



HAL
open science

IA & robotique mobile

Olivier Simonin, Dominique Longin, Claire Lefèvre

► **To cite this version:**

Olivier Simonin, Dominique Longin, Claire Lefèvre. IA & robotique mobile. Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 104, 2019, Association Française d'Intelligence Artificielle. hal-04571298

HAL Id: hal-04571298

<https://ut3-toulouseinp.hal.science/hal-04571298>

Submitted on 7 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Bulletin N° 104

Association française pour l'Intelligence Artificielle

AfIA



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.

■ Édito

Ce [Bulletin](#), que j'ai eu le plaisir de diriger, couvre le premier trimestre de l'année 2019, et il est donc l'occasion de présenter le nouveau conseil d'administration de l'AfIA, ainsi que ses nouveaux contributeurs (voir en dernière page du présent [Bulletin](#)). En ce qui concerne notre comité de rédaction, celui-ci demeure inchangé.

Ce premier numéro de l'année contient un dossier sur la robotique mobile dirigé par Olivier SIMONIN. Il est particulièrement complet puisqu'il se compose de 19 contributions, dont 16 d'origine académique et 3 d'origine industrielle. Un grand merci à Olivier pour son travail ainsi qu'à tous les auteurs dont le travail aura permis de rendre ce [Bulletin](#) particulièrement dense et intéressant.

Pour faire suite à ce dossier, Gauthier PICARD nous fait un compte rendu de la conférence EFIA 2019 (Enseignement et Formation en IA) qui s'est déroulée le 10 janvier dernier à l'Université Paris Nanterre, et Nicolas SABOURET de la journée IHM & IA qui s'est déroulée le 14 mars.

La relecture a été effectuée par Claire LEFÈVRE : qu'elle en soit remerciée.

Bonne lecture à tous !

*Dominique LONGIN
Rédacteur en chef*



SOMMAIRE

DU BULLETIN DE L'AFIA

3	Dossier « IA & Robotique Mobile »	
	Édito	4
	ACDC : Architecture et Conduite de systèmes Distribués et Contraints	5
	AMAC : Architectures et Modèles pour l'Adaptation et la Cognition	7
	Calcul par intervalles pour la robotique mobile intelligente Lab-STICC	9
	CAOR : Centre de Robotique de Mines ParisTech – IA pour la navigation	11
	CHORALE : Collaborative & Heterogeneous Robots interActing in Live Environment .	13
	CHROMA : Cooperative & Human-aware Robot Navigation in Dynamic Environments	15
	Département Robotique du LAAS	17
	EPAN : Environment Perception and Autonomous Navigation	21
	LARSEN: Life-long Autonomy&interaction skills for Robots in a Sensing ENvironment	23
	MAD : Modèles, Agents, Décision.	25
	Nexter : IA & Systèmes Robotiques	27
	PMP : Programmable Matter Project	29
	PR : L'équipe Perception Robotique du Laboratoire MIS	31
	Rainbow: Sensor-based Robotics and Human Interaction	33
	SIAM : Signal Image et AutoMatique	35
	SMA : L'équipe Systèmes Multi-Agents du LIRIS	37
	SRI : Service Robotique Interactive	39
	SyRI : Systèmes Robotiques en Interaction	40
	IRT SystemX : Equipe IA, Data Science, Traitement d'Images et du Signal.	42
44	Comptes rendus de journées, événements et conférences	
	1 ^{re} Journée Enseignement et Formation en Intelligence Artificielle (EFIA 2019)	45
	Compte rendu de la 4 ^e journée IHM-IA	48
50	Thèses et HDR du trimestre	
	Thèses de Doctorat	51
	Habilitations à Diriger les Recherches	51



AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Dossier

« IA & Robotique Mobile »

Dossier réalisé par

Olivier SIMONIN

*Laboratoire CITI / équipe CHROMA
INSA Lyon, Inria, Université de Lyon
olivier.simonin@insa-lyon.fr*



Édito

Ce dossier du numéro 104 du [Bulletin](#) de l'AfIA, intitulé « IA & Robotique mobile », vise à recenser les équipes de recherche académiques et industrielles françaises menant des travaux à l'intersection de la robotique mobile et de l'intelligence artificielle. Le thème robotique mobile recouvre ici un champ assez large : navigation autonome (2D, 3D) de robots mobiles ou véhicules, flotte de robots terrestres/aériens/sous-marins et micro/nano robots mobiles. L'aspect intelligence artificielle fait référence ici aux techniques de prise de décision (planification, apprentissage, navigation sociale, coordination et auto-organisation) et de perception (compréhension de scène, détection des obstacles mobiles/statiques, prédiction des trajectoires/de l'environnement), et ce, quelle que soit l'échelle (véhicules de transport, robots d'exploration/d'assistance, mini/micro/nano robots), *etc.*

Le [Bulletin](#) présente les travaux de 19 équipes, dont 16 issues de laboratoires académiques.

Des équipes se concentrent sur les aspects perception et prise de décision pour la navigation de véhicules autonomes ou de robots mobiles (CAOR, CHORALE, CHROMA, EPAN, LAAS, PR, Rainbow, SystemX, SIAM, SRI, SyRI). Certaines équipes s'intéressent aussi à la planification pour la mobilité et la coordination de systèmes multirobots (comme ACDC, AMAC, CHROMA, EPAN, LARSEN, LAAS, MAD, Rainbow, SMA, SRI et SyRI). Dans PMP et au LAAS l'échelle nano est étudiée, permettant à PMP d'envisager des systèmes massivement parallèles. La notion de mobilité se généralise aussi à l'optimisation du trafic de véhicules autonomes (équipes SMA, CHROMA, EPAN, SystemX). On peut aussi noter que certaines équipes abordent le contrôle et le déploiement de drones aériens,

c'est le cas dans CHORALE, CHROMA, Nexter, Rainbow, SyRI, SIAM et au LAAS.

Dans les équipes AMAC, LARSEN et au LAAS, le contrôle des robots mobiles ou humanoïdes est abordé par bio-mimétisme et par apprentissage automatique. Certaines équipes explorent le DeepLearning et la Vision pour la compréhension de scène (CHORALE, CHROMA, EPAN, SyRI, LAAS) et pour l'asservissement dans le cadre de la navigation autonome (CAOR, CHORALE, CHROMA, PR, SIAM, SRI, SystemX). Les aspects logiciel à l'intersection de l'IA et de la robotique sont étudiés dans les équipes ACDC, Nexter et au LAAS.

La question de la localisation est traitée par calcul d'intervalles au Lab-STICC, et plus généralement par fusion de capteurs dans CAOR, CHORALE, CHROMA, EPAN, PR, SyRI et SystemX. Notons que les problématiques de la cartographie (e.g. SLAM) sont traitées dans des équipes comme CAOR, ACDC, EPAN, LARSEN, PR et au LAAS.

Enfin, le thème émergent de la navigation sociale est clairement présent dans les équipes CHROMA, CHORALE, MAD, Rainbow et au LAAS. La mobilité peut être aussi le fruit d'une collaboration entre l'homme et le robot, c'est un sujet étudié dans les équipes LARSEN, MAD, Nexter, Rainbow, SRI, SyRI et au LAAS. Cela passe par l'étude d'interfaces, basées réalité augmentée, comme dans l'IRT SystemX, le groupe Nexter et l'équipe SyRI.

On le voit, ce [Bulletin](#) présente un large panorama des équipes françaises en « IA & Robotique mobile ».

Bonne lecture.



■ ACDC : Architecture et Conduite de systèmes Distribués et Contraints

CERI Numérique/ ACDC
IMT Lille Douai - Université de Lille
<http://acdc.wp.imt.fr>

Noury BOURAQADI

noury.bouraqadi@imt-lille-douai.fr

Éric DUVIELLA

eric.duviella@imt-lille-douai.fr

Membres impliqués¹

- Noury BOURAQADI, PR
- Éric DUVIELLA, PR
- Luc FABRESSE, PR
- Moamar SAYED-MOUCHAWEH, PR
- Arnaud DONIEC, MCF
- Guillaume LOZENGUEZ, MCF
- Marin LUJAK, MCF
- Lala RAJAOARISOA, IR
- Baya HADID, Post-doctorat
- Xuan Sang LE, Post-doctorat

Thématique générale du groupe

Le groupe *Architecture et Conduite de systèmes Distribués et Contraints (ACDC)* se construit à l'intersection du *génie logiciel (GL)*, de l'*intelligence artificielle (IA)* et de l'*automatique (Auto)*. Les systèmes étudiés sont composés de différents éléments répartis dans un espace donné (un bâtiment pour des robots, des machines pour des processus logiciels, des éléments de contrôles/commandes pour des systèmes automatisés). Ils sont assujettis à un certain nombre de contraintes (taille, hétérogénéité, dynamique, ressources) qui doivent être prises en compte lors de la conception des architectures et des solutions de conduite, ainsi que lors de leur expérimentation.

Les activités de recherche du groupe ACDC se focalisent sur deux applicatifs phares que sont les flottes de robot mobiles et autonomes,

et les réseaux hydrographiques. Une flotte de robots mobiles est un système distribué où chaque robot est doté de capacités de perception, d'action et de communication. Les robots sont autonomes et embraquent des ressources limitées (CPU, mémoire, batterie, bande passante réseau sans fil) qui doivent être prises en compte dans la planification des actions. Un réseau hydrographique est un système à grande échelle équipé d'un ensemble de capteurs et d'actionneurs géographiquement répartis. Son fonctionnement est régi par des dynamiques complexes et par des contraintes à la fois intrinsèques et liées aux actionneurs.

Description des travaux robotiques

Le groupe ACDC s'est récemment formé autour des activités historiques du laboratoire. Il bénéficie d'un savoir-faire et d'une expertise pour la robotique mobile à l'intersection des domaines IA et GL, en particulier sur la coordination de systèmes distribués.

L'approche adoptée pour la coordination s'appuie sur le partage de connaissances. La connaissance inclut, dans un premier temps, la carte, en mettant en œuvre des scénarios de cartographie autonome [1, 5]. Dans un second temps, les robots vont partager leurs intentions pour se coordonner. Les approches développées consistent à casser la complexité de décider d'actions jointes en distribuant la planification. Chaque robot calcule ses propres choix d'action en intégrant un protocole de coordination.

1. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique ACDC.



Il est alors possible d'adresser des problèmes de multivoyageurs de commerce dans un cadre incertain [6] ou des problèmes où la connaissance et/ou la demande sont dynamiques [4].

Ces solutions initialement définies dans le cadre robotique ont été adaptées pour répondre à la problématique de gestion de voies navigables dans un environnement incertain [2]. Les contraintes liées à la complexité du calcul étant relaxées, des approches de coordination plus forte entre agents, définis comme des entités responsables d'une partie des capteurs et actionneurs sur le réseau de voies navigables, ont été mises en œuvre. Elles améliorent la coordination des agents grâce à un partage d'une partie de leur plan d'action.

Une des contraintes récurrentes dans les problèmes adressés (et plus largement en robotique) est liée à la limite matérielle des ressources de calcul (notamment embarquées) pour produire des réponses acceptables aux situations rencontrées. Un axe exploré par le groupe pour la robotique mobile consiste en une description vectorielle plutôt que matricielle de l'environnement dans lequel agit l'agent [3]. L'objectif est de pouvoir manipuler au niveau logiciel, un objet « léger » et portant une sémantique forte (permettre, par exemple, une interprétation simple par un utilisateur/opérateur ou des calculs de chemins).

Les contributions sur ce dernier axe de recherche sont conjoint avec le domaine *Génie Logiciel*. La thématique *GL* dans *ACDC* repose largement sur la modularité des systèmes notamment via l'usage de langages de programmation dynamiques et réflexifs. Cette thématique trouve un fort écho avec les problématiques de modélisation basée agent et de planification et coordination dynamique.

Les approches développées à la croisée de l'*IA*, du *GL* et de l'*Auto* ont vocation à nourrir ces trois domaines, au travers d'architectures et de stratégies de conduite hiérarchisées. Le premier niveau d'une telle architecture re-

groupe les approches pour superviser un système et prédire ses états futurs, sur un certain horizon. À partir de ces informations sur les états présents et futurs, des consignes de conduite sont définies et fournies au deuxième niveau de l'architecture qui vise à les mettre en œuvre en rejetant les perturbations ou les aléas non prévus. La conception et la mise en œuvre de telles architectures constituent l'objectif à moyen et long terme du groupe *ACDC*.

Références

- [1] K. Baizid, G. Lozenguez, L. Fabresse, and N. Bouraqadi. Vector maps : A lightweight and accurate map format for multi-robot systems. In *Intelligent Robotics and Applications : 9th Int. Conf., ICIRA, 2016*.
- [2] G. Desquesnes, G. Lozenguez, A. Doniec, and E. Duviella. Distributed MDP for water resources planning and management in inland waterways. In *IFAC World Congress, 2017*.
- [3] J. Dichtl, L. Fabresse, G. Lozenguez, and N. Bouraqadi. Polymap : A 2d polygon-based map format for multi-robot autonomous indoor localization and mapping. In *Intelligent Robotics and Applic.*, 2018.
- [4] S. Giordani, M. Lujak, and F. Martinelli. A distributed multi-agent production planning and scheduling framework for mobile robots. *Computers & Industrial Engineering*, 64(1) :19–30, 2013.
- [5] X. S. Le, L. Fabresse, N. Bouraqadi, and G. Lozenguez. Evaluation of out-of-the-box ros 2d slams for autonomous exploration of unknown indoor environments. In *Intelligent Robotics and Applications, 2018*.
- [6] G. Lozenguez, L. Adouane, A. Beynier, A.-I. Mouaddib, and P. Martinet. Punctual versus continuous auction coordination for multi-robot and multi-task topological navigation. *Autonomous Robots*, 40(4) :599–613, 2016.



■ AMAC : Architectures et Modèles pour l'Adaptation et la Cognition

ISIR/AMAC | **Benoît GIRARD**
Sorbonne Université & CNRS | benoit.girard@sorbonne-universite.fr
www.isir.upmc.fr | www.isir.upmc.fr

Membres impliqués²

- Sylvain ARGENTIERI, MCF
- Pierre BESSIÈRE, DR CNRS
- Nicolas BREDÈCHE, PR
- Raja CHATILA, PR
- Alexandre CONINX, MCF
- Stéphane DONCIEUX, PR
- Jacques DROULEZ, DR CNRS émérite
- Bruno GAS, PR
- Benoît GIRARD, DR CNRS
- Mehdi KHAMASSI, CR CNRS
- Olivier SIGAUD, PR
- Stéphane GOURICHON, Ingénieur
- Oussama YAAKOUBI, Ingénieur

Thématique générale de l'équipe

L'équipe AMAC s'intéresse à la synthèse (chez les robots) et à la modélisation (chez les animaux) des fonctions cognitives, avec une emphase particulière sur les processus d'apprentissage. C'est une équipe transdisciplinaire, qui allie donc des chercheurs en intelligence artificielle et en robotique autonome, issus de l'ingénierie, à des chercheurs en neurosciences computationnelles, plutôt rattachés aux sciences de la vie. Le partage de méthodes et de problématiques communes constitue le ciment de l'équipe.

Les thématiques développées sont l'apprentissage et la prise de décision, les invariants sensori-moteurs et l'apprentissage développemental des représentations sensori-motrices, la conception de systèmes dédiés au calcul Bayésien.

Description des travaux

Les neurosciences expérimentales distinguent deux grandes catégories de comportements lors de l'apprentissage instrumental : ceux dits « dirigés vers un but », où la politique apprise par l'animal reste sensible aux changements de contingences, et ceux dits « habituels ». La littérature de modélisation associe à ces modes de comportements les algorithmes d'apprentissage par renforcements avec modèle interne du monde et sans modèle, respectivement. L'équipe a participé à de nombreux travaux de modélisation de l'apprentissage de politiques de navigation [7, 1], en questionnant les mécanismes d'arbitrage entre ces deux grandes classes d'algorithmes [7, 8], et les effets de l'apprentissage durant le sommeil [5].

Ces modèles développés en neurosciences computationnelles ont ensuite été adaptés à et évalués dans des tâches de navigation robotique [4, 6]

L'équipe AMAC s'intéresse aussi aux mécanismes d'adaptation dans les systèmes collectifs, qu'ils soient naturels (modélisation de l'évolution de la coopération entre individus [2]) ou artificiels (algorithmes d'apprentissage distribués et en ligne pour la robotique en essaim [3]). Ces travaux portent en particulier sur l'apprentissage de comportements collectifs entre individus mobiles impliquant une coordination fine pour accomplir une tâche collectivement.

2. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Robotique Mobile & IA.



