot Architecture » (1). La méthode d'exploration a été présentée à l' « International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics » (6). Enfin deux articles de revue décrivent notre méthode de détection d'objets (3) et l'application d'une caméra évènementielle à la robotique (2).

Références

[1] J.-C. Baillie, A. Demaille, G. Duceux, D. Filliat, Q. Hocquet, and M. Nottale. Software architecture for an exploration robot based on urbi. In *Proceedings of the 6th National Conference on Control Architectures of Robots*, 2011.

[2] J. Carneiro, S.H. Ieng, C. Posch, D. Filliat, and R Benosman. Multi-camera event-based stereo for navigation of mobile platform. *Neural Networks*, submitted.

[3] Louis-Charles Caron, Mouloud Belounis, Cédric Meyer, André Foessel, Franck Duriez, Guillaume Duceux, Matthieu Dubois, Islem Jebari, David Filliat, and Alexander Gepperth. Multi-modal object recognition from a moving platform. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, submitted.

[4] D. Filliat, E. Battesti, S. Bazeille, G. Duceux, A. Gepperth, L. Harrath, I. Jebari, R. Pereira, A. Tapus, C. Meyer, S. Ieng, R. Benosman, E. Cizeron, J.-C. Mamanna, and B. Pothier. Rgbd object recognition and visual texture classification for indoor semantic mapping. In *Proceedings of the 4th International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA)*, 2012.

[5] I. Jebari, S. Bazeille, E. Battesti, H. Tekaya, M. Klein, A. Tapus, D. Filliat, C. Meyer, S. Ieng, R. Benosman, E. Cizeron, J.-C. Mamanna, and B. Pothier. Multi-sensor semantic mapping and exploration of indoor environments. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA)*, 2011.

[6] Islem Jebari, Stéphane Bazeille, and David Filliat. Combined vision and frontier-based exploration strategies for semantic mapping. In *Proceedings of the 3rd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR 2011)*, 2011.

Découverte et apprentissage d'un nouvel environnement par des robots humanoïdes

Projet **Yoji**, Programme Contenu et Interaction, Défi CAROTTE, 2009

Contact : Rodolphe Gélin (rgelin@aldebaran-robotics.fr)

Des robots humanoïdes à domicile

La robotique va progressivement s'installer dans nos domiciles, comme l'ont fait récemment l'ordinateur puis les objets communicants nomades. Que ce soit pour des applications d'éducation, de distraction ou d'assistance à la personne, le robot pourra répondre à de nombreuses attentes du public. Mais cela sera possible si son utilisation est simple, intuitive et les services qu'il rend efficaces. De nombreux défis sont à relever en termes d'interaction homme machine (la communication avec le robot doit être la plus naturelle possible), d'interaction entre le robot et son environnement (lien avec la domotique, manipulation des objets quotidiens) et de compréhension de contexte. C'est sur ce dernier point que le défi Carotte va permettre à Aldebaran et à ses partenaires de progresser. Disposant d'un équipement capteur limité, du fait des contraintes imposées par sa forme, le robot humanoïde Nao devra déployer des trésors d'ingéniosité pour se repérer dans l'environnement qui va devenir le sien, y reconnaître les pièces, les objets, éviter les obstacles et de déplacer de façon autonome dans un appartement. Ce sont tous ces sujets qui seront abordés à l'occasion de la participation au défi Carotte de l'équipe YOJI.

Une solution multi-capteurs et multi-robots

L'objet du défi Carotte est d'explorer, en un temps limité, un appartement de $120m^2$, d'y reconnaître et localiser des objets et d'en produire une carte métrique. Pour la construction de cette carte, le robot Nao a été équipé d'un télémètre laser qui complète ses capteurs d'origine (caméras, ultra-sons, bumpers au bout des pieds, micros). Le robot utilise également le laser pour détecter les zones à explorer. Le robot se dirige vers ces zones tout en construisant un arbre topologique représentant les zones connues et les zones à explorer plus tard. Régulièrement, il enregistre des points caractéristiques de son environnement qu'il utilisera pour reconnaître une position où il est déjà passé. Les données capteurs prises par le robot sont envoyées à un serveur distant qui y reconnaît les objets présents dans les images et les sons captés par le micro. Afin d'optimiser l'exploration, 3 robots Nao sont utilisés simultanément. Le serveur collecte les informations des trois robots et leur renvoie des indications sur les zones à explorer en priorité pour éviter que plusieurs robots explorent les mêmes endroits. A la fin de la mission, les cartes métriques des 3 robots sont agrégées pour maximiser les zones de recouvrement des 3 cartes et produire une carte commune unique.

Le robot Nao devant le défi Carotte et l'arbre topologique construit pendant l'exploration et utilisé pour la navigation.

Résultats majeurs

Le projet a permis d'implanter le système de navigation topologique sur le robot Nao et d'améliorer considérablement sa navigation locale en utilisant au mieux les informations données par les capteurs ultra-sons en les recoupant avec des informations de la vision et du laser. Le robot est maintenant capable de naviguer dans des environnements réels en réduisant les chutes et les situations de blocage. Le CEA a intégré un système de reconnaissances de classe d'objets qui fonctionne avec les caméras basse résolution de Nao. Voxler a développé un système de reconnaissance de sons caractéristiques qui permettra au robot d'interpréter intelligemment les événements sonores.

Production scientifique et brevets

Le CEA LIST a fait plusieurs publications sur ses développements en reconnaissance d'objets dans YOJI. "Fast shared boosting : application to large-scale visual concept detection" qui a obtenu le best paper award de la conférence CBMI 2010 et qui a également été publié dans la revue Multimedia Tools and Application, Springer, 2010. Son article "Nonparametric Estimation of Fisher Vectors to Aggregate Image Descriptors" a été accepté à la conférence ACIVS 2011.

CoreBots : un robot autonome pour l'exploration et la cartographie

Projet **Corebots**, *Programme Contenus et Interaction, Défi CAROTTE, 2009*

Contact : Nicolas Du Lac (nicolas.dulac@intempora.com)

L'équipe CoreBots, une des 5 équipes sélectionnées pour participer au défi CAROTTE

Que ce soit en milieu naturel ou urbain, il est fréquent que l'environnement dans lequel évoluent les robots soit mal connu ou/et évolutif. Cette incertitude est préjudiciable à la réalisation des missions, notamment celles concernant l'exploration de zones dangereuses. Dans ce contexte, de petits engins terrestres non habités (UGVs) peuvent être utilisés pour suppléer l'homme grâce à leurs capacités de reconnaissance. Une des facultés clé de ces systèmes robotisés est leur capacité à collecter de l'information sur leur environnement, et à l'analyser afin de fournir des informations sur la configuration des lieux (cartographie) et la reconnaissance et localisation d'objets d'intérêt. L'autonomie maximale des robots doit aller de pair avec la robustesse du système vis-à-vis par exemple des interruptions de communication. Pour améliorer les capacités de localisation, de cartographie de bâtiments et d'analyse de terrain en milieu urbain, la DGA et l'ANR ont initié un défi intitulé CAROTTE (CArtographie par RObot d'un TErritoire).