Références

- [1] B.M. Babayan, A. Watilliaux, G. Viejo, A.-L. Paradis, B. Girard, and L. Rondi-Reig. A hippocampo-cerebellar centred network for the learning and execution of sequence-based navigation. *Scientific Reports*, 7 :17812, 2017.
- [2] Arthur Bernard, Jean-Baptiste Andre, and Nicolas Bredeche. To cooperate or not to cooperate : Why behavioural mechanisms matter. *PLOS Computational Biology*, 12(5) :1–14, 05 2016.
- [3] Nicolas Bredeche, Evert Haasdijk, and Abraham Prieto. Embodied evolution in collective robotics : A review. *Frontiers in Robotics and AI*, 5 :12, 2018.
- [4] K. Caluwaerts, M. Staffa, S. N’Guyen, C. Grand, L. Dollé, A. Favre-Felix, B. Girard, and M. Khamassi. A biologically inspired meta-control navigation system for the psikharpax rat robot. *Bioinspiration & Biomimetics*, 7(2) :025009 :1–29, 2012.
- [5] R. Cazé, M. Khamassi, L. Aubin, and B. Girard. Hippocampal replays under the scrutiny of reinforcement learning models. *Journal of Neurophysiology*, 120 :2877–2896, 2018.
- [6] R. Chatila, E. Renaudo, M. Andries, R.O. Chavez Garcia, P. Luce-Vayrac, R. Gottstein, R. Alami, A. Clodic, S. Devin, B. Girard, and M. Khamassi. Towards self-aware robots. *Frontiers in Robotics and AI*, 5 :88, 2018.
- [7] L. Dollé, D. Sheynikhovich, B. Girard, R. Chavarriaga, and A. Guillot. Path planning versus cue responding : a bioinspired model of switching between navigation strategies. *Biological Cybernetics*, 103(4) :299–317, 2010.
- [8] G. Viejo, M. Khamassi, A. Brovelli, and B. Girard. Modelling choice and reaction time during arbitrary visuomotor learning through the coordination of adaptive working memory and reinforcement learning. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9 :225, 2015.



■ Calcul par intervalles pour la robotique mobile intelligente Lab-STICC

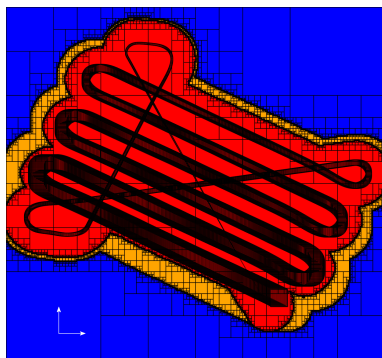
Lab-STICC / Robotique d'exploration | **Luc JAULIN**
UBO, ENSTA Bretagne | lucjaulin@gmail.com

Membres impliqués³

- Luc JAULIN, PR
- Benoît ZERR, PR
- Fabrice LE BARS, MCF
- Simon ROHOU, MCF
- Damien MASSÉ, MCF

Contexte

Ces dernières décennies, la robotique mobile s'est développée largement dans des milieux structurés et déjà cartographiés. Dans des environnements inconnus et non-structurés, comme les planètes lointaines, les volcans, des grottes profondes, des zones irradiées, des veines karstiques, les bâtiments en feu, les fonds marins, la robotique change de nature. Non seulement, elle devient indispensable car l'humain peut difficilement intervenir de façon sécurisée, mais souvent l'opérateur ne peut plus aider les robots par téléopération. Ces derniers doivent alors posséder un maximum d'autonomie et d'intelligence afin de pouvoir accomplir leur mission. On parle alors de robotique exploratoire car le robot doit cartographier son environnement, prendre des décisions, se localiser et être capable de revenir.



Objectif

AU Lab-STICC (UMR 6285), nous cherchons à développer les outils théoriques à base de calcul par intervalles afin de concevoir des algorithmes intelligents permettant à des robots d'accomplir une mission d'exploration de façon autonome. Sous certaines hypothèses sur l'environnement et la dynamique du robot, nous nous intéressons à garantir des propriétés comme l'évitement d'une zone interdite, le respect de contraintes sur l'état du système, l'intégrité de la localisation et la capacité de revenir au point de départ. Nous nous efforçons à prendre en compte avec rigueur tout type d'incertitude, d'obtenir des solutions théoriquement élégantes, et de faire des validations expérimentales convaincantes en collaboration avec des partenaires industriels.

Outils théoriques

Nous nous focalisons sur les outils ensemblistes, l'interprétation abstraite, la commande non-linéaire et l'inférence ensembliste. Nous cherchons à représenter et à propager les incertitudes de la façon la plus rigoureuse possible sans faire d'approximations non maîtrisées, comme celles induites par la linéarisation, la quantification ou la discrétisation. Dans nos problèmes, les variables incertaines vont être la carte de l'environnement, les données capteur, la trajectoire des robots [8], les prises de décision passées ou futures, la dynamique des robots [6] et les interventions humaines. La modélisation de ces différents types d'incertitude demande l'élaboration d'outils capables de répondre à nos objectifs [4]. Ces outils sont

3. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique .



généralement à base de programmation par contraintes [3] et par contracteurs [1].

La figure montre la zone explorée par un robot sous marin, avec la zone explorée à coup sûr (en rouge), la zone qui n'a pas été vue (bleu), et la pénombre [2] qui a peut-être été vue (orange). Le calcul est fait à l'aide de capteurs proprioceptifs uniquement [5]. Cette figure illustre donc un ensemble incertain [2].

Expérimentations

Un principe de notre équipe est que chaque expérimentation doit être une preuve de concept associée à un résultat théorique original. De même tous les développements théoriques doivent aller jusqu'à une expérimentation robotique. Nous cherchons à nous limiter à des problèmes d'exploration en cherchant à garantir certaines propriétés dictées par un cahier des charges, comme la non intrusion dans une zone interdite ou bien la capacité à revenir à la position initiale. La figure ci-dessous montre le voilier BRAVE capable de naviguer à l'ancienne, sans GPS, à l'aide de la vision.



Exemples

Nous donnons quelques exemples illustratifs de problèmes en monde sous-marin qui se font avec des collaborations industrielles.

1. (Avec ECA⁴) Concevoir un robot capable d'explorer son environnement seul, sans refaire surface pour capter le GPS, avec un sonar comme unique capteur extéroceptif [7].

2. (Avec le DRASSM⁵) Faire un suivi d'isobath dans un but d'explorer et revenir, avec un simple écho-sondeur. L'idée finale est de faire une carte magnétique du fond marin afin de

retrouver une épave : La Cordelière, coulée en 1512 au large de Brest.

3. (Avec DGA-TN) Capture d'un robot par plusieurs robots dans un environnement incertain et non structuré.

4. (Avec Ifremer) Concevoir des robots dérivants capables de faire de très longues distances dans l'océan en utilisant les courants marins comme moyen de propulsion.

5. (Avec RTsys) Créer les lois de commande et de localisation pour un groupe de robots coordonnés et faiblement communicants.

Références

- [1] G. Chabert and L. Jaulin. Contractor Programming. *Artificial Intelligence*, 173 :1079–1100, 2009.
- [2] B. Desrochers and L. Jaulin. Thick set inversion. *Artificial Intell.*, 249 :1–18, 2017.
- [3] L. Jaulin. Pure range-only slam with indistinguishable marks. *Constraints*, 21(4) :557–576, 2016.
- [4] L. Jaulin and G. Chabert. Resolution of nonlinear interval problems using symbolic interval arithmetic. *Engineering App. of Artificial Intelligence*, 23(6) :1035–49, 2010.
- [5] L. Jaulin and B. Desrochers. Introduction to the algebra of separators with application to path planning. *Engineering Appli. of Artificial Intelligence*, 33 :141–147, 2014.
- [6] T. Le Mézo, L. Jaulin, and B. Zerr. An interval approach to compute invariant sets. *IEEE Trans. Automatic Control*, 62, 2017.
- [7] S. Rohou, P. Franek, C. Aubry, and L. Jaulin. Proving the existence of loops in robot trajectories. *International Journal of Robotics Research*, 2018.
- [8] S. Rohou, L. Jaulin, M. Mihaylova, F. Le Bars, and S. Veres. Guaranteed Computation of Robots Trajectories. *Robotics and Autonomous Systems*, 93 :76–84, 2017.

4. Etudes et Constructions Aéronautiques 5. Dpt. de recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines



■ CAOR : Centre de Robotique de Mines ParisTech – IA pour la navigation

Centre de Robotique / IA pour la navigation
Mines Paristech
www.caor-mines-paristech.fr

Silvère BONNABEL
Professeur
silvere.bonnabel@mines-paristech.fr

Membres

- Silvère BONNABEL, PR
- Axel BARRAU, chercheur associé (ingénieur chez Safran Tech)

Thématique générale de l'équipe

Les thématiques développées par l'équipe sont regroupées en :

1. le développement d'algorithmes de fusion de données multicapteurs pour la navigation autonome de robots mobiles et de véhicules ;
2. l'exploitation de techniques novatrices (deep/machine learning) associés aux méthodes dites traditionnelles pour les problèmes de localisation et de navigation ;
3. le suivi/pistage radar d'aéronefs et autres objets volants.

Description des travaux

Les travaux abordés dans le cadre des thématiques citées précédemment se divisent en un volet théorique et un volet pratique. Du côté théorique, on retrouve d'importants travaux réalisés pour le filtrage invariant qui ont abouti au développement du filtre de Kalman étendu dit "invariant" [1, 3]. Ces travaux ont ensuite été appliqués au filtre de Kalman sans-parfum [5], aux algorithmes de lissage [9] et au développement d'algorithmes théoriquement consistants (i.e. dont l'erreur estimée ne sous-estime pas l'erreur réelle) pour le problème du SLAM (localisation et cartographie

simultanées en français), voir [3].

Ces travaux théoriques ont été appliqués à de nombreuses problématiques réelles. L'application principale reste la fusion d'informations pour la navigation autonome, qui permet à un robot de se localiser de façon autonome grâce à l'utilisation de différents capteurs (GPS, centrale inertielle, odométrie, caméra, lidar). Les algorithmes produits ont donné lieu à des publications académiques ainsi qu'à plusieurs brevets [2, 4, 8] et un produit industriel, voir Figure 1. L'application de ces méthodes au suivi de trajectoires d'aéronefs est également exploité dans des travaux conjoints avec Thales [10].



Figure 1 [2] : L'Euroflir 410, la dernière génération de systèmes électro-optiques gyrostabilisés commercialisée par Safran. Son système de navigation contient la première implémentation commerciale du filtre de Kalman étendu invariant.

Les méthodes précédentes reposent sur des concepts dit "traditionnels". La combinaison de ces techniques avec les approches novatrices de machine et de deep learning font l'objet de



travaux plus récents avec des résultats prometteurs. D'une part, on retrouve l'utilisation du deep learning pour corriger des modèles d'odométrie existant dans la navigation ou pour identifier des patterns récurrents dans les signaux d'une centrale inertielle, voir résultats sur la Figure 2 [6, 7].

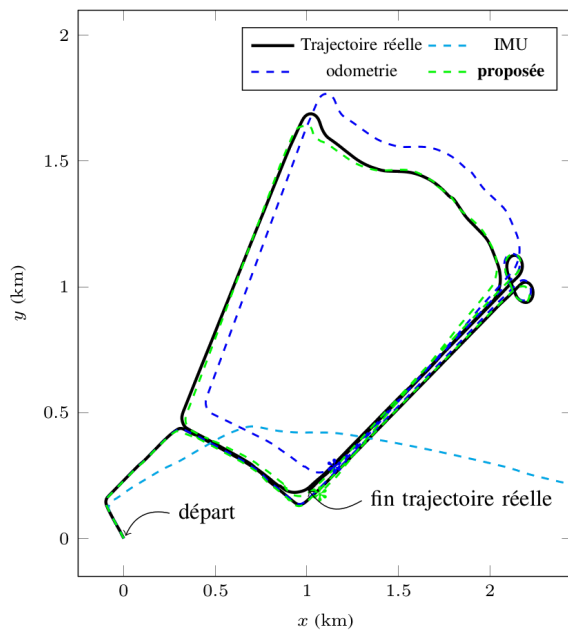


Figure 2 [7] : L'approche proposée estime une trajectoire d'une voiture seulement avec une centrale inertielle standard. Elle parvient à suivre la trajectoire réelle contrairement à l'intégration classique des signaux de la centrale inertielle (IMU). De plus, elle se révèle même être plus précise qu'une approche basée sur l'utilisation des odomètres des roues et d'un coûteux gyroscope à fibre optique.

D'autre part et dans un autre registre, des travaux sont en cours pour remplacer des méthodes standards par des méthodes basées sur le deep learning pour la classification de trajectoires d'aéronefs. Il s'agit de faire de la reconnaissance radar d'objets volants à partir uniquement de leur dynamique.

Références

- [1] A. Barrau and S. Bonnabel. The invariant extended kalman filter as a stable observer. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 62(4) :1797–1812, 2017.
- [2] A. Barrau and S. Bonnabel. Aligment method for an inertial unit, 2016. US Patent App. 15/037,653.
- [3] A. Barrau and S. Bonnabel. Invariant Kalman Filtering. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 1(1) :237–257, 2018.
- [4] A. Barrau and S. Bonnabel. Method for tracking the navigation of a mobile carrier with an extended kalman filter, 2018. US Patent App. 15/563,262.
- [5] M. Brossard, S. Bonnabel, and J. Condomines. Unscented kalman filtering on lie groups. In *International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 2485–2491. IEEE, 2017.
- [6] M. Brossard and S. Bonnabel. Learning wheel odometry and imu errors for localization. *hal-archives*, 2018.
- [7] M. Brossard, S. Bonnabel, and A. Barrau. RIN-W : Robust Inertial Navigation on Wheels. *hal-archives*, 2019.
- [8] M. Brossard, S. Bonnabel, and A. Barrau. Unscented Kalman Filter on Lie Groups for Visual Inertial Odometry. In *International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 2018.
- [9] P. Chauchat, A. Barrau, and S. Bonnabel. Invariant smoothing on lie groups. In *International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 2018.
- [10] M. Pilté, S. Bonnabel, and F. Barbaresco. Fully adaptive update rate for non-linear trackers. In *IET Radar, Sonar & Navigation*, Vol 12 (12), p. 1419–1428. 2018.



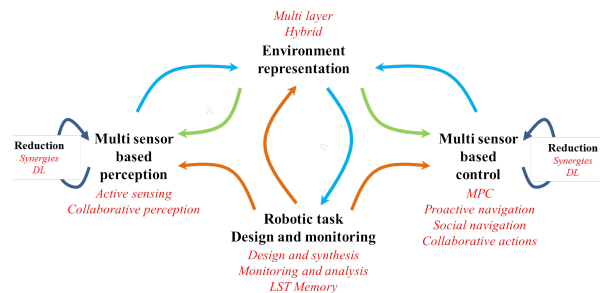
■ CHORALE : Collaborative & Heterogeneous Robots interActing in Live Environment

Inria SAM/CHORALE
Inria Sophia Antipolis Méditerranée
<https://project.inria.fr/chorale/>

Philippe MARTINET
Philippe.Martinet@inria.fr

Membres impliqués⁵

- Philippe MARTINET, DR INRIA
- Patrick RIVES, DR INRIA
- Guillaume ALLIBERT, MCF
- Paolo SALARIS, CR INRIA
- Nesrine CHEDLY, Post-doctorat
- Renato MARTINS, Post-doctorat



Thématique générale de l'équipe

Le principal objectif de CHORALE est l'étude des systèmes robotiques, depuis les points de vue perception et commande, interagissant et évoluant parmi les humains dans des environnements vivants et dynamiques. Parmi les systèmes robotiques autonomes, nous nous focalisons sur les voitures autonomes, les robots mobiles, les drones et leur combinaison.

Notre ambition recherche est d'explorer de nouveaux paradigmes et concepts permettant aux systèmes robotiques autonomes i) d'acquies et partager une représentation du monde orientée tâche (prenant en compte les interactions avec les humains) ii) d'agir et interagir dans des environnements humains (prenant en compte les interactions avec les humains) de manière sûre et efficace.

Les thématiques développées sont la conception, la synthèse et l'analyse des tâches robotiques, la représentation de l'environnement, la commande et la perception référencée multicapteur, et les interactions collaboratives humain-robot dans des environnements dynamiques.

L'intelligence artificielle est présente à la fois dans la façon de définir et concevoir les tâches, dans la façon de représenter l'environnement (couches métriques, topologiques, sémantiques, sociales, ...), dans la description de la connaissance associée à la tâche et son évolution à travers l'expérience (apprentissage par renforcement, ou profond), et dans les mécanismes cognitifs mis en place pour gérer les informations court, moyen et long termes. Elle est également présente dans les algorithmes et stratégies d'exploration, dans les algorithmes collaboratifs de perception et commande pour les systèmes multirobots, etc.