L'équipe CoreBots a été constituée pour participer au défi CAROTTE organisé par la DGA et l'ANR. Notre consortium est constitué de partenaires académiques (écoles et laboratoires de recherche) et de petites entreprises spécialisées dans la robotique. L'équipe rassemble des spécialistes d'intégration matérielle, d'architecture logicielle et d'algorithmie (SLAM, vision et contrôle).

Les partenaires sont les suivants :
- Centre de Robotique de l'Ecole des Mines-Paristech
- Intempora
- Inria / Imara
- Epitech

La société Wifibot est également impliquée par l'intermédiaire de son fondateur également ingénieur de recherche à l'Ecole des Mines-Paristech.

Des technologies logicielles et matérielles innovantes pour constituer un robot fiable et performant

La conception d'un robot autonome est un défi complet nécessitant de couvrir des domaines variés tels que l'architecture mécanique, l'architecture informatique, le choix et l'intégration des capteurs, les algorithmes logiciels effectuant les fonctions de perception (localisation, détection des obstacles, reconstruction 3D de l'environnement), les fonctions de prise de décision et de contrôle (choix des trajectoires du robot, contrôle des moteurs), etc.

Le robot CoreBots M en évolution dans l'arène de concours

Lors de l'édition 2011 du défi CAROTTE, l'équipe CoreBots a présenté son nouveau robot "CoreBots M". Les caractéristiques de la plate-forme matérielle sont les suivantes :
- une plate-forme mobile 6 roues à base de plateforme "Wifibot M Lab"
- un calculateur équipé d'une carte Core i7 embarqué sous Linux
- un télémètre laser Hokuyo 30 mètres, une centrale inertielle et un capteur proximètre ultrasons directif.
- un capteur 3D "Kinect" (Microsoft)

Côté logiciel, les développements ont été menés sur un middleware modulaire et distribué appelé "Cables" développé par ailleurs dans le cadre du projet ANR "AROS". L'architecture logicielle développée est constituée de plusieurs modules distribués autour d'un module central en charge de la gestion de la carte :
- CoreSLAM2 : un algorithme robuste et performant assurant la fonction SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). L'algorithme compare les formes des nappes laser successives fournies par le télémètre pour à la fois constituer une carte de l'environnement et mesurer son propre mouvement.
- CoreControl2 : un algorithme pour la planification et le suivi de trajectoire. En cas de doute, ou d'entrée dans un cul de sac, le robot est notamment capable de revenir sur ses pas (« backtracking »).

- Core3DLearner et Core3DAnalyzer : des algorithmes pour la détection et la reconnaissance (classification) des obstacles rencontrés (tables, chaises, bidons, etc.)
- Core3DViewer : des outils de représentation graphique et temps-réel en 3 dimensions pour afficher l'environnement tel que perçu par le robot et le cas échéant piloter le robot à distance.

Résultats majeurs

L'équipe CoreBots a développé un robot fiable et efficace, basé sur des technologies de maturité industrielle (SLAM, reconstruction 3D, contrôle et prises de décisions, architecture matérielle...) ce qui lui a permis de remporter les deux premières éditions du défi CAROTTE. Le robot a ainsi pu explorer et cartographier en 3 dimensions et de façon autonome une arène de 150 mètres carrés composée d'une dizaine de pièces, de sols et cloisons de types différents, et parsemés d'obstacles divers, puis de revenir à son point de départ en moins de 5 minutes.

Production scientifique et brevets

Les technologies logicielles ainsi que la conception matérielle du robot sont propriété à 100% du consortium CoreBots. Ainsi, une société "CoreBots" est en cours de création pour valoriser les technologies et le savoir-faire acquis lors de ce concours.

CARTographie et localisation d'Objets Multi-robots : Architecture, Technique de déploiement, positionnement Intra-robots et Communications

Projet **Cart-O-matic**, Programme Contenus et Interactions, Défi CAROTTE, 2009

Contact : Philippe Lucidarme, Sébastien Lagrange (Philippe.Lucidarme@univ-angers.fr Sebastien.Lagrange@univ-angers.fr)

Introduction

Au cours des dernières décennies, de nombreuses situations (terrorisme, catastrophes nucléaires, tremblements de terre, contexte militaire...) ont montré l'utilité d'employer des systèmes robotisés en milieu hostile afin d'épargner des vies humaines. A l'heure actuelle, la télé-opération de ces systèmes nécessite une présence humaine à proximité des zones hostiles qui peuvent s'avérer dangereuses. En 2009, afin de faire progresser la recherche dans ce domaine, l'ANR (Agence Nationale de la recherche) et la DGA (Direction Générale de l'Armement) ont lancé l'appel à projet CAROTTE (CArtographie par ROboT d'un TErritoire). Il s'agit plus exactement d'un défi de robotique mettant en concurrence cinq consortiums sur trois ans avec une évaluation annuelle sur site. L'objectif du défi est de cartographier un bâtiment de 120 m^2 en moins de trente minutes de façon totalement autonome. Le système, constitué d'un ou plusieurs robot(s), doit restituer en fin de mission une carte 2D, une carte 3D, localiser et classifier les objets, les sols et les murs de l'environnement exploré.

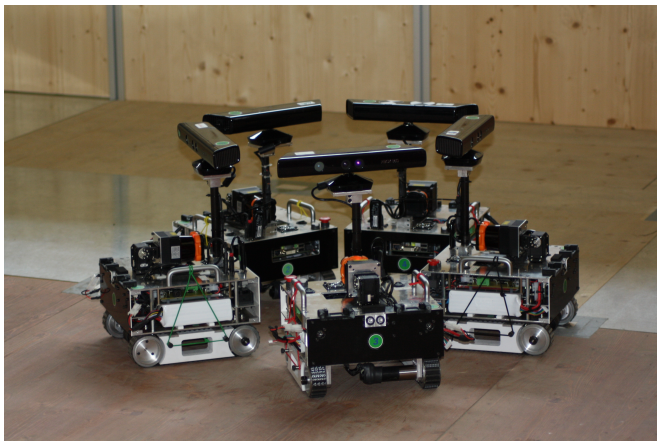


Figure 1 : Les cinqs robots conçus pour le projet Cart-O-matic lors de l'édition 2012 du défi CAROTTE.

C'est dans ce contexte que le projet Cart-O-matic est né, aliant les compétences du LISA (Université d'Angers) et du LORIA (Université de Lorraine). La particularité principale de ce consortium réside dans l'approche multi-agents, visant à exploiter la collaboration entre robots pour permettre l'émergence de stratégies collectives.

Le collectif au profit de la réussite de la mission

Figure 2 : Carte 3D de l'environnement.

La philosophie du projet consiste à utiliser plusieurs robots disposant de puissance embarquée limitée plutôt qu'un seul robot ou un calculateur centralisé. Afin de valider nos hypothèses en conditions réelles, une flotte de 5 robots (figure 1) a été conçue et fabriquée à l'Université d'Angers avec un cahier des charges très strict en terme de coût de fabrication (condition nécessaire à la production d'une flottille). L'approche multi-robots est un avantage considérable en terme de robustesse, ce type d'approche nous semble nécessaire en milieu hostile lorsque la perte d'un ou plusieurs robots est une éventualité qui doit être envisagée. La contrepartie de l'approche multi-robots est la nécessité de coordonner l'ensemble. Un des objectifs est de permettre le déploiement de la flotte et la couverture rapide de l'environnement à explorer tout en minimisant les communications. Le déploiement du groupe de robots se fait selon un modèle de propagation basé sur des forces de répulsion induites par la perception des obstacles et des forces d'attraction induites par les zones à explorer. Les robots se localisent dans l'environnement grâce à un algorithme de SLAM innovant développé au sein du consortium. La finesse de la localisation a notamment permis d'étendre la cartographie en 3D comme illustré sur la figure 2.