Description des travaux

Plusieurs travaux sont menés dans le cadre des thématiques précédentes. Parmi ceux-ci, quatre exemples sont présentés.

- *Analyse et Synthèse de commandes référencées capteurs à partir du concept de robot caché.* Le concept de robot caché a été introduit par [3] pour analyser la convergence et les singularités d'un schéma d'asservissement visuel d'une plateforme de Gough-

5. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique CHORALE.



- Stewart. Plus récemment, ce même concept a été utilisé pour étudier et rechercher les singularités des schémas d'asservissement visuel basés points [2] et basés lignes [4].
- *Représentation topologique et sémantique de l'environnement (structuré ou non) pour les tâches de navigation.* Nous proposons un modèle de l'environnement hybride qui mêle les représentations topologique, métrique, sémantique et basée grille [6]. L'apprentissage profond est utilisé pour sémantiser les scènes [5] de navigation.
 - *Navigation sociale et proactive.* Partager les espaces avec les humains [7] est un challenge pour la robotique de demain. Les robots doivent non seulement se doter de capacités d'interprétation afin d'adapter leur mouvement, mais aussi doivent pouvoir susciter le mouvement des autres acteurs afin de se déplacer vers un objectif dans un environnement collaboratif.
 - *Synergies en robotique.* Le concept de synergie a été appliqué à la réduction des espaces de contrôle de main robotisée utilisée pour la saisie d'objets à partir d'apprentissage de saisie exécutée par l'humain [1]. Nous nous intéressons à la recherche de synergies pour les systèmes multirobots.

Références

- [1] M. Bianchi, P. Salaris, and A. Bicchi. Synergy-based hand pose sensing : Optimal glove design. *International Journal of Robotics Research (IJRR)*, 32(4) :407–424, April 2013.
- [2] S. Briot, F. Chaumette, and P. Martinet. Revisiting the determination of the singularity cases in the visual servoing of image points through the concept of “hidden robot”. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(2) :536–546, 2017.
- [3] S. Briot and P. Martinet. Minimal representation for the control of gough-stewart platforms via leg observation considering a hidden robot model. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Karlsruhe, Germany, May 6-10 2013.
- [4] S. Briot, P. Martinet, and F. Chaumette. Singularity cases in the visual servoing of three image lines. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(2) :412–419, 2017.
- [5] E. Fernandez Moral, R. Martins, D. Wolf, and P. Rives. A New Metric for Evaluating Semantic Segmentation : Leveraging Global and Contour Accuracy. In *IV'18*, page 1051 – 1056, China, 2018.
- [6] M. Meilland, A. Comport, and P. Rives. Dense omnidirectional rgb-d mapping of large-scale outdoor environments for real-time localization and autonomous navigation. *Journal of Field Robotics*, 32(4) :474–503, June 2015.
- [7] P. Papadakis, P. Rives, and A. Spalanzani. Adaptive Spacing in Human-Robot Interactions. In *IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, IROS'14*, Chicago, United States, September 2014.



■ CHROMA : Cooperative & Human-aware Robot Navigation in Dynamic Environments

CITI/Equipe CHROMA
INSA de Lyon, Inria Grenoble Rhone-Alpes
<https://team.inria.fr/chroma/>

Olivier SIMONIN
olivier.simonin@insa-lyon.fr

Membres

- Olivier SIMONIN, PR INSA Lyon
- Anne SPALANZANI, MCF Univ. Grenoble
- Christian LAUGIER, DR INRIA
- Jilles S. DIBANGOYE, MCF INSA Lyon
- Fabrice JUMEL, MCF CPE Lyon
- Agostino MARTINELLI, CR INRIA
- Jacques SARAYDARYAN, MCF CPE Lyon

Thématique générale de l'équipe

La vocation de l'équipe est de contribuer à la définition d'algorithmes et de modèles pour la navigation de robots mobiles évoluant dans des environnements incertains et dynamiques. L'équipe explore en particulier les domaines de la perception et de la prise de décision, en considérant les aspects d'autonomie, de contrainte temps réel, de coopération entre robots et d'interaction sociale. Il s'agit de permettre aux robots de réaliser des tâches spatiales en coopération et au service de l'homme. Sur le plan méthodologique, l'équipe contribue aux techniques fondées IA et Contrôle.

Description des travaux

L'équipe Chroma adresse trois problématiques liées à la navigation autonome :

1. Perception pour la prise de décision en conditions fortement contraintes (temps réels, incertitude, perception limitée). Pour cela l'équipe développe depuis plusieurs années le concept de perception bayésienne, extension des grilles d'occupation par la modélisation et la prédiction des éléments mobiles [7],

couplé récemment à l'identification visuelle sémantique et 3D [2] (coopération avec Christian Wolf, LIRIS, Deep Learning). Le domaine applicatif privilégié de ce thème est le véhicule autonome [8], soutenu par des collaborations avec Renault, Toyota et le CEA (IRT Nanoelec). Nous examinons aussi les problèmes théoriques de la fusion vision/centrale inertielle [4] avec application au drone.

2. Navigation en présence d'humains. Il s'agit de détecter et prévoir les déplacements humains afin de planifier des trajectoires respectant les conventions sociales. L'équipe est pionnière du concept de proxémique, permettant la modélisation des espaces et la sémantique des interactions entre humains [9]. Nous étudions aussi la perception et l'apprentissage des flux humains pour optimiser la navigation dans les foules [3]. Les applications concernent les robots de services/compagnons (e.g. problème de NAMO – *Navigation among Movable Obstacles*) et les navettes autonomes en espaces urbains (e.g. ANR Hianic).

3. Coopération dans les flottes de robots mobiles, terrestres et/ou aériens. Nous considérons des environnements dynamiques, incertains, voire inconnus, que les robots doivent cartographier ou surveiller. Nous explorons des techniques de planification multiagent (heuristiques [5], stochastiques) avec modélisation de l'incertitude (MDP [1]). Nous adressons aussi la prise en compte des contraintes de communication [6]. La problématique du passage à l'échelle reste un défi central, que nous examinons dans le cadre de modèles décentrali-



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle



Figure 1.1 – (a) Observation multirobot (projet CROME LIRIS-SMA et CITI-CHROMA [5]) (b) Véhicule Zoe automatisé de Chroma/Inria (c) Modélisation des interactions et planification.

sés (e.g. intelligence en essaim), de l'apprentissage et de la recherche opérationnelle (e.g. problèmes de tournées de véhicules, en collaboration avec le groupe VOLVO).

Références

- [1] J. Dibangoye and O. Buffet. Learning to Act in Decentralized Partially Observable MDPs. In *ICML 2018 - 35th International Conference on Machine Learning*, volume 80, pages 1233–1242, 2018.
- [2] Ö. ErKent, C. Wolf, C. Laugier, D. Sierra González, and V. Romero-Cano. Semantic Grid Estimation with a Hybrid Bayesian and Deep Neural Network Approach. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems - IROS*, pages 1–8, 2018.
- [3] F. Jumel, J. Saraydaryan, and O. Simonin. Mapping likelihood of encountering humans : application to path planning in crowded environment. In *The Europ. Conf. on Mobile Robotics (ECMR)*, 2017.
- [4] A. Martinelli, A. Renzaglia, and A. Oliva. Cooperative Visual-Inertial Sensor Fusion : Fundamental Equations and State Determination in Closed-Form. *Autonomous Robots*, pages 1–19, 2019.
- [5] L. Matignon and O. Simonin. Multi-robot simultaneous coverage and mapping of complex scene - comparison of different strategies. In *Auto. Agents and Multi-Agent Sys. AAMAS*, pages 559–567, 2018.
- [6] M. Popescu, H. Rivano, and O. Simonin. Multi-robot Patrolling in Wireless Sensor Networks using Bounded Cycle Coverage. In *ICTAI 2016 28th Int. Conf. on Tools with Artificial Intelligence*. IEEE, 2016.
- [7] L. Rummelhard, A. Nègre, A. Paigwar, and C. Laugier. Ground Estimation and Point Cloud Segmentation using SpatioTemporal Conditional Random Field. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pages 1105 – 1110, 2017.
- [8] D. Sierra González, Ö. ErKent, V. Romero-Cano, J. Dibangoye, and C. Laugier. Modeling Driver Behavior From Demonstrations in Dynamic Environments Using Spatiotemporal Lattices. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation - ICRA*, pages 3384–3390, 2018.
- [9] P. Vasishta, D. Vautreydaz, and A. Spalanzani. Building Prior Knowledge : A Markov Based Pedestrian Prediction Model Using Urban Environmental Data. In *ICARCV 15th Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision*, pages 1–12, 2018.



■ Département Robotique du LAAS

Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des
Systèmes / CNRS
<https://www.laas.fr/public/fr/robotique>

Philippe SOUERES
philippe.soueres@laas.fr

Membres

- Rachid ALAMI, DR CNRS
- Juan CORTES, DR CNRS
- Viviane CADENAT, MCF
- Patrick DANES, PR
- Michel DEVY, DR CNRS
- Antonio FRANCHI, CR CNRS
- Malik GHALLAB, DR CNRS
- Ariane HERBULOT, MCF
- Félix INGRAND, CR CNRS
- Simon LACROIX, DR CNRS
- Florent LAMIRAUX, DR CNRS
- Jean-Paul LAUMOND, DR CNRS
- Frédéric LERASLE, PR
- Nicolas MANSARD, DR CNRS
- André MONIN, CR CNRS
- Gérard MONTSENY, CR CNRS
- Emmanuel MONTSENY, MCF
- Marc RENAUD, PR
- Daniel SIDOBRE, MCF
- Thierry SIMEON, DR CNRS
- Philippe SOUERES, DR CNRS
- Olivier STASSE, DR CNRS
- Michel TAIX, MCF
- Bertrand TONDU, PR
- Bertrand VANDEPORTAELE, MCF
- Bruno WATIER, MCF

Thématique générale

Héritier d'une équipe de recherche créée à la fin des années 70 sur le thème « Robotique et Intelligence Artificielle », le département robotique du LAAS développe un champ de recherche pluri-thématique portant sur les fonctions de perception, de décision, de génération et d'exécution des mouvements, et sur les

interactions des robots. Il comprend 25 chercheurs et enseignants chercheurs, une dizaine de post-doctorants, une dizaine d'ingénieurs en CDD et 35 doctorants, et est structuré en trois équipes de recherche qui travaillent en synergie :

- L'équipe « Gepetto », spécialiste du mouvement des systèmes anthropomorphes, dont les recherches sont centrées sur la planification, la génération et la commande du mouvement des systèmes poly-articulés instables. Elle mène une activité interdisciplinaire à l'intersection de la robotique, des neurosciences et de la biomécanique.

- L'équipe « Robotique, action et perception » (RAP) mène des recherches sur les liens entre la perception et action, avec un focus sur la vision et l'audition. Ses travaux portent sur la détection, la segmentation, l'identification et le suivi de personnes et d'objets, la perception et la commande en environnement dynamique et l'élaboration de capteurs intégrés.

- L'équipe « Robotique et interactions » (RIS) focalise son expertise sur les interactions des robots avec l'humain, entre eux et avec l'environnement. Ses activités couvrent l'architecture des systèmes autonomes et interactifs, le contrôle et les interactions physiques, la planification temporelle et le raisonnement, la planification de mouvement et l'apprentissage.

Le département bénéficie du support d'une plateforme robotique très complète, développée et maintenue par une équipe d'ingénieurs et techniciens au sein de deux salles d'expérimentations dédiées, composée d'une dizaine de robots de différents types (humanoïdes, robots



interactifs, manipulateurs, robots d'extérieur) et autant de drones multi-rotors. Différents logiciels développés au sein du département sont distribués en libre accès sur openrobots.org.

Les paragraphes suivants résument les récentes recherches menées au sein du département.

Perception

L'objectif est de développer des fonctions de perception avec garanties de performance, éventuellement activement contrôlées. Les méthodes sous-jacentes ont trait à l'apprentissage, aux techniques probabilistes, à la recherche opérationnelle et à l'optimisation continue.

Une activité importante porte sur la détection de cibles et le couplage détection/filtrage pour le suivi multi-cibles dans des vidéos. Des approches d'optimisation combinatoire exploitent l'apprentissage de descripteurs discriminants pour les sélectionner et les agencer, une autre approche exploite une représentation éparsée [15]. Des techniques d'apprentissage profond sont appliquées au comptage de personnes et à la reconnaissance de leurs activités, et des techniques de localisation active de source sonores ont été développées [10].

Pour la perception de l'environnement, des travaux sont menés sur l'analyse de scène par apprentissage, et différentes approches de SLAM sont proposées : pour des caméras à obturateur déroulant, par couplage visio-inertiel [6], et par reconnaissance de lieu [8].

Décision et interaction

La décision pour l'autonomie des robots se décline suivant diverses fonctions délibératives : planification, action, supervision, observation, interaction, apprentissage, qui sont intégrées et partagent des modèles, appris ou programmés [9].

Les recherches autour de cette thématique

suivent une méthodologie générale qui repose essentiellement sur (i) le développement de formalismes de modèles adaptés (e.g. modèles des processus de planification, de perception et d'action, modèles de spécification de composants robotiques, modèles d'interactions, modèles d'environnement) (ii) la conception d'algorithmes originaux et spécifiques (e.g. planification hiérarchique et temporelle, synthèse de modèles formels) et (iii) une validation expérimentale en simulation et sur nos robots. Cette dernière s'accompagne, le cas échéant, d'études utilisateurs qui permettent de mesurer l'acceptabilité et l'efficacité des approches hommes/robots.

Les récents développements portent sur la planification de tâches hiérarchiques, et temporelles en interaction avec des humains dans l'espace des plans, ou des tâches ; l'articulation de la planification et de l'action (modèles prédictifs vs. modèles opérationnels) [1] ; l'interaction entre l'humain et le robot à divers niveaux (physique, géométrique, cognitif [21]) ; l'articulation planification de tâches / planification de mouvement ; la validation et la vérification formelles des fonctions robotiques déployées et intégrées à ces fonctions décisionnelles ; et la décision et les interactions au sein d'une équipe de robots et agents.

Planification du mouvement

Alors que la plupart des problèmes réels de planification de mouvement résistent aux approches algorithmiques dites "exactes", nos recherches autour de cette thématique reposent sur des méthodes effectives (1) de planification globale par échantillonnage aléatoire et (2) de planification locale par optimisation numérique, capables de mieux répondre aux besoins des applications, en termes d'efficacité, de généricité et de robustesse algorithmique.

Nos travaux sur ce thème se déclinent selon trois axes. *L'algorithmique du mouvement*



d'abord, avec des méthodes d'optimisation et de contrôle optimal pour la génération de mouvement en robotique [13], des travaux sur la planification de mouvement orientée pour la conception système, [14], sur la planification sous contraintes de manipulation [12] et sur la planification de mouvement d'objets déformables [5]. *Le mouvement pour la robotique* ensuite, avec des travaux pour la manipulation par des robots aériens [18] et pour le mouvement au contact pour des robots humanoïdes. Enfin, *le mouvement pour la bio-informatique*, ou des activités pluridisciplinaires en bio-informatique présentent un intérêt pour l'étude de biomolécules flexibles et la prédiction structurale [7] ou l'aide à la conception de nouvelles molécules.

Commande

Différentes activités sont menées dans ce domaine. Des méthodes de génération de trajectoires par résolution inverse instantanée avec prise en compte des contraintes et objectifs permettent d'appréhender hiérarchiquement les contraintes en temps réel [3]. De nombreux résultats sur la commande optimale et la commande prédictive pour des robots humanoïdes ont été obtenus [17, 13], et des algorithmes hybrides qui associent planification aléatoire et apprentissage supervisé sur des masses de données produits par des algorithmes hors ligne ont été proposés [11].

En ce qui concerne les robots aériens, des travaux mêlant conception et commande ont mené à la réalisation d'un robot muni de capacité de poussée multidirectionnelle [4], qui a permis la réalisation de tâches d'interaction physiques avec l'environnement dans un contexte réaliste [19].

Enfin des travaux sur la commande référencée capteur (vision) sont développés pour la marche de robots humanoïdes [16] et pour des robots agricoles à roues [2].