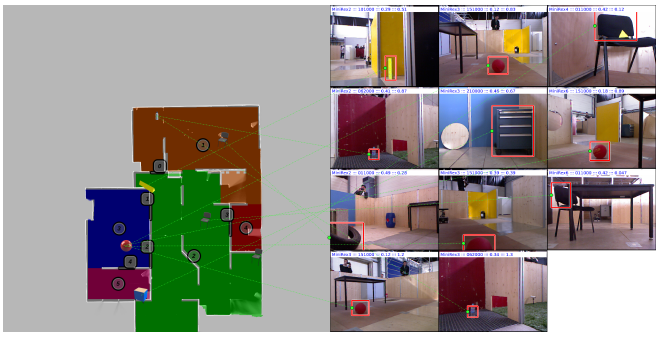


Figure 3 : Exemple de restitution réalisée lors de la finale du défi CAROTTE 2012 (carte 2D et localisation des objets).

Résultats majeurs

Le consortium a proposé une architecture de coordination multi-robots dédiée à l'exploration en milieu inconnu. Cette approche pleinement distribuée permet de répartir la flotte de façon stratégique tout en minimisant les échanges entre robots, donc les communications.
Un algorithme de SLAM (localisation et cartographie simultanées) offrant des performances particulièrement adaptées aux systèmes embarqués a été proposé et breveté en 2011. Ce brevet est en cours de valorisation et de transfert industriel.
Plusieurs techniques de reconnaissances d'objets ont été testées et comparées, dont une classification "multi-label" par réseaux de neurones publiée en 2102 (ICSCS 2012). La solution retenue pour la dernière édition du défi (figure 1) devrait être prochainement publiée.
En juin 2012, le concortium Cart-O-matic a remporté la troisième et dernière édition du défi CAROTTE.

Les émotions complexes au service d'agents conversationnels animés crédibles

Projet **Cecil**, *Programme CONTenus et INTeractions, 2009*

Contact : Dominique Longin (CNRS-IRIT), Dominique.Longin@irit.fr.
Site web du projet : www.irit.fr/CECIL/

Résumé

CECIL (pour *Complex Emotions in Communication, Interaction, and Language*) est un projet issu du programme « Contenus et interactions », édition 2008 (ContInt 2008) de l'ANR. C'est un projet de recherche fondamentale coordonné par l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT : CNRS, INP, Université de Toulouse) et qui associe également le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG : CNRS, INPG, INRIA, Université de Grenoble) ainsi que le Laboratoire Traitement et Communication de l'Information (LTCI : CNRS, TELECOM ParisTech). Il a démarré le 1er janvier 2009 pour une durée de 36 mois. Il a reçu une aide de l'ANR de 386 000 euros.

Intégration des émotions complexes au cœur des systèmes informatiques

Un des grands défis des Sciences et Technologies de l'Information est le développement de systèmes informatiques nouvelle génération au service des usagers (agents conversationnels animés, simulateurs, systèmes d'aide à la décision, *etc.*). Désormais, la préoccupation majeure de placer l'utilisateur au centre de ces systèmes : ce n'est plus à lui de s'adapter à la machine, mais à la machine de s'adapter à lui. Dans ce but, en particulier pour qu'il puisse interagir le plus naturellement possible avec elle, la machine doit avoir un comportement le plus proche possible de celui d'un humain, ce que Bates en 1994 qualifiait de *système crédible* (*i.e.*, donnant l'illusion de la vie) afin de maximiser leur utilisabilité. De nombreuses études montrent qu'un tel objectif ne peut être atteint qu'en y intégrant une gestion avancée de l'émotion (compréhension des émotions de l'usager, et prise en compte de cette émotion dans la planification de sa ou ses prochaine(s) action(s), expression d'émotions en réponse au discours de l'usager, *etc.*). En effet, une interaction naturelle inclut généralement des échanges émotionnels continuels : expressions de joie, de surprise, de déception, de gratitude, *etc.*

La plupart des systèmes actuels se cantonnent encore à quelques émotions simples comme la joie, la tristesse ou la colère par exemple. Selon les théories dites de l'évaluation cognitive (voir l'ouvrage *Emotion and Adaptation* de Lazarus par exemple) ces émotions simples sont basées essentiellement sur une congruence ou une incongruence entre une attitude épistémique (connaissance, croyance, attente, prédiction, *etc.*) et une autre attitude mentale. Cette dernière peut être soit une attitude motivationnelle (désir, but, intention, *etc.*) capturant la manière dont on souhaiterait que le monde soit, soit une attitude normative (idéal, norme internalisée, norme morale, *etc.*) capturant la manière dont on pense que le monde devrait être. Par exemple, la joie est classiquement définie par le fait qu'une attitude épistémique est congruente avec une attitude motivationnelle, comme dans « Je suis content qu'il fasse beau (car je crois qu'il fait beau et que c'est ce que je souhaite) » ; la tristesse, par le fait que ces deux attitudes soient incongruentes, comme dans « Je suis triste d'avoir raté mon examen (car j'ai raté mon examen alors que je souhaitais le réussir) » ; l'approbation morale par une congruence entre une attitude épistémique et une attitude normative, comme dans « J'approuve le fait que tu aies dit la vérité (car je crois que tu as dit la vérité alors que par ailleurs il est interdit de mentir) ».

Mais les théories de l'évaluation cognitive sont plus riches et proposent des modèles d'émotion plus complexes. C'est le cas notamment de certaines émotions basées sur la responsabilité causale. Celle-ci capture l'idée qu'une personne est responsable d'avoir causé un certain fait si et seulement si ce fait est vrai alors que cette personne aurait pu faire en sorte qu'il ne le soit pas. (On peut bien sûr affiner cette notion mais ce n'est pas l'objet ici.) Par exemple, si après avoir arrosé une plante celle-ci meure alors qu'elle ne serait pas morte si elle n'avait pas été arrosée, on dira que la personne ayant arrosé la plante est responsable de sa mort. Il s'agit donc là d'une forme de raisonnement contre-factuel qui nécessite un effort cognitif (d'où le fait qu'on appelle parfois ces émotions des *émotions cognitives*). Une émotion complexe est alors définie comme un état résultant d'une congruence ou d'une incongruence entre l'état actuel du monde et dont on est responsable, et l'état du monde tel qu'on aurait souhaité qu'il soit (attitude motivationnelle) ou tel qu'il aurait dû être (attitude normative). L'émotion diffère également du fait que l'on attribue la responsabilité à soi-même ou à une autre personne. Par exemple : le regret d'avoir fait quelque chose est le résultat d'une incongruence entre une attitude motivationnelle et une attitude épistémique portant sur sa propre responsabilité quant à la situation présente, comme dans « Je regrette d'avoir bu toute l'eau (car j'ai bu toute l'eau –alors que j'aurais pu

ne pas le faire– et je voulais t'en laisser) »; la culpabilité est très similaire mais fait intervenir une attitude normative, comme dans « Je culpabilise de ne pas lui avoir dit qu'il m'avait rendu trop d'argent (car j'avais la possibilité de l'empêcher de me rendre trop d'argent et en principe c'est ce que j'aurais du faire) »; la gratitude est le résultat d'une congruence entre une attitude motivationnelle et un état dont quelqu'un d'autre est responsable, comme dans « Merci de m'avoir autorisé à sortir ce soir (car je souhaitais sortir ce soir et tu aurais pu t'y opposer) ».