L'humain et le robot

De nombreux travaux conduits dans le département étudient les liens entre l'humain et le robot. Pour un premier axe, il s'agit de travaux centrés sur la génération de mouvement à l'interface de la robotique de la biomécanique et des neurosciences. Il s'agit d'analyser le mouvement humain dans le but d'extraire des invariants pour les utiliser pour la commande des systèmes anthropomorphes, et aussi de modéliser et simuler le mouvement humain en utilisant les outils de génération de mouvement développés en robotique. La question de l'interaction entre l'homme et le robot est l'objet d'un second axe de recherche, qu'elle soit physique, décisionnelle ou cognitive [21]. Un troisième axe de recherche sur l'humain et le robot s'exprime à travers la dimension artistique : la confrontation de la robotique humanoïde et de la danse ouvre un champ de recherche très riche que nous avons exploré sous divers angles [20].

Expérimentation, design, intégration

Enfin, comme il ne saurait y avoir de robotique sans expérimentations, le département a une forte activité de conception et de développement de démonstrateurs en robotique mobile, aérienne et humanoïde. Ces démonstrateurs sont le support d'intégration des travaux conceptuels présentés dans les sections précédentes à des fins de validation bien entendu, mais ils permettent aussi d'appréhender de nouveaux problèmes à résoudre.

Références

- [1] A. Bit-Monnot *et al.* Which Contingent Events to Observe for the Dynamic Controllability of a Plan. In *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2016.



- [2] A. Durand-Petiteville *et al.* Tree Detection With Low-Cost Three-Dimensional Sensors for Autonomous Navigation in Orchards. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 2018.
- [3] A. Escande *et al.* Hierarchical quadratic programming : Fast online humanoid-robot motion generation. *International Journal of Robotics Research*, 33(7), 2014.
- [4] A. Franchi *et al.* Full-Pose Tracking Control for Aerial Robotic Systems With Laterally Bounded Input Force. *IEEE Transactions on Robotics*, 34(2), 2018.
- [5] A. Orthey *et al.* Motion Planning in Irreducible Path Spaces. *Robotics and Autonomous Systems*, 109, 2018.
- [6] D. Atchuthan *et al.* Odometry Based on Auto-Calibrating Inertial Measurement Unit Attached to the Feet. In *European Control Conference*, 2018.
- [7] D. Devaurs *et al.* Characterizing Energy Landscapes of Peptides using a Combination of Stochastic Algorithms. *IEEE Transactions on NanoBioscience*, 14(5), 2015.
- [8] E. Stumm *et al.* Building Location Models for Visual Place Recognition. *International Journal of Robotics Research*, 35(4), 2016.
- [9] F. Ingrand *et al.* Deliberation for autonomous robots : A survey. *Artificial Intelligence*, 247, 2017.
- [10] G. Bustamante *et al.* An Information Based Feedback Control for Audio-Motor Binaural Localization. *Autonomous Robots*, 42(2), 2018.
- [11] J. Carpentier *et al.* Multi-contact Locomotion of Legged Robots. *IEEE Transactions on Robotics*, 34(6), 2018.
- [12] J. Mirabel *et al.* Handling implicit and explicit constraints in manipulation planning. In *Robotics : Science and Systems 2018*, Pittsburg, United States, 2018.
- [13] J-P. Laumond *et al.* Optimization as Motion Selection Principle in Robot Action. *Communications of the ACM*, 58(5), 2015.
- [14] K. Molloy *et al.* Simultaneous System Design and Path Planning : A Sampling-based Algorithm. *International Journal of Robotics Research*, 2018.
- [15] L. Fagot-Bouquet *et al.* Improving Multi-Frame Data Association with Sparse Representations for Robust Near-Online Multi-Object Tracking. In *European Conference on Computer Vision*, 2016.
- [16] M. Garcia *et al.* Vision-guided motion primitives for humanoid reactive walking : decoupled vs. coupled approaches. *International Journal of Robotics Research*, 34(4-5), 2014.
- [17] M. Naveau *et al.* A Reactive Walking Pattern Generator Based on Nonlinear Model Predictive Control. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(1), 2017.
- [18] M. Tognon *et al.* Control-Aware Motion Planning for Task-Constrained Aerial Manipulation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(3), 2018.
- [19] M. Tognon *et al.* A Truly Redundant Aerial Manipulator System with Application to Push-and-Slide Inspection in Industrial Plants. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(2), 2019.
- [20] O. Ramon Ponce *et al.* Dancing Humanoid Robots : Systematic use of OSID to Compute Dynamically Consistent Movements Following a Motion Capture Pattern. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 22(4), 2015.
- [21] S. Lemaignan *et al.* Artificial Cognition for Social Human-Robot Interaction : An Implementation. *Artificial Intelligence*, 247, June 2017.



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

■ EPAN : Environment Perception and Autonomous Navigation

CIAD/EPAN

Université de Technologie Belfort Montbéliard
<https://epan-utbm.github.io/>

Yassine RUICHEK

yassine.ruichek@utbm.fr

Membres

- Yassine RUICHEK, PR
- Franck GECHTER, MCF
- Abdeljalil ABBAS-TURKI, MCF
- Cindy CAPPELLE, MCF
- Zhi YAN, MCF
- Nathan CROMBEZ, MCF
- Jocelyn BUISSON, Post-doctorat

Thématique générale de l'équipe

L'équipe EPAN (*Environment Perception and Autonomous Navigation*) du laboratoire CIAD (Connaissance et Intelligence Artificielles Distribuées) développe ses activités de recherche en perception et navigation à partir de données multisources. Ses domaines d'application principaux sont les systèmes de transport terrestre, notamment les véhicules intelligents/autonomes. L'équipe est également impliquée dans la robotique mobile, notamment pour l'assistance à domicile.

Description des travaux

Comme son nom l'indique, les travaux de l'équipe portent sur deux volets : la perception et la navigation. Dans le premier volet, nous travaillons sur le développement de méthodes avancées pour la compréhension d'environnements dynamiques avec une approche multi-source (caméras, lidar 2D/3D, radar, GPS, cartographie, etc.). Ce volet comprend la détection, le suivi d'objets, la localisation, la cartographie ou encore la segmentation sémantique de scènes. L'équipe s'intéresse par exemple à la représentation d'environnements sous la

forme de grilles d'occupation [6] ou sous la forme d'une représentation 3D sémantique en se basant sur des données visuelles et télémétriques. Nous étudions également l'apport de la vision dite non-conventionnelle afin d'améliorer la perception en terme d'analyse et de compréhension du mouvement dans une scène. Plus particulièrement, nous étudions les propriétés qu'offre la vision plénoptique dans le but de modéliser et de développer une méthode robuste de suivi visuel d'objets quelconques (ex. panneau de signalisation, piétons et autres usagers de la route) en présence d'éléments extérieurs perturbateurs tels que des occultations du champ de vision ou en dépit de conditions climatiques difficiles. Nous nous intéressons également à des techniques d'extraction de caractéristiques (*handcrafted* ou *learned*) et à des méthodes de classification/reconnaissance à base d'apprentissage machine, notamment par analyse de graphes de similarité, avec des techniques de *template matching* ou encore par apprentissage profond. L'apprentissage *lifelong learning* constitue une nouvelle approche dont l'objectif est d'adapter les connaissances et le comportement d'un véhicule autonome ou un robot aux changements environnementaux au fil du temps, et ainsi permettre une amélioration considérable de la sécurité de son fonctionnement, notamment en termes de prise de décision. Dans ce cadre, nous avons développé un *framework* multicapteur pour la conduite autonome et construit ensuite un jeu de données basé sur le système ROS, qui regorge de nouveaux défis de recherche pour le véhicule autonome. Caractérisé par des acquisitions à dif-



férentes périodes (matin et soir, semaine, saison), le jeu de données convient particulièrement à une étude d'autonomie à long terme. De plus, dans le cadre d'une collaboration avec l'Université de Lincoln (Royaume-Uni), nous avons développé une méthode de cartographie sémantique à long terme avec des données lidar 3D, permettant de cartographier un environnement dynamique pendant plusieurs semaines [4]. Nous sommes également intéressés par la conduite autonome en présence du mauvais temps. Dans le cadre d'une collaboration avec CTU, nous développons une approche d'apprentissage en ligne qui permet à un capteur d'apprendre un modèle d'objet à partir de données provenant d'un autre capteur afin de faire face à l'échec de ce dernier dans certaines conditions météorologiques. Des travaux sur l'aide à la localisation dans des environnements contraints ont été menés, notamment en associant les mesures GPS/RTK à l'odométrie visuelle, le recalage télémétrique et un gyromètre, avec une procédure de sélection de capteurs afin de garantir la cohérence des observations [5]. L'équipe a conduit également des travaux sur le problème de disponibilité et d'intégrité de mesure de position GPS, en s'intéressant à l'analyse de l'environnement de réception de signaux GNSS en utilisant de l'imagerie 2D et 3D. Dans le volet navigation, l'équipe s'intéresse au problème de conduite des véhicules autonomes en convoi. Nous avons développé une approche locale où chaque véhicule localise ses perceptions par rapport à son propre référentiel, pour ensuite suivre un véhicule de référence local. L'approche développée est basée sur le principe d'attraction répulsion d'un système de ressort, modélisé par un système multiagent [2]. Nous nous intéres-

sons également à la synchronisation de véhicules aux intersections en exploitant le géopositionnement par GPS et la communication sans fil. Il s'agit de développer des stratégies de contrôle de véhicules approchant une intersection, afin d'assurer leur passage tout en optimisant la fluidité de circulation [3]. L'équipe conduit aussi des travaux sur le suivi de chemins construits par des positions GPS. Il s'agit de mettre en œuvre des stratégies de contrôle pour qu'un véhicule autonome suive un chemin (acquis préalablement) tout en minimisant l'erreur latérale et en respectant les limitations de vitesse [1].

Références

- [1] C. Gámez Serna et al. Dynamic speed adaptation for path tracking based on curvature information and speed limits. *Sensors*, 17(6) :1383, 2017.
- [2] E.Z. Madeleine et al. Vehicle platoon control with multi-configuration ability. *Proc. Comp. Sc.*, 9 :1503–1512, 2012.
- [3] F. Perronnet et al. Deadlock prevention of self-driving vehicles in a network of intersections. *IEEE Trans. on ITS*, 2019.
- [4] L. Sun et al. Recurrent-octomap : Learning state-based map refinement for long-term semantic mapping with 3d-lidar data. *IEEE RAL*, 2018.
- [5] L. Wei et al. Camera/laser/gps fusion method for vehicle positioning under extended nis-based sensor validation. *IEEE Trans. on IM*, 62(11) :3110–3122, Nov 2013.
- [6] Y. Li et al. Occupancy grid mapping in urban environments from a moving on-board stereo-vision system. In *Sensors*, 2014.



■ LARSEN : Life-long Autonomy & interaction skills for Robots in a Sensing ENvironment

Inria Nancy - Grand Est / LORIA/LARSEN
Inria
<https://members.loria.fr/fcharpillet>

François CHARPILLET
francois.charpillet@inria.fr

Membres impliqués⁶

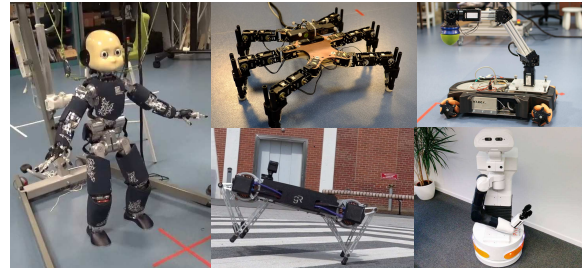
- François CHARPILLET, DR INRIA
- Jean-Baptiste MOURET, DR INRIA
- Serena IVALDI, CR INRIA
- Francis COLAS, CR INRIA
- Olivier BUFFET, CR INRIA
- Amine BOUMAZA, MCF
- Alexis SCHEUER, MCF
- Vincent THOMAS, MCF
- Glenn MAGUIRE, Post-doctorat
- Pauline MAURICE, Post-doctorat
- Éloïse DALIN, Ingénieure
- Pierre DESMEURAU, Ingénieur
- Brice CLÉMENT, Ingénieur
- Pauline HOULGATTE, Ingénieure
- Lucien RENAUD, Ingénieur

Thématique générale de l'équipe

La vision de l'équipe est de disposer de robots en dehors des laboratoires de recherche et de l'industrie manufacturière dans des environnements non contrôlés. Pour atteindre ce but, l'équipe développe des méthodes pour donner aux robots des compétences d'autonomie au long cours et des compétences d'interaction, tout en prenant en compte la présence possible de capteurs présents non seulement sur le robot mais aussi dans l'environnement.

Ces compétences d'autonomie s'appuient sur l'interaction physique et sociale, l'apprentissage automatique et la planification dans l'incertain. Les expériences sur des robots réels sont au cœur de la méthodologie.

L'équipe bénéficie d'une riche infrastructure de tests : un appartement sensorisé, une arène de robotique mobile avec capture du mouvement, une arène de vol pour les drones avec capture du mouvement, et de nombreux robots : 1 humanoïde (iCub), 1 quadrupède, 2 hexapodes, 2 manipulateurs mobiles, 2 manipulateurs industriels, ...



Description des travaux

Quelques travaux significatifs dans l'équipe :

- L'adaptation aux dommages par apprentissage par essai-erreur : au lieu d'effectuer un diagnostic, le robot utilise de l'apprentissage par renforcement data-efficace pour trouver un comportement compensatoire. Nos méthodes permettent à des robots (notamment des robots à pattes) de s'adapter en moins de deux minutes [4].
- L'apprentissage par renforcement data-efficace : les robots réels ne peuvent pas effectuer plus de quelques dizaines d'essais ; comment dans ce cas apprendre et s'adapter ? nos méthodes reposent essentiellement sur des modèles dynamiques probabilistes [3], sur de l'optimisation bayésienne [4] et

6. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique .



- sur l'exploitation d'*a priori* comme des simulateurs.
- la décision séquentielle dans l'incertain dans le cadre des processus décisionnels de Markov [8, 1].
 - L'optimisation du contrôle *corps-complet* de robots humanoïdes : l'objectif est d'automatiser la procédure d'optimisation des paramètres de contrôleurs corps-complet [2].
 - Les modèles probabilistes pour la reconnaissance d'activité appliquée appliquées à l'évaluation automatique de l'ergonomie [10] et pour l'assistance à la personne [6].
 - Les modèles probabilistes pour la prédiction de l'intention dans l'interaction homme-robot [5].
 - Les algorithmes de « quality diversity » [11], qui sont une nouvelle forme d'algorithme évolutionniste cherchant à trouver un ensemble très divers de solutions de haute qualité; nous les utilisons notamment en conception automatique aérodynamique [9]
 - Les modèles et algorithmes pour la recherche active d'information dans des environnements en observabilité partielle [8]
 - l'exploration multirobotique [7].

Références

- [1] M. Araya-López, O. Buffet, V. Thomas, and F. Charpillet. A POMDP Extension with Belief-dependent Rewards. In *NIPS 2010*, Adv. in Neural Info. Proc. Sys. 23, Vancouver, Canada, 2010. MIT Press.
- [2] M. Charbonneau, V. Modugno, F. Nori, G. Oriolo, D. Pucci, and S. Ivaldi. Learning robust task priorities of QP-based whole-body torque-controllers. In *IEEE-RAS HUMANOIDS*, November 2018.
- [3] K. Chatzilygeroudis, R. Rama, R. Kauschik, D. Goepf, V. Vassiliades, and J.-B. Mouret. Black-Box Data-efficient Policy Search for Robotics. In *IEEE/RSJ IROS*, September 2017.
- [4] A. Cully, J. Clune, D. Tarapore, and J.-B. Mouret. Robots that can adapt like animals. *Nature*, 521(7553) :503–507, May 2015.
- [5] O. Dermay, M. Chaverocche, F. Colas, F. Charpillet, and S. Ivaldi. Prediction of Human Whole-Body Movements with AE-ProMPs. In *IEEE-RAS HUMANOIDS*, November 2018.
- [6] A. Dubois and F. Charpillet. Measuring frailty and detecting falls for elderly home care using depth camera. *Journal of ambient intelligence and smart environments*, 9(4) :469 – 481, June 2017.
- [7] J. Faigl, O. Simonin, and F. Charpillet. Comparison of Task-Allocation Algorithms in Frontier-Based Multi-Robot Exploration. In *Euro. conf. Multi-Agent Syst. (EUMAS) Lecture Notes in Computer Science, vol 8953*, Prague, Czech Republic, December 2014. Springer.
- [8] M. Fehr, O. Buffet, V. Thomas, and J. Dibangoye. ρ -POMDPs have Lipschitz-Continuous ϵ -Optimal Value Functions. In *NIPS 2018 32th Conf. on Neural Info. Proc. Sys.*, Montréal, Canada, 2018.
- [9] Adam Gaier, Alexander Asteroth, and Jean-Baptiste Mouret. Data-Efficient Design Exploration through Surrogate-Assisted Illumination. *Evolutionary Computation*, 26(3) :381–410, 2018.
- [10] Adrien Malaisé, Pauline Maurice, Francis Colas, and Serena Ivaldi. Activity Recognition for Ergonomics Assessment of Industrial Tasks with Automatic Feature Selection. *IEEE Robotics and Automation Letters*, January 2019.
- [11] V. Vassiliades, K. Chatzilygeroudis, and J.-B. Mouret. Using Centroidal Voronoi Tessellations to Scale Up the Multi-dimensional Archive of Phenotypic Elites Algorithm. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, page 9, 2017.



■ MAD : Modèles, Agents, Décision

GREYC / MAD
Normandie Univ. ; UNICAEN, CNRS UMR 6072,
ENSICAEN
<http://www.greyc.fr>

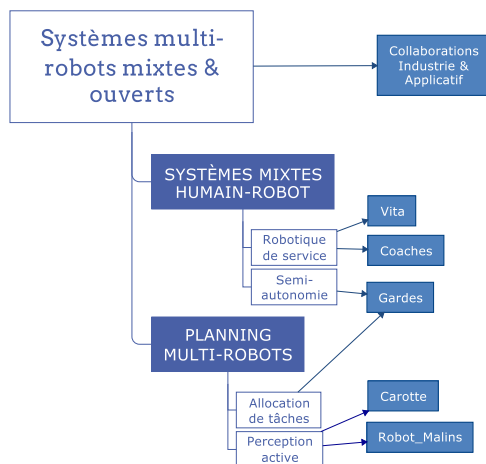
Bruno ZANUTTINI
Responsable d'équipe
bruno.zanuttini@unicaen.fr

Loïs VANHÉE
Correspondant
lois.vanhee@unicaen.fr

Membres impliqués⁷

- Mriganka BISWAS, Post-doctorat
- Laurent JEANPIERRE, MCF
- Simon LE GLOANNEC, Post-doctorat
- Abdel-Ilah MOUADDIB, PR , coordinateur composante robotique
- Loïs VANHÉE, Post-doctorat

Thématiques générales



L'équipe MAD est une équipe d'intelligence artificielle qui s'étend sur la robotique. Point focal : **modèles de décision, en particulier de planification, pour des systèmes ouverts mixtes humains-robots**. Perspective applicative : robotique en milieu ouvert (robotique de service, environnements non balisés, présence de l'humain, haute autonomie).

Axe 1 : systèmes mixtes humains-robots avec collaborations bidirectionnelles.

1.1. *Semi-autonomie*. Systèmes robotiques augmentés par le soutien d'opérateurs humains. Contributions clefs : Advice-MDP (soutenir le système via des conseils réutilisables) ; MI-MDP (demandes de soutien qui anticipent les contraintes de l'humain) ; apprendre de la téléopération et reprise en main du système par l'humain.

1.2. *Planification pour la robotique de service*. Modèles de planification qui intègrent l'activité jointe avec l'humain. Contributions clefs : POMDP hiérarchiques qui modélisent l'activité jointe ; modèles hybrides de raisonnement haut et bas niveau ; application aux tâches d'escorte (ex : adaptation à l'implication de l'humain dans l'interaction).

Axe 2 : Planification multirobot.

2.1. *Allocation décentralisée de tâches nécessitant de la planification*. Contributions clefs : algorithmes hybridant allocation globale (allocation de toutes les tâches à tous les agents) et ponctuelle (allocation à la volée en fonction des disponibilités) ; algorithmes d'allocation désynchronisée (D-SSA) ; algorithmes d'allocation sans communication (DVF).

2.2. *Perception active multirobot*. Contributions clefs : modèles DEC-MDP de cartographie multirobot ; modèles DEC-POMDP d'acquisition collective de connaissances ; *tracking* de cibles adversaires ; couverture de zones d'in-

7. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Robotique.



térêt évolutives.

2.3. *Systèmes ouverts*. Contributions clefs : modèles Team-POMDP pour commander une population d'agents évolutive grâce à une planification monte-carlo [1] ; modèles de navigation en présence de l'humain ; modèles « anywhere deployment ».

Collaborations et projets marquants

L'équipe MAD entretient des collaborations internationales et intersectorielles de longue durée avec plusieurs partenaires tels que DGA, la NASA, Nexter Robotics et Normandie Valorisation. Ces collaborations permettent le maintien d'un flux constant et consistant de co-encadrements (environ 5 thèses en cours dont 50% CIFRE).

Projets COACHES (projet européen), puis VITA (Normandie Valorisation), 2014+ [2] : système multirobot de service dans l'espace public, notamment pour escorte et information. Les robots collaborent afin de maximiser la couverture de la zone et gérer le flux d'utilisateurs (ex : échange synchronisé d'utilisateurs à travers les étages). Adaptation du comportement du robot à l'utilisateur (ex : état physique et d'engagement de l'utilisateur). Le système a été déployé dans le milieu hospitalier, dans des sites historiques, des centres commerciaux et de conférences. Une exposition semi-permanente est en cours de montage.



Un robot VITA déployé au sein de l'Abbaye aux Dames et conseil régional, à Caen

Projet GARDES (projet ANR-DGA) 2014-2018 [3] : Systèmes multirobots de soutien au personnel de sécurité de haute robustesse et haut contrôle humain. Architectures à faible couplage entre opérateurs et robots pour implémenter le concept de bulle opérationnelle ; modèles de semi-autonomie pour déploiement en environnement imprévu ; modèles pour apprendre de la prise en main de l'humain ; modèles de planification qui intègrent des situations nécessitant un contrôle humain.



Deux NERVA déployés dans l'arène de la DGA

Références

- [1] J. Cohen and A.-I. Mouaddib. Power Indices for Team Reformation Planning Under Uncertainty. In *18th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, Montreal, Canada, 2019.
- [2] L. Iocchi, L. Jeanpierre, M. T. Lazaro, and A.-I. Mouaddib. A Practical Framework for Robust Decision-Theoretic Planning and Execution for Service Robots. In *Proceedings of the Twenty-Sixth International Conference on Automated Planning and Scheduling, ICAPS 2016, London, UK, June 12-17, 2016.*, pages 486–494, 2016.
- [3] L. Vanhée, L. Jeanpierre, and A.-I. Mouaddib. Augmenting Markov Decision Processes with Advising. In *The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence*, Honolulu, 2019.



■ Nexter : IA & Systèmes Robotiques

Responsable Prospective Numérisation
Nexter Group
www.nexter-group.fr

Bruno RICAUD
b.ricaud@nexter-group.fr

Ingénieur Intelligence Artificielle
Nexter Group
www.nexter-group.fr

Cécile JOURDAS
c.jourdass@nexter-group.fr

Membres

- Bruno RICAUD, Robotique et IA
Responsable Prospective Numérisation
- Jean-François MASSOL, IA
Ingénieur IA
- Joël MORILLON, Robotique
Président Directeur Nexter Robotics
- Bruno STEUX, Robotique et IA
Directeur Scientifique Nexter Robotics
- Laurent BOURAOUI, Robotique
Directeur Technique Nexter Robotics
- Cécile JOURDAS, Robotique et IA
Ingénieur IA

Présentation de Nexter



Exemple de systèmes de combat

Nexter est une société du groupe KNDS (KMW+NEXTER Defense Systems), leader européen de la défense terrestre.

Nexter a pour vocation de répondre aux besoins des armées de terre française et étrangères, à travers la conception, le développement et la production de systèmes complets de défense, canons d'artillerie et engins blindés.

Systémier intégrateur de défense terrestre et héritier d'un savoir-faire de plus de 250 ans, Nexter est le fabricant d'une longue lignée d'engins tel que le char Leclerc (premier char numérisé), le canon automoteur CAESAR® ou le véhicule de reconnaissance JAGUAR.

Nexter maîtrise un ensemble d'équipements clefs et de solutions, allant des systèmes de combat aux composantes de la numérisation (robots, interfaces homme-machine, calculateurs, logiciels sécuritaires, intelligences artificielles embarquées).



Exemple de systèmes robotiques

Dans ce cadre, Nexter offre une gamme étendue de robots aéroterrestres - mini-robots <10 Kg, robots tactiques polyvalents <1 T, micro-drones <10 Kg, robotisation de véhicules habités - destinés en priorité aux domaines de la défense et de la sécurité civile, mais aussi à l'éducation et la recherche.

Les produits opérationnels sont caractérisés par leur robustesse, leur simplicité d'emploi et leur polyvalence. Au-delà de leurs capacités



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

natives d'observation jour / nuit, ils peuvent recevoir de nombreux « kits » destinés à étendre les missions accessibles : reconnaissance, lutte anti-explosifs, surveillance autonome de sites, etc.

Par ses développements de robots et l'intelligence qu'ils embarquent, Nexter travaille à la transformation des robots - outils individuels - pour atteindre les systèmes hybrides - habités / inhabités - tendant à la symbiose. Ces systèmes feront la part belle à la coopération humain machine et l'automatisation de tâches élémentaires.

Spécificité du domaine militaire terrestre aujourd'hui

Dans le domaine militaire terrestre, la mobilité autonome n'utilise pas encore d'intelligence artificielle [1], mais des méthodes de robotiques traditionnelles. Ces méthodes performantes se voient mises en échec par des environnements destructurés, changeants et non coopératifs. De plus, pour répondre au contexte opérationnel, ces systèmes doivent évoluer en temps réel et avoir une forte capacité d'adaptation.



Exemple d'environnement opérationnel

Pour répondre aux problématiques de conduite autonome en environnement militaire terrestre, il est nécessaire de traiter les deux sujets suivants : la navigation locale (éviter d'obstacles, comportements sensorimoteurs de suivi, ...) et la navigation globale sans GPS (sémantique d'environnement).

Les conditions sus-citées impliquent une multitude de cas à gérer, et donc une combi-

natoire de plus en plus importante, une nécessité de robustesse aux changements d'échelles, aux bruits (environnements non-contrôlés) et aux informations partielles (occultations, erreurs...).

Aussi, la capacité d'adaptation devient primordiale et les algorithmes d'apprentissage machine tel que l'apprentissage profond ou par renforcement sont des candidats idéaux.

Activités de Nexter en Intelligence Artificielle et en systèmes robotiques

Nexter recherche et développe des solutions visant à répondre aux spécificités du milieu militaire terrestre. Pour cela, ses équipes travaillent dans un ensemble de projets couvrant les problématiques de :

- collaboration humain-machine afin de simplifier l'emploi des robots comme celui des systèmes de combat par les opérateurs, de rendre intelligible les processus décisionnels des systèmes, et de donner des capacités de synthèse (multitude de données et de cas à présenter) aux systèmes. Le tout pour offrir « La bonne information au bon moment » aux opérateurs.

- validation et certification d'algorithmes de réseaux de neurones

- embarquabilité des capacités de calculs tant sur le plan énergétique, d'encombrement (FPGA - processeurs reprogrammables -, processeur neuronaux) que sur les spécificités du terrestre : Résistance à de fortes vibrations, des températures extrêmes, une forte humidité, des perturbations électromagnétiques et à la menace Cyber.

Références

[1] J. Morillon. L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ? *Cahier CREC 2018 - Autonomie et létalité en robotique militaire*, pages 56-66, 2018.



■ PMP : Programmable Matter Project

*Institut FEMTO-ST/DISC / Programmable Matter
Project*
Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS
<http://projects.femto-st.fr/programmable-matter/>

Julien BOURGEOIS
julien.bourgeois@ubfc.fr

Membres

- Julien BOURGEOIS, PR
- Benoît PIRANDA, MCF
- Dominique DHOUTAUT, MCF
- Eugen DEDU, MCF
- Frédéric LASSABE, MCF
- Hakim MABED, MCF
- Jaafar GABER, MCF

Thématique générale de l'équipe

Le Projet Programmable Matter (PMP) est la suite du [projet Claytronics](#) dont l'idée est de former de la matière à base de micro-robots capables de se coller entre eux, de se déplacer et bien sûr d'exécuter des programmes et de communiquer avec leurs voisins. Le consortium travaillant sur ce projet est composé de plus d'une dizaine de partenaires académiques et de trois entreprises. Le projet est coordonné par Julien BOURGEOIS.

Description des travaux

Dans ce projet, nous nous intéressons à deux thématiques de recherche : la programmation de la matière programmable et les nanoréseaux de communications sans-fil.

Nous considérons la matière programmable comme un grand robot modulaire, ou dit autrement un grand système distribué en interaction avec le monde réel. Les spécificités des grands robots modulaires nous obligent à proposer de nouvelles méthodes. Par exemple, trouver le centre d'un grand robot modulaire revient à trouver le centre d'un graphe, ce qui est trivial

de manière centralisée mais qui ne l'est plus quand c'est le graphe lui-même qui doit trouver son centre. Cela oblige à changer de point de vue et à proposer de nouveaux algorithmes. Nous avons été les premiers à étudier les propriétés réseau des grands robots modulaires [7], les premiers à proposer des algorithmes de synchronisation temporelle [5] et à trouver le nœud central du système de manière distribuée [6].

Nous avons proposé le premier outil permettant de représenter une forme 3D discrétisée avec l'algorithme distribué permettant de dire si un micro-robot est à l'intérieur de la forme ou non [3] puis un algorithme permettant de construire un objet par auto-assemblage [4]. Nous avons également étudié la possibilité de faire des moules rapidement pour des pièces automobiles dans une collaboration avec PSA Groupe [8]. Afin d'optimiser le temps de reconfiguration, nous avons proposé l'utilisation d'un échafaudage intérieur aux objets et conçu un algorithme permettant de le construire [9]. Dans tous ces algorithmes, chaque micro-robot est autonome et ce sont leurs interactions locales qui font émerger un comportement global. « L'intelligence » de ces micro-robots est donc collective.

Nous avons développé un simulateur comportemental disponible en ligne⁸ qui permet d'évaluer l'exécution asynchrone d'un même code sur des dizaines de milliers de robots connectés.

Les communications nanowireless sont un nouveau domaine qui s'intéresse aux commu-

8. <https://github.com/claytronics/visiblesim>



nications électromagnétiques dans la bande de fréquence du téraHertz. Comme les antennes sont très petites, nous y avons vu l'opportunité d'intégrer ce moyen de communication dans nos micro-robots. Nous avons proposé de nombreuses améliorations et nous avons été les premiers à simuler l'utilisation de ce type de réseau dans des robots modulaires [2]. Dans ces réseaux denses, nous nous focalisons sur des protocoles de communication novateurs qui réduisent le nombre de micro-robots utilisés dans les communications, en tant que retransmetteurs ou récepteurs [1]. Cela réduit énormément l'énergie consommée et la mémoire nécessaire aux communications, deux objectifs prioritaires dans les micro-robots.

Références

- [1] T. Arrabal, D. Dhoutaut, and E. Dedu. Efficient multi-hop broadcasting in dense nanonetworks. In *17th IEEE International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)*, pages 385–393, Cambridge, MA, USA, November 2018. IEEE.
- [2] N. Boillot, D. Dhoutaut, and J. Bourgeois. Large scale MEMS robots cooperative map building based on realistic simulation of nano-wireless communications. *Nano Communication Networks*, 6(2) :51 – 73, 2015.
- [3] T. K. Tucci, B. Piranda, and J. Bourgeois. Efficient scene encoding for programmable matter self-reconfiguration algorithms. In *28-th ACM Symposium On Applied Computing*, pages 256 – 261, apr 2017.
- [4] T. K. Tucci, B. Piranda, and J. Bourgeois. A distributed self-assembly planning algorithm for modular robots. In *17th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, pages 550 – 558, jul 2018.
- [5] A. Naz, B. Piranda, J. Bourgeois, and S.C. Goldstein. A time synchronization protocol for large-scale distributed embedded systems with low-precision clocks and neighbor-to-neighbor communications. *Journal of Network and Computer Applications*, 105 :123 – 142, mar 2018.
- [6] A. Naz, B. Piranda, S.C. Goldstein, and J. Bourgeois. Approximate-centroid election in large-scale distributed embedded systems. In *30th IEEE Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications*, pages 548–556, March 2016.
- [7] A. Naz, B. Piranda, T. K. Tucci, S.C. Goldstein, and J. Bourgeois. Network characterization of lattice-based modular robots with neighbor-to-neighbor. In *13th Int. Symp. on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS)*, volume 6, pages 415 – 429, nov 2016.
- [8] F. Pescher, B. Piranda, S. Delalande, and J. Bourgeois. Surface approximation by molding a shape-memory polymer on a modular robot. In *14th Int. Symp. on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS)*, page 12, oct 2018.
- [9] P. Thalamy, B. Piranda, and J. Bourgeois. Distributed self-reconfiguration using a deterministic autonomous scaffolding structure. In *18th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, page 8, 2019.