Une rencontre entre l'intelligence artificielle, les technologies d'agent conversationnel et le rendu 3D réaliste temps-réel

Le but du projet CECIL concerne l'étude des émotions complexes, de leur expression verbale, faciale et gestuelle, ainsi que leur intégration dans l'agent conversationnel animé GRETA (voir Fig. 1) développé au LTCI (ParisTech).

Par *étude* (des émotions complexes) nous entendons une formalisation dans un langage formel de type logique modale. Les modalités sont des opérateurs particuliers dont la spécificité par rapport à la logique classique est que la valeur de vérité d'une formule ne dépend pas de la valeur de vérité de ses sous-formules. Par exemple, la formule $\Box\varphi$ peut être vraie même si φ est faux. Ce type d'opérateur est particulièrement utile en intelligence artificielle pour représenter des attitudes mentales telles que celles utilisées pour la formalisation d'émotions complexes. En effet, une des caractéristiques de ces attitudes c'est qu'elles sont à propos d'un état du monde, mais de par leur nature même, elles peuvent ne pas refléter le monde tel qu'il est actuellement. Par exemple, si l'opérateur $\Box$ représente une croyance de l'agent i, on dira alors que l'agent i croit que φ est vrai, et l'agent i peut réellement avoir cette croyance sans pour autant que φ soit vrai dans la réalité (il peut se tromper). De même, $\Box$ peut représenter un de ses buts, ou une norme à laquelle il accepte de se soumettre, *etc.* Cette partie du projet a donc consisté à analyser les différents composants des émotions complexes visées, afin de définir les opérateurs de la logique qui étaient nécessaires (et suffisants) pour décrire ces émotions. Il a fallut ensuite leur attribuer des propriétés pour qu'ils représentent bien les concepts qu'ils étaient censés représenter. (Par exemple, si on estime qu'un agent ne peut avoir deux croyances contradictoires, alors il faut imposer une règle du type : si l'agent i croit que φ est vrai alors il ne croit pas que φ est faux.) Enfin, en se fondant sur des travaux en psychologie et en philosophie, il a fallut agencer des opérateurs afin de définir formellement les émotions complexes. Plus précisément, ce qui est formalisé correspond à la structure cognitive des émotions, c'est-à-dire les états mentaux que nous devons avoir au moment où nous éprouvons une émotion. Nous ne prenons pas en compte d'autres composantes de l'émotion (au sens de Scherer), comme par exemple les manifestations physiques ou physiologiques de l'émotion.

FIGURE 1 – Détail du visage de GRETA en début de projet

Mais il faut par ailleurs qu'un agent puisse manipuler ces émotions ainsi formalisées au sein d'un langage particulier afin d'être capable d'exprimer une émotion. Les travaux effectués au sein du projet CECIL sur ces aspects se sont déroulés en deux phases : la première est partie du constat qu'en nous fondant sur la théorie des actes de langage (voir notamment le premier chapitre du livre de John Searle *Sens et expression*) les actes de langage propres à exprimer des attitudes psychologiques, en particulier des émotions, sont les actes de type expressif. Nous avons alors élaboré une logique comprenant un opérateur particulier permettant de rendre compte de l'accomplissement de ce type d'acte. Cette logique est une extension de celle permettant de formaliser les émotions complexes afin que, naturellement, on puisse dans un même langage à la fois caractériser les émotions complexes et leur expression. Dans un second temps, cette modélisation des émotions complexes a donné lieu à l'implémentation d'une librairie d'*actes conversationnels multimodaux de type expressif*. Par *multimodaux* (terme qui n'a aucun lien avec les opérateurs modaux susmentionnés) nous entendons propres à exprimer des émotions *au travers des différentes modalités que sont la voix, le visage, et les gestes*. Cette librairie a été implémentée dans un langage de type XML au sein de l'agent GRETA (mais aussi l'agent MARC développé au LIMSI) conforme à l'architecture SAIBA ce qui a nécessité une extension de cette architecture puisqu'elle n'était initialement pas conçue pour manipuler de tels actes. Ainsi, GRETA a été dotée d'un moteur de raisonnement permettant d'une part de calculer ses intentions communicatives en fonction de ses émotions et de règles de régulation du dialogue, et d'autre part de sélectionner l'acte de communication multimodal à accomplir en réponse à son intention communicative. Ainsi, plutôt que de modéliser des actes de type expressif par un énoncé à prononcer associé à un label d'émotion, ces agents disposent d'actes spécifiques des-

tinés à verbaliser de tels énoncés tout en exprimant une émotion particulière, celle décrite par l'acte particulier sélectionné. Un scénario de dispute entre les agents artificiels et humains a été implémenté. Une petite campagne de tests a ensuite été menée afin de déterminer s'il y avait une valeur ajoutée à utiliser un agent exprimant une émotion complexe de manière verbale et non verbale plutôt que de manière simplement verbale. L'étude, qui portait sur 23 personnes, semble apporter une réponse positive.

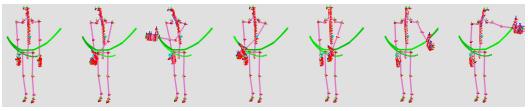


Figure 2 – Détail de l'animation des membres d'un agent de type SAIBA

Enfin, il est nécessaire qu'un agent conversationnel animé puisse exprimer ces émotions complexes, ce qui nécessite de déterminer comment montrer une émotion particulière dans un contexte particulier. Dans ce but, un modèle qualitatif des expressions multimodales des émotions a été développé. Ce modèle inclut non seulement le langage mais aussi d'autres signaux tels que l'expression faciale (incluant la direction du regard et les mouvements de la tête) ou les gestes. Ce modèle a été implémenté dans GRETA sous la forme d'un module ayant fait l'objet d'une *proof-of-concept* (voir Fig. 3). Ce module prend en entrée un message émotionnel à exprimer et retourne en sortie un ensemble de signaux multimodaux exprimant ce message. Une attention particulière a été donnée à l'expression faciale des émotions prenant comme fondement les travaux de Paul Ekman dans le domaine. Ses travaux et d'autres suggèrent qu'il y a une certaine universalité dans l'expression de certaines émotions dites *de base* (la colère, le dégoût, le peur, la joie, la surprise et la tristesse). La difficulté principale

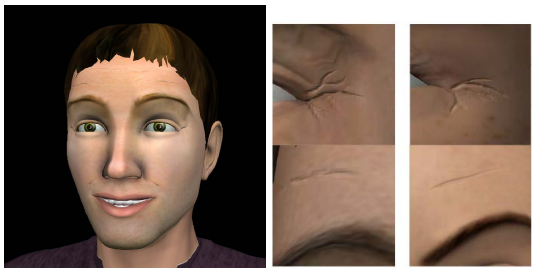


Figure 3 – Détails du visage d'Obadiah et de ses rides autour des yeux avec le moteur de rendu 3D temps-réel développé pendant le projet CECIL

qu'on rencontre lorsqu'on souhaite modéliser l'expression des émotions est la rareté des études sur le sujet. Il est en effet très difficile d'avoir des études portant sur des émotions spontanées qui seules peuvent permettre une étude précise des expressions faciales (les expressions *jouées* se contentant de reproduire de manière généralement forcée certains traits caractéristiques de l'émotion considérée). Parmi les études qu'on trouve, seules très peu de descriptions sont exploitables dans le cadre d'une modélisation 3D de l'expression. Du point de vue de cette modélisation, on peut distinguer deux approches différentes : la première consiste à définir une expression faciale comme une combinaison linéaire des expressions associées aux émotions de base d'Ekman ; la seconde est une approche perceptive qui consiste à établir un lien entre certaines expressions faciales et certaines émotions en demandant à des sujets humains d'associer une étiquette à une grande série d'expressions faciales. Notre approche consiste à combiner ces deux approches et à les étendre à une expression multimodale des émotions. Parallèlement à cela, l'expression faciale d'émotions complexes requiert de disposer d'une représentation relativement fine du visage humain afin d'en rendre toutes les nuances. Il a donc été développé un algorithme original de rendu 3D temps-réel afin que l'agent conversationnel animé puisse exprimer ses émotions de manière réaliste et nuancée. Cet algorithme permet d'obtenir une animation (du visage, de la tête et des membres) fluide de l'avatar avec un rendu hyper-réaliste sans nécessiter de calculer des images à l'avance. (cf. Fig. 3.)

Impacts

Résultats majeurs

Le projet CECIL a contribué à développer un formalisme logique permettant d'une part de représenter des émotions complexes mettant en jeu une notion de responsabilité causale et d'autre part de pouvoir raisonner à partir de ces émotions. Cette logique fondée sur le concept d'attitude mentale est propre à modéliser un agent ainsi que son évolution au cours du temps. (Résultats publiés à IJCAI'09 et AI Journal.)

Cette logique a ensuite été étendue pour pouvoir rendre compte de l'expression des émotions. C'est un domaine très peu étudié dans la littérature, y compris en philosophie de l'esprit et du langage. (Résultats publiés à AAMAS'2011.) Les différentes émotions formalisées ont constitué une base théorique pour l'élaboration d'une librairie d'actes de langage pour des agents de type SAIBA. Cette librairie a ensuite été intégrée à un agent de ce type (GRETA) afin d'encoder les énoncés à contenu émotionnels. (Résultats publiés à IVA'2011.)

Enfin, GRETA a profité du développement d'un rendu visuel 3D temps-réel le plus réaliste possible et d'une ges-

tion synchronisée des expressions langagières, faciales et gestuelles. (Résultats publiés à Eurographics'2011.)

Production scientifique et brevets

Plusieurs articles dont : IVA 2012 & revue TSI 35 :5 (moteur de calcul de l'intention communicationnelle) Eurographics 2011 (nouveau moteur de rendu graphique 3D) ; IVA 2011 (librairie en FML/BML d'actes de communication multimodaux) ; AAMAS 2011 (modèle formel de l'expression des émotions complexes) ; AI Journal 2011 (fondations formelles des émotions complexes), un chapitre « Ambient Intelligence and Smart Environments : Trends and Perspectives » 2011 (émotions complexe et intelligence ambiante) ; journal IEEE Transactions on Affective Computing 2010 (expression multimodale des émotions) ; conférences FMIS-09 et IAT 2009 (liens émotion-confiance) et IJCAI 2009 (premier modèle formel des émotions complexes).

Le projet CECIL a donné lieu à trois thèses : l'une dans le domaine de la logique et de l'intelligence artificielle, l'autre dans le domaine des agents conversationnels animés, et la dernière dans le domaine de la conception 3D.

Une proof-of-concept intégrant les différents résultats du projet est en cours d'élaboration.

Merci à tout le consortium CECIL (voir www.irit.fr/CECIL/*) pour la relecture de ce texte avant sa publication.*

Base de données de vidéos de visages exprimant des états affectifs naturels

Projet **DynEmo**, Programme Corpus, 2006

Contact : Anna Tcherkassof (Anna.Tcherkassof@upmf-grenoble.fr)

Analyse du comportement humain non verbal

Les chercheurs concernés par l'analyse automatique du comportement humain (interaction humain-humain ou humaine-machine) portent un intérêt accru à la question de l'expression faciale des émotions (EFE) qui est un composant essentiel des relations interpersonnelles, notamment en matière de communication. Depuis quelques années, d'importants efforts ont été réalisés pour développer des outils d'analyse des EFE car les possibilités d'applications d'un système capable d'analyser automatiquement des expressions faciales en temps réel sont considérables (détection à distance de personnes en difficulté, détection de comportements malveillants, etc.).

Le projet DynEmo vise à répondre aux besoins de la communauté scientifique en matière de données émotionnelles. En effet l'analyse automatique des EFE nécessite le recours à des bases de données expressives de qualité. Ces données servent à la fois d'apprentissage et de test aux systèmes de reconnaissance automatique. La question de leur qualité est donc décisive. Celle-ci concerne en particulier la taille de la base de données, ainsi que la nature spontanée des stimuli constituant les données, leur caractère dynamique et l'information fournie sur leur contenu émotionnel.

Maîtriser les contraintes qualités pour une base de données optimale

L'élaboration de DynEmo repose sur la prise en considération conjointe des différents critères assurant sa qualité. Au-delà de la taille significative de la base de données, les données sont des comportements faciaux naturels : les personnes dont la vidéo montre le visage ont été filmées à leur insu alors qu'elles réalisaient une tâche émotionnelle sur ordinateur. De telles données fournissent, pour le développement et l'évaluation d'algorithmes, du matériel leur garantissant de bonnes capacités de généralisation. De plus, les données sont doublement caractérisées en termes d'information émotionnelle. Chaque personne filmée a indiqué, sur un questionnaire détaillé, l'état affectif que la tâche sur ordinateur a provoqué chez elle. Ainsi, au niveau endogène, chaque vidéo est associée à l'état affectif ressenti par la personne filmée. Au niveau exogène, les personnes filmées ont été montrées à des observateurs qui ont indiqué, tout au long de la vidéo, l'émotion qu'ils percevaient sur le visage de la personne. Ces jugements ont été agrégés pour former des time-lines (cf. Figure 1) qui permettent de segmenter aisément la vidéo pour la sélection d'extraits pertinents pour l'analyse de comportements émotionnels non verbaux.