■ PR : L'équipe Perception Robotique du Laboratoire MIS

MIS EA 4290 / PR
Université de Picardie Jules Verne
<http://mis.u-picardie.fr/equipe-PR> | **Guillaume CARON**
guillaume.caron@u-picardie.fr

Membres

- El Mustapha MOUADDIB, PR
- Claude PÉGARD, PR
- Estelle BRETAGNE, MCF
- Guillaume CARON, MCF
- Thierry CONDAMINES, MCF
- Pascal DASSONVALE, MCF
- Dominique GROUX, MCF
- Djemâa KACHI, MCF
- Fabio MORBIDI, MCF
- Alex POTELLE, MCF
- Housseem BENSEDDIK, Post-doctorat
- David ALABAZARES, Membre invité

Thématique générale de l'équipe

L'objectif scientifique de l'équipe PR est de repousser les limites de l'ensemble de la chaîne de production d'environnements virtuels 3D à grande échelle, c'est-à-dire aller au-delà des mesures géométriques et photographiques partielles, jusqu'à leur utilisation.

Cela passe par la perception visuelle non-conventionnelle pour la navigation en robotique mobile autonome, au sol et dans les airs, et pour la numérisation. Les environnements virtuels, obtenus par numérisation plus complète et robotisée, sont aussi le support de recherches en navigation intégrant l'utilisateur, vers une interaction de haut niveau en adéquation avec les paradigmes de la robotique.

Description des travaux

L'équipe PR contribue à la perception visuelle non conventionnelle par des travaux sur

9. <http://mis.u-picardie.fr/~g-caron/datasets>

les caméras à champ de vue non conventionnel, essentiellement omnidirectionnel, de leur conception [7] à leur exploitation en robotique, en passant par l'adaptation des traitements d'images à leurs distorsions [10], la modélisation et l'étalonnage de ces caméras [2]. Le paradigme de l'équipe est de permettre la réalisation de tâches robotiques par la vision comme seul organe de perception. Ainsi, le lien étroit considéré entre la vision et la robotique permet l'exploration et la cartographie autonomes [9], la localisation [4] et l'asservissement visuel [5].

L'équipe PR s'attache aussi à la production de données, de quantité modeste pour l'évaluation d'algorithmes fondamentaux d'estimation de mouvement de caméra omnidirectionnelle⁹ [12], à des quantités considérables dans le cadre de la numérisation du patrimoine architectural entreprise au sein de l'axe transversal de l'équipe : *e-Cathédrale* [13].

Cet axe est aussi vecteur de recherches fondamentales comme la définition de descripteurs de points d'intérêt robustes aux réflexions multiples sur des miroirs [11] ou l'étalonnage colorimétrique de scanner laser [1], permettant un recalage 2D-3D photométrique dense [3]. A partir des données ainsi acquises, généralement un nuage de points 3D, dépassant les 20 milliards de points dans le cas de la cathédrale d'Amiens, l'équipe propose des algorithmes originaux, proches de lois de commandes robotiques, de cadrage automatique et partiellement automatique pour l'assistance au visiteur de ces monuments devenus virtuels [6].

Enfin, l'équipe PR s'attache à donner ac-



cès au grand public à ces monuments virtuels, soit par des solutions technologiques permettant de traiter des milliards de points 3D pour l'interaction en temps réel, soit par l'étude de nouvelles représentations allégées [8].

Références

- [1] E. Bretagne, P. Dasonvalle, and G. Caron. Spherical target-based calibration of terrestrial laser scanner intensity. Application to colour information computation. *ISPRS JPRS*, 144 :14 – 27, October 2018.
- [2] G. Caron and D. Eynard. Multiple camera types simultaneous stereo calibration. In *IEEE ICRA*, pages 2933–2938, Shanghai, China, May 2011.
- [3] N. Crombez, G. Caron, and E. Mouaddib. Colorisation de nuages de points 3D par recalage dense d'images numériques. *Traitement du Signal*, 31(1-2) :81–106, June 2014.
- [4] N. Crombez, G. Caron, and E. Mouaddib. Using dense point clouds as environment model for visual localization of mobile robot. In *IEEE/RSJ-KROS URAI*, pages 40–45, Goyang, South Korea, October 2015. Best runner-up paper award.
- [5] N. Crombez, E. Mouaddib, G. Caron, and F. Chaumette. Visual servoing with photometric gaussian mixtures as dense features. *IEEE Trans. on Robotics*, 35(1) :49–63, Feb 2019.
- [6] Z. Habibi, E. Mouaddib, and G. Caron. Good feature for framing : Saliency-based Gaussian mixture. In *IEEE/RSJ IROS*, pages 3682–3687, Hamburg, Germany, October 2015.
- [7] J.-F. Layerle, X. Savatier, E. Mouaddib, and J.-Y. Ertaud. Catadioptric Vision System for an Optimal Observation of the Driver Face and the Road Scene. In *IEEE IV*, pages 410–415, Eindhoven, Netherlands, 2008.
- [8] D. Lecllet-Groux, J. Lentremy, G. Caron, and E. Mouaddib. Efficient restitution of heritage buildings : a new way to exploit 3D point clouds slicing, An example with the Amiens Gothic Cathedral. In *IEEE Digital Heritage 2018*, San Francisco, United States, October 2018.
- [9] R. Marie, O. Labbani-Igbida, and E. Mouaddib. Scale space and free space topology analysis for omnidirectional images. In *IEEE ICRA*, pages 4451–4456, May 2014.
- [10] R. Marie, O. Labbani-Igbida, and E. Mouaddib. The Delta Medial Axis : A fast and robust algorithm for filtered skeleton extraction. *Pattern Recognition*, 56 :26 – 39, August 2016.
- [11] N. Mohtaram, A. Radgui, G. Caron, and E. Mouaddib. Amift : Affine-mirror invariant feature transform. In *IEEE ICIP*, pages 893–897, Oct 2018.
- [12] F. Morbidi and G. Caron. Phase Correlation for Dense Visual Compass from Omnidirectional Camera-Robot Images. *IEEE RA-L*, 2(2) :688–695, April 2017.
- [13] E. Mouaddib, G. Caron, D. Groux-Lecllet, and F. Morbidi. Le patrimoine “in silico”. Exemple de la cathédrale d'Amiens. In *Situ, revue des patrimoines*, accepté à paraître en 2019.



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

■ Rainbow : Sensor-based Robotics and Human Interaction

IRISA/Inria/ Rainbow
CNRS

<https://team.inria.fr/rainbow/>

Paolo ROBUFFO GIORDANO

prg@irisa.fr

Membres impliqués¹⁰

- Paolo ROBUFFO GIORDANO, DR CNRS
- Marie BABEL, MCF INSA
- Julien PETTRÉ, DR Inria

Thématique générale de l'équipe

The long-term vision of the Rainbow team is to develop the next generation of sensor-based robots able to navigate and/or interact in complex unstructured environments *together* with human users : on the one hand, empower robots with a *large degree of autonomy* for allowing them to effectively operate in non-trivial environments; on the other hand, include *human users* in the loop for having them in (partial and bilateral) control of some aspects of the overall robot behavior. Within Rainbow, we address these challenges from the **methodological**, **algorithmic** and **application-oriented** perspectives. Our main application areas involve, e.g., remote tele-manipulation robot arm(s), where the arm(s) need to coordinate their motion for approaching/grasping objects of interest under the guidance of a human operator ; single and multiple mobile robots for spatial navigation tasks (e.g., exploration, surveillance, mapping) ; medical robotics, in which the "manipulators" are replaced by the typical tools used in medical applications (ultrasound probes, needles, cutting scalpels) for semi-autonomous probing and intervention ; direct physical "coupling" between human users and robots (rather than a "remote" interfacing), such as the case of assis-

tive devices used for easing the life of impaired people.

Description des travaux

The Rainbow team contributes to the theme *IA & Robotique mobile* with several research activities.

Sensor-based control and state estimation for single/multiple UAVs.

Over the last years we have given several contributions to the sensor-based control/state estimation for single or multiple UAVs with a particular focus on the use of onboard cameras as main sensing modality. In particular, we have considered how to apply visual servoing techniques for controlling the pose of the UAV and let it navigate in a cluttered environment via online trajectory re-planning (MPC-like) [6, 4, 5]. In the multi-robot case, we have extensively treated the case of *bearing-based* formation control and localization, where *3D bearings* w.r.t. the neighboring UAVs (unit vectors in 3D that can be extracted by onboard cameras) are taken as available measurements [7, 8], by also considering the problem of maintaining *formation rigidity* when considering a complex sensor model representative of onboard cameras (min/max distance, limited fov and occluded visibility) [8].

Shared Control of a Wheelchair for Navigation Assistance.

Power wheelchairs allow people with motor disabilities to have more mobility and independence. However, driving sa-

10. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Robotique Mobile & IA.



fely these vehicles is a daily challenge particularly in urban environments when encountering obstacles or when dealing with uneven ground. In this context, we have proposed several shared-control algorithms for providing assistance while navigating among obstacles [3] and to prevent falls of patients with disabilities [1]. Indeed, for wheelchair users, falls typically occur during transfer between the bed and the wheelchair and are mainly due to a bad positioning of the wheelchair; we can use ultrasonic sensors for detecting falls and automatically drive the wheelchair near the bed at an optimal position.

Robot-Human Interactions during Locomotion. We are also active in designing robot navigation algorithms for making them capable of safely moving through a crowd of people. In particular, we focus (among others) on the study of human gaze behaviour during locomotion, since the obtained results can be directly exploited for proposing relevant navigation control techniques for robots and make them more adapted to move among humans [9, 2].

Références

- [1] Aline Baudry, Sylvain Guegan, and Marie Babel. Prise en compte du comportement des roues folles dans la cinématique des fauteuils roulants électriques. In *IFRATH 2018 - 10ème Conférence sur les Aides Techniques pour les Personnes en Situation de Handicap, Handicap*, 2018.
- [2] José Grimaldo Da Silva Filho, Anne-Hélène Olivier, Armel Crétual, Julien Pettré, and Thierry Fraichard. Human inspired effort distribution during collision avoidance in human-robot motion. In *RO-MAN 2018 - 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pages 1111–1117. Springer, 2018.
- [3] Louise Devigne, François Pasteau, Marie Babel, Vishnu K Narayanan, Sylvain Guegan, and Philippe Gallien. Design of a haptic guidance solution for assisted power wheelchair navigation. In *SMC2018 - IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Miyazaki, Japan, 2018. IEEE.
- [4] B. Penin, P. Robuffo Giordano, and F. Chaumette. Vision-Based Reactive Planning for Aggressive Target Tracking while Avoiding Collisions and Occlusions. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(14) :3725–3732, 2018.
- [5] B. Penin, P. Robuffo Giordano, and F. Chaumette. Minimum-Time Trajectory Generation Under Intermittent Measurements. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(1) :153–160, 2019.
- [6] B. Penin, R. Spica, P. Robuffo Giordano, and F. Chaumette. Vision-based minimum-time trajectory generation and control of a quadrotor UAV. In *IROS IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2017.
- [7] F. Schiano, A. Franchi, D. Zelazo, and P. Robuffo Giordano. A rigidity-based decentralized bearing formation controller for groups of quadrotor UAVs. In *IROS IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2016.
- [8] F. Schiano and P. Robuffo Giordano. Bearing rigidity maintenance for formations of quadrotor UAVs. In *ICRA International Conference on Robotics and Automation*, 2017.
- [9] Christian Vassallo, Anne-Hélène Olivier, Philippe Souères, Armel Crétual, Olivier Stasse, and Julien Pettré. How do walkers behave when crossing the way of a mobile robot that replicates human interaction rules? *Gait and Posture*, 60 :188–193, 2018.



■ SIAM : Signal Image et AutoMatique

IBISC / SIAM
Univ Evry, Université Paris Saclay
<https://www.ibisc.univ-evry.fr/equipe/siam/>

Dalil ICHALAL

dalil.ichalal@ibisc.univ-evry.fr

Vincent VIGNERON

vincent.vigneron@ibisc.univ-evry.fr

Membres

- Naïma AIT OUFROUKH, MCF
- Hichem ARIOUI, MCF
- Fabien BONARDI, MCF
- Samia BOUCHAFA-BRUNEAU, PR
- Gilney DAMM, MCF
- Dominique FOURER, MCF
- Hicham HADJ ABDELKADER, MCF
- Sylvie LELANDAIS, PR
- Hichem MAAREF, PR
- Saïd MAMMAR, PR
- Lamri NEHAOUA, MCF
- Najet NEJI, MCF
- Lydie NOUVELIÈRE, MCF
- Justin PLANTIER, Membre associé
- Nicolas SÉGUY, MCF
- Claire VASILJEVIC, MCF

Thématique générale

L'équipe SIAM se caractérise par ses recherches fondamentales et appliquées dans les transports (véhicules aériens et terrestres), l'énergie, le développement durable et la santé. On peut classer les travaux de l'équipe selon les méthodes basées *modèles* ou basées *données*. La première catégorie regroupe toutes les activités reliées à l'automatique, la seconde à l'apprentissage, au signal et à l'image. La perception dynamique se place à l'interface, en interaction avec les deux aspects modèles et données. L'équipe s'intéresse essentiellement aux challenges scientifiques relatifs à l'observation et au contrôle des systèmes dynamiques, à la

modélisation et à la stabilité des systèmes dynamiques, au diagnostic et au contrôle tolérant aux défauts, à la planification de trajectoires, à la perception dynamique, à la reconnaissance de forme. Les travaux menés s'articulent autour de trois axes.

Complexité & Systèmes Cyber-Physiques

L'expertise de l'équipe sur l'estimation et l'observation de systèmes dynamiques non linéaires consiste en des travaux sur l'estimation d'état et des entrées inconnues qui englobent, non seulement les modèles de type Takagi-Sugeno (TS) mais également les systèmes linéaires à paramètres variants LPV où les paramètres sont supposés connus et indépendants des variables d'état du système et les modèles quasi-LPV dont les paramètres peuvent dépendre des variables d'état du système.

L'objectif est de construire des observateurs d'état et des observateurs d'état robustes dont les paramètres dépendent de l'état et en présence d'entrées inconnues (perturbations, bruits de mesure, défauts). Ces observateurs permettent d'estimer ou d'isoler des défauts qui seront utilisés pour la configuration des lois de commande tolérantes aux pannes ou la minimisation des effets de ces défauts sur les performances du système. Ces travaux théoriques ont trouvé pour application les véhicules à quatre et deux roues ainsi que les systèmes aérospatiaux (dirigeables, drones et fusées dans le cadre du projet PERSEUS, piloté par le CNES).

L'activité de l'équipe sur les véhicules terrestres



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

ou aériens occupe une place importante dans le bilan scientifique du laboratoire. Le positionnement de ses recherches sur les 2-roues est original dans un contexte socio-économique à enjeux : celui de la sécurité routière et de la formation. Au cœur de l'expertise en modélisation/identification, le principe de Jourdain et des techniques d'identifications paramétriques [2], l'estimation d'état utilisant les méthodes théoriques (LPV, TS, algébriques) et des techniques de contrôle basées mode glissant pour un freinage optimal [3] ont été développés.

Analytique et représentation des signaux

Ici, les problématiques se concentrent sur le diagnostic des maladies neurodégénératives dans le contexte de données rares et de grandes dimensions. Cette situation nous oblige à développer des techniques de représentation *lean* des données pour réaliser ensuite une classification/régression robuste. Deux approches portent ces travaux : une approche algébrique issue de la théorie de la décomposition des tableaux et une approche dite neuronale. La décomposition d'une matrice, d'image 2D ou 3D, de tenseur, de signaux multicanaux est comprise comme un problème inverse dans lequel des données potentiellement de grande dimension, hétérogènes ou non peuvent être « expliquées » par des variables dites *latentes* moins nombreuses et dotées de propriétés explicatives spécifiques comme la *sparsité* ou la *non-négativité*. *A contrario* les neurones cachés d'une machine de Boltzmann ou les réseaux convolutifs profonds (CNN) produisent des représentations structurées optimales en vue d'une tâche et soulèvent des questions cruciales sur la détection et la reconnaissance d'objets, l'estimation du mouvement, *etc.* à relier avec des questions d'optimisation, de sur-apprentissage ou de mémorisation de patterns. Ils permettent d'identifier par exemple avec une grande précision les crises de patients parkinsoniens.