Validité du contenu émotionnel des EFE

Au niveau endogène, les données indiquent que les personnes filmées sont bien émotionnellement affectées : 85.2% d'entre elles ont rapporté avoir ressenti modérément ou fortement au moins une émotion lorsqu'elles réalisaient la tâche sur ordinateur. Dans l'ensemble, les émotions qui ont été le plus éprouvées par les personnes filmées sont l'amusement, l'étonnement et la curiosité. L'état affectif le moins éprouvé a été l'ennui. Au niveau exogène, 91 vidéos ont été jugées par des observateurs qui ont identifié l'émotion exprimée par la personne filmée (les vidéos restantes sont en cours de jugement). L'identification émotionnelle est évaluée en calculant, pour chaque vidéo, le dixième de seconde recueillant l'agrément inter-juge maximal pour un label d'émotion donné (i.e. le dixième de seconde durant lequel un maximum d'observateurs a attribué le même label émotionnel). Certaines EFE atteignent un agrément inter-juges extrêmement haut tandis que d'autres EFE sont mal identifiées ; néanmoins, l'agrément entre observateurs est élevé dans l'ensemble. En effet, l'indice de fiabilité moyen est bon : la corrélation inter-classe (ICC en anglais) des 91 vidéos est de .79 (ET = .18).

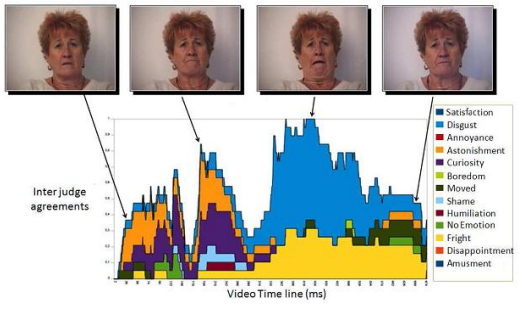


Figure 1 : Extraits d'une vidéo d'une personne ressentant du dégoût (information endogène), associée au time-line des jugements émotionnels émis à son endroit par des observateurs (information exogène) entre la 34ème et la 54ème seconde, 70.

La base de données DynEmo distingue explicitement les aspects production versus perception du comportement facial. C'est pourquoi elle est particulièrement appropriée

pour les chercheurs s'intéressant à la problématique de la transmission de l'information faciale non verbale et de son interprétation par autrui. C'est le cas en particulier de ceux qui étudient le processus de communication dans le domaine de l'Affective computing. En termes de production du comportement facial, DynEmo fournit des mimiques naturelles dont l'analyse révèle des patterns faciaux souvent différents de ceux produits par des EFE prototypiques. En termes de perception DynEmo fournit des EFE naturelles dont l'émotion à reconnaître est celle rapportée par la personne qui exprime l'état affectif en question. Cette information endogène constitue le critère permettant de déterminer si l'observateur reconnaît correctement l'émotion ou commet une erreur d'interprétation. Enfin, les time-lines permettent l'étude synchronisée des activités de production et de perception du comportement facial, grâce à l'analyse simultanée des changements faciaux et des jugements des observateurs.

DynEmo est une base de données disponible gratuitement, destinée à la communauté scientifique, rassemblant un corpus d'EFE dynamiques et authentiques. Un formulaire de consentement doit être préalablement signé par le chercheur afin d'obtenir un login et de télécharger les vidéos. Elle comporte 358 vidéos de visages exprimant de l'amusement, de l'énervement, de l'étonnement, de l'ennui, du dégoût, de la frayeur, de la curiosité, de la satisfaction, de la honte et de l'émoi. Les vidéos (dont la durée varie de 12 s. à 24.39 min.) montrent les visages de personnes tout venant (182 femmes et 176 hommes, âgés de 25 à 65 ans), filmées dans des conditions naturelles bien que standardisées (toutes les informations contextuelles sont connues). Le contenu émotionnel des vidéos est caractérisé de façon endogène et exogène. Les vidéos, dont la résolution est de 768 x 576 (25 images par seconde), sont au format MPEG4 et sont encodées avec le Codec H264. Sur le site web de DynEmo (cf. Figure 2), l'utilisateur peut spécifier le type de stimulus qui l'intéresse grâce à des menus déroulants listant différents critères (type d'émotion, etc.). Une interface lui permet de visualiser simultanément la vidéo d'une émotion et la progression de son time-line. Les données concernant le ressenti émotionnel de la personne de la vidéo sont fournies sur une fiche à part (Index Card). L'utilisateur télécharge la vidéo entière. S'il ne s'intéresse qu'à certaines portions de la vidéo, il peut aisément procéder à sa segmentation en s'aidant du time-line.

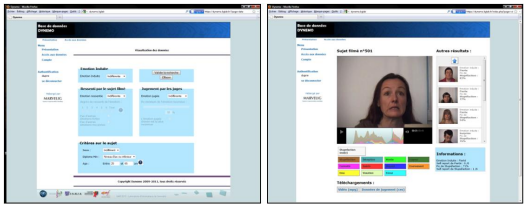


Figure 2 : Capture d'écran du site web de DynEmo (https://dynemo.liglab.fr).

Ce projet de recherche visant à l'amélioration des outils et des procédures d'analyse est coordonné par le LIP/PC2S de l'Université Grenoble 2 et associe le LIG de l'Université Grenoble 1, le LAPSCO de l'Université de Clermont-Ferrand, et le GIPSA-LAB de l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Le projet, qui a bénéficié d'une aide de l'ANR, a démarré en janvier 2007. Pour tout renseignement, contacter Anna Tcherkassof, Anna.Tcherkassof@upmf-grenoble.fr, Site web : http://dynemo.liglab.fr

Compte rendu de RFIA 2012

Serge GARLATTI (TELECOM Bretagne)

Pour la 18e édition du congrès francophone RFIA sur la Reconnaissance des Formes et l'Intelligence Artificielle, nous avons reçu la soumission de 159 articles. Tous les articles ont été relus par des membres du comité de programme. Chaque article a reçu au moins 2 relectures et presque tous 3 relectures. Les auteurs ont eu la possibilité de rédiger une réponse aux relectures afin de clarifier d'éventuels malentendus. Ensuite, pour chaque article, un membre du comité éditorial ou un des présidents du comité scientifique, a effectué une synthèse des relectures et des réponses des auteurs et a émis une recommandation d'acceptation ou de refus ainsi que sur le mode de présentation (oral ou poster). L'ensemble des décisions d'acceptation ont été prises lors d'une réunion du comité éditorial, qui a été un lieu de discussion et d'harmonisation des évaluations. Tout le processus de relecture a été effectué à l'aide du système EasyChair.

En tout, 91 articles ont été acceptés, dont 49 pour une présentation orale et 42 pour une présentation sous forme de poster. Dans la mesure du possible, nous avons favorisé, pour les présentations orales, des articles couvrant à la fois des aspects de reconnaissance de formes ou de vision par ordinateur, et d'Intelligence Artificielle. Nous remercions tous les auteurs qui ont soumis des articles d'avoir contribué à ce programme scientifique. Ce programme a été complété par deux conférenciers invités, le Professeur Nassir Navab - Technische Universität München - et le professeur associé Ashwin Ram - Georgia Institute of Technology, des démonstrations de réalisations logicielles et une journée dédiée à des ateliers et tutoriels.