Perception dynamique La perception étudiée ici est centrée sur la vision dynamique et s'organise autour de plusieurs contributions en analyse du mouvement [4] en odométrie visuelle et dans le domaine de la saillance visuelle par analyse de séquences d'images. Le point de vue privilégié est une vision dynamique dense (par opposition aux approches éparées basées « primitives ») associée à des processus de décision cumulatifs [1] et à une analyse qualitative des propriétés du flot optique (considéré comme immédiatement disponible à partir d'une séquence d'images). L'analyse qualitative dépendra de l'objectif recherché comme par exemple détecter une structure planaire ou déterminer le mouvement 3D du capteur en mouvement. Les approches sont qualitatives et basées « modèle » : on analyse les propriétés du champ des vecteurs déplacements 2D afin d'extraire des informations sur le mouvement 3D et la structure de la scène ; on choisit de faire coopérer plusieurs processus de vision avant même d'envisager la coopération entre le capteur visuel et d'autres capteurs.

Références

- [1] S. Bouchafa. Décision cumulative pour la vision dynamique des systèmes. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 202 :2–27, 2013.
- [2] L. Nehaoua *et al.* Dynamic modelling of a two-wheeled vehicle : Jourdain formalism. *Vehicle System Dynamics*, 51(5) :648–670, February 2013.
- [3] M. Dabladji *et al.* Toward a Robust Motorcycle Braking. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25(3) :1052–1059, May 2017.
- [4] Q. Nie *et al.* Model-based Optical Flow For Large Displacements and Homogeneous Regions. In *IEEE ICIP 2013*, pages 3865–3869, September 2013.



■ SMA : L'équipe Systèmes Multi-Agents du LIRIS

Équipe Systèmes Multi-Agents
Laboratoire LIRIS, Université Lyon 1
<https://liris.cnrs.fr/equipe/sma>

Salima HASSAS
salima.hassas@univ-lyon1.fr

Membres impliqués¹¹

- Salima HASSAS, PR
- Frédéric ARMETTA, MCF
- Laëtitia MATIGNON, MCF

Thématique générale de l'équipe

L'équipe SMA du LIRIS s'intéresse au développement de systèmes intelligents, autonomes, ayant des capacités cognitives, en utilisant l'apprentissage par renforcement multi-agent (MARL) et l'apprentissage constructiviste/développemental et en s'appuyant sur différentes techniques, dont les réseaux de neurones, l'apprentissage profond et la curiosité artificielle.

Description des travaux

Les travaux de l'équipe portent d'une part sur les véhicules semi-autonomes/autonomes et les flottes de robots, capables de développer des politiques de contrôle décentralisées, impliquant l'observation, la construction de représentation (modèle prédictif), la prise de décision et la coordination.

Projet COMODYS : COoperative Multi-robot Observation of DYnamic human poSes. Le projet COMODYS¹² est transversal aux équipes SMA du LIRIS et CHROMA du CITI/INRIA. Il s'intéresse à l'observation par une flotte de robots mobiles d'une scène complexe (cf. Fig. 1.2a), définie comme un individu

réalisant une séquence d'activités dans un espace limité. Les robots doivent coopérer pour se positionner autour de la scène de sorte à maximiser l'observation jointe de la pose articulée¹³, ce qui pourrait alors améliorer les résultats de classification des systèmes de reconnaissance d'activité.

Pour attaquer ce problème, nous avons proposé un modèle original de navigation concentrique permettant à chaque robot de maintenir son observation sur la scène (cf. Fig. 1.2a). Pour la recherche de la position jointe maximisant l'observation, une exploration exhaustive de l'espace des positions jointes serait très longue et impossible à considérer avec des robots réels. De plus, étant donné l'aspect dynamique de la scène observée (changement d'activités, occlusions dynamiques), la capacité d'adaptation et de réactivité de la flotte est primordiale. Nous avons donc proposé une méthode d'exploration efficace, guidée par des meta-heuristiques, et combinée à une cartographie incrémentale de l'espace de navigation [5].

Notre approche a été évaluée expérimentalement sur une plateforme composée de plusieurs robots Turtlebots2¹⁴ [6]. Une cartographie hybride pour l'observation multirobot d'une scène humaine a été proposée et combinée à un module de décision multirobot distribué et en ligne [4].

Projet MASCAT : Multi-Agents Simulator for Connected and Autonomous Tra-

11. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Robotique mobile et IA.

12. Financé par la Fédération Informatique de Lyon.

13. La pose articulée est définie comme le squelette segmenté en un ensemble d'articulations.

14. Vidéo : <https://projet.liris.cnrs.fr/crome/wiki/doku.php?id=demoaamas2018>

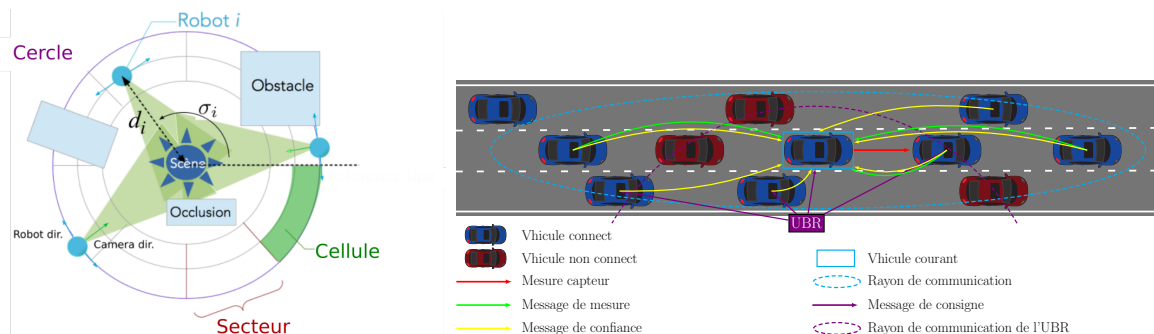


Figure 1.2 – (a) Modèle de navigation concentrique pour l'observation multirobot d'une scène. (b) Simulateur de trafic de véhicules mixtes.

fic. Ce projet réalisé dans le cadre de la thèse de Maxime Guériaux, en collaboration avec l'IFSTTAR avait pour objectif de proposer d'une part un simulateur de trafic de véhicules mixtes (connectés et non connectés, cf. Fig. 1.2b) et d'autre part deux modèles :

- un modèle à 3 couches permettant de coupler la dynamique physique, la dynamique issue de la communication (échange de messages) et la dynamique induite par un réseau de confiance entre véhicules permettant de combler la défaillance des capteurs. Ce modèle implémenté sur le simulateur a permis de montrer son efficacité pour homogénéiser le trafic et absorber complètement les congestions à partir de 40% de véhicules connectés ([video ici](#)) [3].
- un modèle de contrôle décentralisé, permettant de construire par apprentissage constructiviste à la fois la représentation de l'état du trafic et la stratégie de contrôle à adopter. Ce modèle a pu être expérimenté sur des données réelles et montrer son efficacité [1][2] ¹⁵.

Références

[1] M. Guériaux, F. Armetta, S. Hassas, R. Billot, and NE El Faouzi. A constructivist approach for a self-adaptive decision-

making system : Application to road traffic control. In *ICTAI 2017*, pages 670–677, 2017.

- [2] M. Guériaux, F. Armetta, S. Hassas, R. Billot, and NE El Faouzi. Apprentissage constructiviste à base de systèmes multi-agents. une application au problème complexe de la régulation coopérative du trafic. In *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 32/2, pages 249–277, 2018.
- [3] M. Guériaux, R. Billot, NE El Faouzi, S. Hassas, and F. Armetta. Multi-agent dynamic coupling for cooperative vehicles modeling. In *AAAI*, pages 4276–4277, 2015.
- [4] L. Matignon, S. D'Alu, and O. Simonin. Multi-robot human scene observation based on hybrid metric-topological mapping. In *European Conference on Mobile Robots*, pages 1–6, 2017.
- [5] L. Matignon and O. Simonin. Multi-robot simultaneous coverage and mapping of complex scene - comparison of different strategies. In *AAMAS*, pages 559–567, 2018.
- [6] L. Matignon and O. Simonin. Multi-robot simultaneous coverage and mapping of complex scene - demonstration. In *AA-MAS*, pages 1826–1828, 2018.

15. La première version de cet article a obtenu le prix du meilleur papier à JFSMA'2017



■ SRI : Service Robotique Interactive

SRI
CEA List

[www-list.cea.fr/recherche-technologique/
programmes-de-recherche/manufacturing-avance/
robotique-collaborative](http://www-list.cea.fr/recherche-technologique/programmes-de-recherche/manufacturing-avance/robotique-collaborative)

Yann PERROT
yann.perrot@cea.fr

Membres impliqués ¹⁶

- François-Xavier RUSSOTTO, Chercheur
- Eric LUCET, Chercheur
- Xavier LAMY, Chercheur

Thématique générale de l'équipe

Le Service de Robotique Interactive (SRI) conçoit et met au point des robots collaboratifs (« cobots ») sensibles en effort, précis et sûrs, qui interagissent avec un opérateur humain : répartition des tâches au sein d'un espace de travail commun, assistance au geste ou au port d'une charge. C'est dans ce contexte qu'il assure entre autre une activité de robotique mobile autonome. En particulier, la thématique robotique mobile développée est axée sur la supervision, la génération de tâches et de trajectoires, l'observation et la commande de tous types d'architectures de véhicules, dans un souci de navigation précise. Les chercheurs s'appuient sur leurs compétences en mécanique, électronique, automatique et informatique.

Description des travaux

Plusieurs travaux sont menés en lien avec la thématique robotique mobile & IA.

Parmi ceux-ci, l'utilisation de méthodes d'apprentissage est investiguée pour le réglage en temps réel des gains des lois de commande et des observateurs d'état. L'appren-

tissage d'une fonction qui prédit *a priori* les meilleurs gains à partir d'informations relatives à l'état du robot, dont en particulier la précision estimée des mesures, est réalisé. Cette fonction est estimée par un réseau de neurones configuré via un apprentissage évolutif de type CMA-ES [1].

D'autres travaux de plus haut niveau concernent la génération de tâches d'une flotte de robots AGV en environnement logistique plus ou moins complexe. Il s'agit de sélectionner les robots les plus pertinents pour effectuer un ensemble de tâches de transports de marchandises, dont certaines peuvent être difficilement accessibles, dans un entrepôt en un temps minimum. Pour ce faire, le scénario envisagé est conceptualisé par un ensemble d'actions possibles dans un espace d'état pouvant présenter des incertitudes (présence de personnes, colis déplacés, etc.). En s'appuyant sur des travaux de référence [2] une planification hiérarchique de tâches est alors proposée en fonction de la configuration courante.

Références

- [1] N. Hansen. The CMA Evolution Strategy : A Tutorial. In *CoRR journal*, 2016.
- [2] L. P. Kaelbling, and T. Lozano-Pérez. Integrated Task and Motion Planning in Belief Space. In *International Journal of Robotics Research*, volume 32, number 9-10, pages 1194–1227, 2007.

16. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique robotique mobile & IA.



■ SyRI : Systèmes Robotiques en Interaction

Heudiasyc/SyRI
UMR CNRS 7253 Université de Technologie de
Compiègne
[www.hds.utc.fr/recherche/equipes-de-recherche/
syri-systemes-robotiques-en-interaction.html](http://www.hds.utc.fr/recherche/equipes-de-recherche/syri-systemes-robotiques-en-interaction.html)

Véronique CHERFAOUI
veronique.cherfaoui@hds.utc.fr

Pedro CASTILLO
pedro.castillo@hds.utc.fr

Membres

- Philippe BONNIFAIT, PR
- Pedro CASTILLO, CR CNRS
- Ali CHARARA, PR
- Véronique CHERFAOUI, PR
- Franck DAVOINE, CR CNRS
- Jérôme DE MIRAS, MCF
- Reine TALJ, CR CNRS
- Indira THOUVENIN, ECC
- Philippe XU, MCF
- Rogelio LOZANO, DR CNRS
- Boris VIDOLOV, MCF

Thématique générale de l'équipe

Principalement ancrée dans le domaine de l'automatique au sens large, notre équipe comprend des chercheurs spécialistes dans les disciplines de la fusion multicapteur, la localisation, l'image et la vision 3D, la réalité augmentée, le contrôle-commande et la planification. On s'intéresse donc à la commande et l'observation de robots mobiles (véhicules autonomes, mini-drones) devant interagir avec leur environnement, un opérateur humain et/ou d'autres robots avec une certaine autonomie. La compréhension de scène, la prise en compte de l'incertitude, la sélection de données pertinentes, la décision sous contraintes, la planification, l'apprentissage statistique, les systèmes multi-agents, *etc.*, sont autant d'enjeux auxquels nous sommes confrontés et qui relèvent tous de l'intelligence artificielle.

Perception robotique pour les véhicules intelligents

Il semble aujourd'hui acquis que la perception des véhicules intelligents ne peut se faire sans l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage performants. Dans le domaine de la segmentation et l'analyse de scène à partir de séquences d'images, nous apportons des contributions théoriques et applicatives [3, 2, 7]. Certains capteurs intègrent des algorithmes d'IA permettant de faire la détection de véhicules, piétons, marquages au sol, panneaux en temps réel. Leur utilisation pose le problème de la modélisation de la confiance des données issues de ces capteurs pour la navigation autonome. La gestion de la confiance et des incertitudes est un aspect fondamental dans la thématique de fusion multicapteur que nous développons au laboratoire.

La problématique de l'intégrité traitée dans le laboratoire commun avec Renault SIVALab, est intimement liée à l'IA dans le sens où nous cherchons à éviter, avec un risque très faible, les mauvaises décisions du système dues à des informations erronées et trompeuses. L'un des enjeux est de trouver un compromis entre une complexité du modèle suffisamment forte pour bien modéliser le système et suffisamment faible pour pouvoir manipuler statistiquement les erreurs de modèle en temps réel dans un système embarqué [6].



Planification et contrôle des systèmes complexes

L'étude des systèmes de transport intelligents nous a amené à considérer les véhicules autonomes coopératifs ou les flottes de drones comme des systèmes de systèmes. Nous avons aussi proposé une architecture de haut niveau inspirée des systèmes de coopération multiagent afin d'organiser et de gérer à la fois la complexité du système global et les parties prenantes. Des algorithmes basés sur la théorie du consensus ont été proposés et adaptés au vol en flotte de quadri-rotors permettant ainsi une navigation en mouvement collectif tout en évitant les collisions mutuelles [1, 4].

Dans le cas de la planification de trajectoires des véhicules autonomes, nous explorons des méthodes permettant de prendre en compte les incertitudes sur la connaissance du système. Ainsi, nous nous sommes intéressés aux méthodes de type MDP et aux méthodes basées sur l'inférence logique pour la planification dans des grilles d'occupation [8].

Interaction avec l'humain

L'apprentissage de l'autonomie d'un robot grâce aux interactions avec un opérateur humain est un domaine qui nous intéresse. Cela implique des algorithmes de reconnaissance de geste, d'apprentissage d'indicateurs d'autonomie, d'interface homme-machine, relevant du domaine de l'IA [5]. A l'inverse, donner des retours adaptatifs à l'utilisateur sur son action, implique une représentation de la situation dans des environnements virtuels informés qui sont à la croisée de la réalité virtuelle et de l'IA.

Références

- [1] M. A. Assaad, R. Talj, and A. Charara. Cooperative Lateral Maneuvers Manager for Multi-Autonomous Vehicles. In *IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2018)*, Miyazaki, October 2018.
- [2] J-B. Bordes, F. Davoine, P. Xu, and T. Denoeux. Evidential grammars : A compositional approach for scene understanding. application to multimodal street data. *Applied Soft Computing*, 61 :1173 – 1185, 2017.
- [3] R. Bunel, F. Davoine, and P. Xu. Detection of Pedestrians at Far distance. In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2016)*, pages 2326–2331, Stockholm, May 2016.
- [4] Z. Hou and I. Fantoni. Interactive leader-follower consensus of multiple quadrotors based on composite nonlinear feedback control. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 26(5) :1732–1743, September 2018.
- [5] S. Jugade, A. C. Victorino, V. Cherfaoui, and S. Kanarachos. Sensor based Prediction of Human Driving Decisions using Feed-forward Neural Networks for Intelligent Vehicles. In *Int. Conference on Intelligent Transportation Systems*, pages 691–696, Hawaii, November 2018.
- [6] F. Li, P. Bonnifait, and J. Ibanez-Guzman. Map-Aided Dead-Reckoning With Lane-Level Maps and Integrity Monitoring. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 3(1) :81–91, March 2018.
- [7] X. Li, Y. Grandvalet, and F. Davoine. Explicit Inductive Bias for Transfer Learning with Convolutional Networks. In *35th Int. Conf. on Machine Learning (ICML 2018)*, Stockholm, July 2018.
- [8] H. Mouhagir, R. Talj, V. Cherfaoui, F. Guillemard, and F. Aioun. A Markov Decision Process-based approach for trajectory planning with clothoid tentacles. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pages 1254–1259, Göteborg, June 2016.