À partir des propositions des relecteurs et des deux co-présidents, 19 articles ont été sélectionnés comme candidats au prix du meilleur article. Le choix final des deux lauréats a notamment été fondé sur la généralité des contributions et leur degré de maturité ; en leur faveur a finalement également joué le fait qu'il s'agissait de travaux de jeunes chercheurs. L'un des deux articles est purement RF, l'autre couvre RF et IA. Les lauréats sont :

- Damien Vivet, Paul Checchin et Roland Chapuis, "Odométrie radar par analyse de la distorsion - Application à un véhicule roulant à vitesse élevée"
- Hichem Bannour et Céline Hudelot. "Combinaison d'information visuelle, conceptuelle et contextuelle pour la construction automatique de hiérarchies sémantiques adaptées à l'annotation d'images".

Résumés de thèses et d'HDR

Approches topologiques pour l'analyse exploratoire de données et l'aide à la décision
Michael Aupetit
Habilitation à Diriger des Recherches
Soutenue le 11 juillet 2012 à 10h00 dans l'amphithéâtre Jules Horowitz de l'INSTN - Centre CEA de Saclay

Jury : M. Guy MELANCON, Professeur, LABRI, Université Bordeaux 1 (Rapporteur) ; M. Michel VERLEYSEN, Professeur, DICE, Université Catholique de Louvain (Rapporteur) ; M. Djamel ZIGHED, Professeur, Institut des Sciences de l'Homme, Lyon (Rapporteur) ; M. Younes BENNANI, Professeur, LIPN, Université Paris 13 ; M. Jean-Daniel FEKETE, Professeur, INRIA, Université Paris 11 ; M. Gérard GOVAERT, Professeur, CNRS, UTC ; Mme. Michèle SEBAG, Professeur, LRI, Université Paris 11 ; M. Michel VERLEYSEN, Professeur, DICE, Université Catholique de Louvain ; M. Djamel ZIGHED, Professeur, Institut des Sciences de l'Homme, Lyon

Résumé : Les systèmes de mesure génèrent des masses de données tant en termes de nombre de variables (capteurs) que d'individus (taille de l'échantillon). Ces données doivent être analysées interactivement par un analyste. Les outils d'aide à la décision ont un rôle crucial : ils doivent appuyer la décision de l'analyste et pour cela lui rendre intelligibles les données brutes pour lui permettre de construire un modèle mental du phénomène observé. Les représentations graphiques sont naturellement privilégiées pour transmettre l'information de l'outil vers l'analyste. La chaîne de mesure transfère l'information du signal à l'écran qui lui-même la transmet aux systèmes visuel puis cognitif de l'analyste. L'ensemble des distorsions accumulées le long de cette chaîne ne permet pas de préserver complètement l'information initiale. En particulier, l'information de nature géométrique, liée à la mesure de similarités entre données (individus ou variables) ou probabiliste caractérisant la distribution des individus dans l'espace des capteurs, n'est préservée à un facteur d'échelle près que lorsque la fonction de transfert globale est une similitude. Au contraire, l'information de nature topologique est beaucoup plus robuste car elle est préservée dans ce qu'elle a d'essentiel, par homotopie, une classe très large de transformations contenant les similitudes et homéomorphismes. Je défends l'hypothèse dans mes travaux que la Topologie est la clef de l'intelligibilité. Nous verrons comment au travers de différentes applications, l'information de nature topologique apporte des réponses à plusieurs problèmes fondamentaux de la fouille de données et de l'apprentissage statistique, et ouvre de nouvelles perspectives pour la recherche en Intelligence Artificielle.

Modélisation de l'activité humaine pour la scénarisation adaptative d'environnements virtuels : Des comportements cognitifs aux comportements erronés en situation dégradée
Domitile Lourdeaux
Habilitation à Diriger des Recherches
Soutenue le 10 juillet 2012 à 14h00, à l'Université de Technologie de Compiègne

Jury : Monique Grandbastien - Pr (Rapporteure) ; Stéphane Donikian -DR Inria (Rapporteur) ; René Mandiau - Pr (Rapporteur) ; Vanda Luengo - HDR MCF Examinatrice ; Jacques Marc - Dr Examinateur ; Indira Thouvenin - ECC (HDR) Examinatrice ; Jean-Paul Barthès - ECC (HDR) Examinateur ; Dominique Lenne - Pr Examinateur

Résumé : Les travaux menés dans le domaine de la réalité virtuelle permettent aujourd'hui d'envisager son utilisation de manière efficace pour la formation. Toutefois, les approches existantes ne permettent de gérer que des environnements peu interactifs, proposant des situations d'apprentissage peu complexes ou encore intégrant insuffisamment d'aspects collectifs et de personnages virtuels. Or, nous souhaitons proposer des environnements virtuels dans lesquels les utilisateurs peuvent réellement voir l'impact de leurs décisions sur des systèmes complexes intégrant à la fois des composantes techniques, organisationnelles et humaines qu'elles soient individuelles ou collectives. Les méthodes de scénarisation actuelles consistent à déterminer à l'avance toutes les situations envisagées mais cette approche nécessite un énorme travail d'implémentation et limite l'évolutivité des environnements. Contrairement à ces approches déterministes, nous souhaitons créer des scénarios modifiables dynamiquement et permettre ainsi l'émergence de situations d'apprentissage variées et personnalisées mais rendant compte de situations écologiques observées sur le terrain. Cette approche permet de favoriser des apprentissages situés et d'augmenter la motivation et l'implication de l'apprenant. Il faut pouvoir à la fois s'assurer que les situations proposées soient pertinentes tant sur le plan pédagogique que sur le plan narratif, et contrôler l'occurrence de ces situations dans l'en-

vironnement. Ce contrôle est souvent fait au détriment de la cohérence du système technique ou des comportements des personnages virtuels. Dans ce contexte, nous proposons de centrer nos travaux sur la composante "facteur humain" afin de prendre en compte l'activité de l'apprenant et que des personnages virtuels rendent compte de la variabilité des comportements humains dans des situations complexes. Notre projet de recherche vise donc à modéliser l'activité humaine et sociale et à proposer une scénarisation adaptative, c'est-à-dire à orienter dynamiquement le scénario et le comportement de personnages virtuels autonomes dans un environnement virtuel vers des situations d'apprentissage personnalisées et pertinentes sans nuire à la cohérence et sans contraindre l'émergence de situations. L'originalité de nos travaux consiste à coupler des environnements virtuels avec des techniques d'intelligence artificielle et à opérationnaliser des modèles issus de travaux en psychologie cognitive. Notre contribution s'articule autour de la plateforme HUMANS. Elle comprend un formalisme HUMANS-DL qui permet à différents experts de saisir des modèles (d'activité, de risques, du monde, etc.). Une idée forte que nous défendons avec ces modèles est de permettre aux moteurs décisionnels de s'appuyer sur des modèles rendant compte de situations écologiques observées sur le terrain par des experts et de faire émerger des situations d'apprentissage pertinentes. Ces modèles sont directement interprétables par les moteurs décisionnels de la plate-forme :

- REPLICANTS pour la modélisation de personnages virtuels autonomes dotés de caractéristiques cognitives (e.g. émotions, personnalité, etc.) ;
- SELDON pour déterminer les situations pédagogiques et narratives pertinentes au regard du profil de l'apprenant et d'objectifs de formation et pour contrôler dynamiquement le scénario d'un environnement virtuel complexe et cohérent ;
- MONITOR pour le suivi de l'apprenant (e.g., traces, critères de performance), etc. La plate-forme HUMANS a été mise en œuvre pour développer différents types d'applications de formation : à la direction d'équipe, aux métiers de l'aéronautique, à la maîtrise des risques sur sites à haut risque, des équipes de secours suite à des attaques terroristes, à la garde d'enfants, etc.

Le travail présenté dans cette HDR est le fruit d'un travail passionnant menés avec les différents partenaires de ces projets, mes collègues, les ergonomes et en particulier Jean-Marie Burkhardt, mes doctorants, postdoctorants et étudiants : Wajih Bouslimi, Lydie Edward, Kahina Amokrane, Margaux Lhommet, Camille Barot, Kevin Carpentier, Vincent Lanquepin, Julien Saunier, Hazaël Jones, etc.

Appel à dossier

Appel aux communications pour le dossier du Bulletin AFIA numéro 78
Intelligence artificielle, créativité et innovation

Créativité et Innovation sont devenus des marqueurs de notre époque, à la fois du point de vue social (ces qualités sont valorisées), pédagogiques (il faut les enseigner) et économiques (quelle entreprise, voire quel laboratoire de recherche ne prétend pas être créatif ou innovant aujourd'hui ?). Il est ainsi normal que créativité et innovation deviennent des champs d'études ou des domaines d'application de l'Intelligence Artificielle. De nouvelles communautés de recherche se constituent autour de ces problématiques et techniques, les problématiques se multiplient et se précisent. Ce bulletin AFIA a comme objectif de faire un tour d'horizon sur les méthodes et techniques d'intelligence artificielle utilisées pour modéliser, amplifier, imiter la créativité humaine et les processus d'innovation.

Voici quelques sujets que nous aimerions traiter :

- Principales méthodes de créativité
- Créativité littéraire, musicale et artistique
- créativité collective
- mesurer la créativité ?
- Conception et design
- Eco-conception
- Eco-innovation
- Jeux et jeux sérieux au service de la créativité
- Générateurs d'idées
- Eduquer l'imagination
- Objets communicants
- Modéliser les connaissances vs rapidité de conception
- Brainstormer avec les robots ?
- jeux de débats comme source de la créativité
- Perspectives – symbiose avec Â« la machine Â» ?

D'autres propositions sont les bienvenues.

Date limite d'envoi de proposition : 30 octobre 2012

Merci d'adresser vos contributions Ã Eunika Mercier-Laurent et FranÃ§ois Pachet eunika@innovation3d.fr, pachet@csl.sony.fr

Adhésion individuelle et abonnement

❏ **Demande** ❏ **Renouvellement**

Nom : Prénom :
Affiliation :
Adresse postale :
N° de téléphone : N° de télécopie :
Adresse électronique :
Activité (à titre professionnel / à titre privé (*rayer la mention inutile*)) :

Type d'adhésion	Consultation du bulletin sur WEB (pour une personne)
❏ Simple :	30 €
❏ Étudiant (sur justificatif) :	15 €
❏ Soutien :	Sans objet

❏ Adhésion au collège SMA : ajouter 7,5 € pour les étudiants, 15 € pour les autres
❏ Adhésion au collège IC : ajouter 7,5 € pour les étudiants, 15 € pour les autres
❏ Adhésion au collège *FERA (Apprentissage)* : ajouter 7,5 € pour les étudiants, 15 € pour les autres

Adhésion personne morale

❏ **Demande** ❏ **Renouvellement**

Organisme :
Adresse postale commune aux bénéficiaires couverts par cette adhésion :
Nom et prénom du représentant : Fonction :
Mél : Tél : Fax :
Adresse postale :

Le tarif d'adhésion comprend une partie fixe et une partie par bénéficiaire.
Coordonnées des bénéficiaires (10 maximum) :

Nom, prénom	Mél.	Tél.	Fax

	Tarif de base fixe :	Tarif par bénéficiaire :
❏ Laboratoire universitaires/PME	150 €	Gratuit pour 5 personnes (30 € par bénéficiaire supplémentaire)
❏ Personnes morales non universitaires	450 €	Gratuit
❏ Adhésion de soutien	600 €	Sans objet

❏ j'accepte que les renseignements ci-dessus apparaissent dans l'annuaire de l'AFIA
❏ j'accepte que les renseignements ci-dessus soient transmis à l'ECCAI pour constituer un ficher européen

Veuillez trouver un règlement (à l'ordre de l'AFIA) de ..... Euros

Trésorier AFIA : Thomas GUYET, Lab. Inf. d'Agrocampus-Ouest, 65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes cedex.
Mode d'adhésion :
De préférence, en ligne via le site Internet de l'AFIA : http://www.afia.asso.fr
A défaut, cette page doit être envoyée au trésorier.
Modes de paiement :

1. par chèque, à l'ordre de l'AFIA, envoyé au trésorier ;
2. par bon de commande administratif, à l'ordre de l'AFIA, envoyé au trésorier ;
3. par virement bancaire sur le compte de l'AFIA : Société Générale, 1 place du Maréchal Foch, 35000 Rennes, France. Code banque 30003, code guichet 01902, numéro de compte 00037283856 clef RIB 39.

Sommaire du Bulletin n° 76

Editorial 3

Dossier sur les projets de l'ANR "IA et Robotique" 4

Reconstruction de l'environnement en 3D pour la navigation autonome de robots mobiles terrestres 5
Recherche et localisation coopérative par une flotte d'engins sous-marins autonomes 6
Navigation autonome en milieu marin 8
De la vision naturelle aux applications numériques : une nouvelle vision de notre rétine 9
Des mains artificielles plus performantes pour demain 11
Explorer les fondements calculatoires de la locomotion humaine 13
Evolution artificielle & neurosciences : mieux comprendre le cerveau et concevoir des agents artificiels cognitifs 15
Expériences croisées neurobiologie et robotique pour la compréhension des mécanismes cognitifs 18
SAM un robot pour l'assistance aux personnes dépendantes 21
Comment rendre plus social un robot ou un patient atteint de déficit social 23
Une plate-forme multi-capteurs pour l'exploration et la cartographie sémantique 29
Découverte et apprentissage d'un nouvel environnement par des robots humanoïdes 31
CoreBots : un robot autonome pour l'exploration et la cartographie 32
CARTographie et localisation d'Objets Multi-robots : Architecture, Technique de déploiement, positionnement Intra-robots et Communications 34
Les émotions complexes au service d'agents conversationnels animés crédibles 36
Base de données de vidéos de visages exprimant des états affectifs naturels 40

Compte rendu de RFIA 2012 42

Résumés de thèses et d'HDR 43

Appel à dossier 45

Calendrier de parution du bulletin de l'AFIA

Hiver	*Été*
Réception des contributions:	Réception des contributions:
15 décembre	**15 juin**
Sortie le **31 janvier**	Sortie le **31 juillet**
Printemps	*Automne*
Réception des contributions:	Réception des contributions:
15 mars	**15 septembre**
Sortie le **30 avril**	Sortie le **31 octobre**