■ IRT SystemX : Equipe IA, Data Science, Traitement d'Images et du Signal

IRT SystemX
www.irt-systemx.fr

Loic CANTAT

loic.cantat@irt-systemx.fr

Georges HEBRAIL

georges.hebrail@irt-systemx.fr

Membres

- Ahmed AMRANI, Ing.Chercheur
- Fereshteh ASGARI, Ing.Chercheur
- Raphaël BRAUD, Ing.Chercheur
- Hatem HAJRI, Ing.Chercheur
- Jeanine HARB, Ing.Chercheur
- Nacereddine HARKATI, Ing.Chercheur
- Mohamed Ibn KHEDHER, Ing.Chercheur
- Mostepha KHOUADJIA, Ing.Chercheur
- Yacine MEZALI, Ing.Chercheur
- Vanessa PALMIER, Ing.Chercheur
- Jitendra RATHORE, Ing.Chercheur
- Nicolas REBENA, Ing.Chercheur
- Mallek SALLAMI-MZIOU, Ing.Chercheur
- Boussaad SOUALMI, Ing.Chercheur
- Sana TMAR, Ing.Chercheur

Thématique générale de l'équipe

Les travaux de l'équipe se focalisent sur les thématiques suivantes :

- Génération et préparation des données : apprentissage depuis des données synthétiques, GAN et données réelles.
- Traitements spécifiques aux typologies de capteurs suivants : LIDAR / Radar / Vidéo / Séries Temporelles.
- Traitement d'image/vidéo : calibration et fusion avec données LIDAR, détection et classification d'objets.
- Réseaux et communications : intégration de Machine Learning dans les IDS (Intrusion Detection Systems).
- Traitement du signal : analyse de vibrations, maintenance prédictive, fabrication additive.

Ces thématiques sont mises en oeuvre dans plusieurs secteurs applicatifs :

- Cybersécurité : détection d'attaques cyber.
- Transport autonome : évaluation de la performance des réseaux de neurones, perception basée sur la fusion, caractérisation de capteurs.
- Energie : estimation de consommation énergétique basée sur des sources multiples.
- Mobilité : prédiction de trafic urbain, détection d'incident, optimisation du trafic.
- Industrie : maintenance prédictive, optimisation de processus de fabrication.

Description des travaux

Parmi les travaux menés par l'équipe, plusieurs projets sont dédiés à la conception et la mise en oeuvre de la conduite automatisée et des véhicules autonomes.

Le projet [LRA - Localisation – Réalité augmentée](#) - a développé des nouvelles IHM basées sur la réalité augmentée pour l'automatisation de la conduite automobile et ferroviaire, et a étudié des solutions de localisation plus précises des véhicules (voir [2], [4], [3], [5], [6]).

Le projet [SVA - Simulation pour la sécurité du véhicule autonome](#) - a pour objectif de développer une plateforme et des outils de simulation pour permettre de concevoir des véhicules autonomes sûrs et de les valider (voir [1], [7]).

Le projet [TAS - Transport terrestre Autonome en Sécurité dans son Environnement](#) - a pour objectif de concevoir un système de perception de l'environnement s'appuyant sur



une combinaison de capteurs complémentaires (radars, lidar caméras, etc.). Ce système et son environnement sont dans un premier temps modélisés en laboratoire pour tester les critères de choix technologiques des capteurs et assurer une première validation virtuelle. Puis viendront des essais sur site en grandeur réelle sur une locomotive de la SNCF.

Deux projets viennent d'être lancés autour des véhicules autonomes. Le projet EPI (Évaluation des Performances de systèmes de décision à base d'IA) a pour objectif de définir une méthodologie d'évaluation des performances des systèmes de décision à base d'IA (en particulier ceux à base de machine learning et de réseaux de neurones), dans le contexte du transport autonome et de l'environnement complexe incertain. Le projet se focalise sur deux cas d'usage : automobile et maritime. Le projet SVR (Scénarios Véhicules Robot-Taxis et navettes autonomes) a pour objectif de construire un référentiel partagé par la filière navette et robot-taxi autonomes, pour l'évaluation et la validation de la sûreté de fonctionnement de leurs systèmes par la simulation numérique. Ce référentiel comprendra un langage commun et une bibliothèque de scénarios qui serviront à générer des cas de test dans des environnements virtuels.

Sur un sujet différent, celui de la fabrication additive, le projet [CDF - Conception des Directives de Fabrication](#) - a plusieurs objectifs faisant appel à l'IA : la prédiction des temps de fabrication, des zones d'accumulation ou de manque de matière en tenant compte des cinématiques machine, la simulation de la géométrie résultant du dépôt de matière et la détection des zones à risque de collision au fur et à mesure du processus de fabrication, le pilotage et l'optimisation des trajectoires pour la fabrication.

Références

- [1] C.Mraidha A.Charfi Smaoui, F.Liu. A model based system engineering methodology for an autonomous driving system design. *25th ITS World Congress, Copenhagen, Denmark, 2018.*
- [2] S.Langlois B.Soualmi. Augmented reality versus classical hud to take over from automated driving : an aid to smooth reactions and to anticipate maneuvers. *IEEE-ITSC, International Conference on Intelligent Transportation Systems, Rio de Janeiro, 2016.*
- [3] C.Guo. A cooperative control architecture for automated driving system. *ITS World Congress, Bordeaux, France, 2015.*
- [4] B.Soualmi JB. Haué JC.Popieul C.Guo, C.Sentouh. Adaptive vehicle longitudinal trajectory prediction for automated highway driving. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Gothenburg, Sweden, 2016.*
- [5] JC.Popieul B.Soualmi JB.Haué C.Guo, C.Sentouh. Shared control framework applied for vehicle longitudinal control in highway merging scenarios. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Hong-Kong, China, 2015.*
- [6] JC.Popieul JB.Haué S.Langlois JJ.Loeillet B.Soualmi T.Nguyen That C.Guo, C.Sentouh. Cooperation between driver and automated driving system : Implementation and evaluation. *Transportation Research Part F, 2017.*
- [7] R.Kerneis E.Arbaretier L.Zhao F.Meurville J.Van Frank M.Tlig, M.Machin. Autonomous driving system : Model based safety analysis. *IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN), Luxembourg, 2018.*



AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Comptes rendus de journées, événements et conférences



■ 1^{re} Journée Enseignement et Formation en Intelligence Artificielle (EFIA 2019)

Par

Sandra BRINGAY

LIRMM/ADVANCE

Université de Montpellier 3

Sandra.Bringay@lirmm.fr

Catherine FARON-ZUCKER

I3S/SPARKS

Université de Nice Sophia Antipolis

faron@unice.fr

Gauthier PICARD

Laboratoire Hubert Curien

UMR CNRS 5516

Mines Saint-Etienne

Institut Henri Fayol

picard@emse.fr

L'Association Française pour l'Intelligence Artificielle (AfIA) a organisé sa première journée Enseignement et Formation en IA le 10 Janvier 2019 à l'Université Paris Nanterre, amphithéâtre Weber.

La journée avait deux objectifs : d'une part, réaliser un tour d'horizon des besoins des entreprises et de la société civile. D'autre part, de dresser un état de l'art des formations académiques en IA qui existent en France et qui participent à la démocratisation de son utilisation.

Programme de la journée (10/01/19)

09h00. Accueil

09h15. « Ouverture », par Hélène AJI (Vice-présidente en charge de la recherche de l'Université Paris Nanterre) et Gauthier PICARD (membre du CA de l'AfIA, co-organisateur de la journée)

09h30. « Présentation de l'AfIA », par Yves DEMAZEAU (président de l'AfIA)

10h00. « Regard sur l'IA en France vu du CNU section 27 », par Grégory BONNET (CNU

Section 27)

10h30. Pause

11h00. « Développement de compétence Analytics et IA, retour d'expérience Airbus et perspectives », par Bruno CARRON (Airbus)

11h30. « Retour sur la sémantique : comment caractériser et distinguer connaissance, intelligence et conscience artificielle », par Bernard GEORGES (Société Générale)

12h30. Buffet

14h00. « Évolution de l'enseignement en IA », par Jean-Gabriel GANASCIA (Sorbonne Université)

14h30. « La place de l'IA dans la formation au lycée », par Christine FROIDEVAUX (Université Paris-Sud)

15h00. « Les formations en Sciences de Données et Intelligence Artificielle à Sorbonne Université », par Vincent GUIGUE, Nicolas MAUDET (Sorbonne Université)

15h30. « Enseignement et formation en IA en ligne : retour d'expérience sur le MOOC *Web sémantique et Web de données* », par Catherine FARON-ZUCKER (Université Nice Sophia Antipolis)

16h00. « Pour une vision unifiée de l'intelligence artificielle : un nouvel ouvrage », par Odile PAPINI (Université Aix-Marseille)

16h30. Pause

17h00. « Table ronde : Quels sujets tutoriels pour PFIA 2019 ? », par Yves DEMAZEAU et Gauthier PICARD

18h00. Clôture

Résumé des interventions

Cette première édition a réuni une quarantaine de participants autour de l'enseignement et de la formation en intelligence artificielle.



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Après un discours de bienvenue de Mme AJI, vice-présidente en charge de la recherche de l'Université Paris Nanterre, qui accueillait gracieusement cette journée, Yves DEMAZEAU, président de l'AfIA, a brièvement présenté l'association avant de lancer la journée.

Le [point de vue de la section 27 du Conseil National des Universités](#), représentée par Grégory BONNET, en charge de la qualification des postulants aux postes d'enseignants-chercheurs en informatique, a permis d'identifier qu'actuellement une grande proportion (47,8%) des demandes de qualifications affiche un mot-clé relatif à l'IA, et qu'ainsi, le potentiel d'enseignants-chercheurs en IA en France est assez important, en rapport à d'autres disciplines de l'informatique.

Ceci peut notamment s'analyser au regard de [l'histoire de l'enseignement de l'IA en France](#), abordée par Jean-Gabriel GANASCIA. En effet, la thématique est apparue assez tôt dans les recherches des laboratoires français, puis a naturellement été enseignée dans des formations universitaires. L'intervention de Bernard GEORGES, de la Société Générale, aura également permis de préciser la sémantique et l'usage du terme « intelligence artificielle », à plusieurs niveaux d'abstraction. L'évolution de l'IA en France s'explique également par le besoin croissant de la société civile et industrielle de faire appel à ces techniques, comme l'a concrètement illustré la présentation de Bruno CARON d'Airbus.

Deux exemples de formations en science des données et en intelligence artificielle, proposées à l'UPMC, ont été présentées par leurs coordinateurs : le parcours de master « AgeNts Distribués, Robotique, Recherche Opérationnelle, Interaction, DEcision » ([ANDROIDE](#), par Nicolas MAUDET), et le parcours de master « Données Apprentissage Connaissances » ([DAC](#), par Vincent GUIGUE). Elles représentent parfaitement le type de formations of-

fertes en troisième cycle universitaire, au niveau master/ingénieur. Cependant, [les réformes de l'enseignement de l'informatique](#) dans le second cycle des études secondaires, présentées par Christine FROIDEVAUX, vont probablement faire entrer – certes de manière assez limitée – l'IA à partir du lycée, via les options Sciences numériques et technologie en seconde (1h30), puis Numérique et sciences informatiques en première (4h) et terminale (6h).

Deux interventions, sur des modalités et des supports de cours pour l'enseignement de l'IA ont été l'objet des deux dernières présentations. Catherine FARON-ZUCKER a notamment présenté son retour d'expérience sur la création et l'animation du MOOC « [Web sémantique et Web de données](#) », mis en œuvre pendant trois sessions de 2016 à 2017, et ayant réuni plus de 18 000 inscrits/apprenants. Enfin, Odile PAPINI a pu souligner la richesse des expertises en IA en France, par la présentation de la collection de trois ouvrages qu'elle a co-édité, chez Cepaduès en France [3, 1, 2], et bientôt chez Springer pour l'international. Ces supports seront certainement autant d'aides précieuses pour la préparation et l'animation de cours dans les nombreuses sous-thématiques de l'IA, dans les formations de troisième cycle.

Une table ronde autour des sujets de tutoriels à proposer lors de la Plate-Forme Intelligence Artificielle ([PFIA](#)), a clos cette journée, et a permis d'identifier plusieurs mots-clés et thématiques, qui ont été ensuite proposés aux différents collèges de l'AfIA, pour appropriation.

Les présentations des intervenants de cette journée sont accessibles sur le site de [l'AfIA](#).

La suite...

Cette journée, organisée par le groupe de travail « Enseignement » de l'AfIA, sera suivie cette année par des sessions tutorielles à PFIA, du 1er au 5 juillet 2019, à Toulouse. Face à son



succès et aux besoins réels et aux intérêts exprimés, une seconde édition d'EFIA sera organisée en janvier 2020.

Références

- [1] Pierre Marquis, Odile Papini, and Henri Prade, editors. *Algorithmes pour l'intelligence artificielle*, volume 2 of *Panorama de l'Intelligence Artificielle*. Cépaduès, 2014.
- [2] Pierre Marquis, Odile Papini, and Henri Prade, editors. *l'I.A. frontières et Applications*, volume 3 of *Panorama de l'Intelligence Artificielle*. Cépaduès, 2014.
- [3] Pierre Marquis, Odile Papini, and Henri Prade, editors. *Représentation des connaissances et formalisation des raisonnements*, volume 1 of *Panorama de l'Intelligence Artificielle*. Cépaduès, 2014.



■ Compte rendu de la 4^e journée IHM-IA

Par **Nicolas SABOURET**
LIMSI
Université Paris-Sud
Nicolas.Sabouret@limsi.fr

Présentation

L'Association française pour l'Intelligence Artificielle (AfIA) et l'Association Francophone d'Interaction Humain-Machine (AFIHM) avec le soutien de Télécom Paris-Tech et du CNRS ont organisé la quatrième journée IHM et IA.

L'objectif est toujours de rassembler les chercheurs, académiques ou industriels, qui s'intéressent à l'apport réciproque de l'IHM et de l'IA. Les thèmes de la journée portent donc sur des questions variées allant de la conception, l'usage et l'accessibilité des systèmes multimodaux au raisonnement automatique et à l'apprentissage automatique, en passant par la modélisation des facteurs humains et les sciences cognitives.

Participation

Jules FRANÇOISE (CNRS, LIMSI) et Baptiste CARAMIAUX (CNRS, LRI) pour l'AFIHM et Nicolas SABOURET (UPSUD, LIMSI) pour l'AfIA ont pris en charge l'organisation de cette journée.

Avec 130 inscrits (+30 % par rapport à la dernière édition en 2017), le succès de cette thématique ne se dément pas depuis sa création en 2013 (47 inscrits à l'époque). Les organisateurs ont reçu une vingtaine de propositions de présentation orale. Seule huit d'entre elles ont pu être conservées, et une session poster et démonstrations a permis d'accueillir les autres exposés.

Le nombre de participants et de propositions arrive à la limite de ce que peut accueillir

une journée commune et d'autres actions pourraient être envisagées à l'avenir.

Programme

La journée s'est déroulée en trois temps. Le matin, une présentation rapide des deux associations AfIA et AFIHM, suivie de quatre exposés scientifiques :

- Gilles BAILLY de l'ISIR (Paris) a présenté un ensemble de questions sur l'IA pour la conception et l'utilisation des systèmes interactifs. Il a partagé son expérience de chercheur en IHM confronté à l'utilisation d'algorithmes d'IA et sa vision d'une discipline qui marierait les deux domaines.
- Myriam FRÉJUS de EDF R&D (Saclay) a partagé son vécu en tant qu'ergonome sur la construction de systèmes coopératifs entre des utilisateurs et des systèmes autonomes. Elle a montré que le facteur humain, souvent mal pris en compte, était déterminant pour l'acceptation de tels systèmes.
- Camille JEUNET du CLLE (Toulouse) travaille dans le domaine des Interfaces Cerveau-Ordinateur. Au-delà de l'utilisation de techniques d'IA pour l'analyse des signaux cérébraux, elle a montré que l'IA pourrait améliorer l'entraînement et l'apprentissage des utilisateurs de telles interfaces de différentes manières : en prédisant mieux le résultat en fonction de l'état de l'utilisateur, en proposant des compagnons d'apprentissage et enfin en permettant la création de tutoriels adaptatifs.
- Quentin DEBARD du LIRIS (Lyon) a présenté un modèle d'apprentissage automatique pour des interfaces *multi-touch*. Il a montré comment les algorithmes d'intelligence artificielle pouvaient être utilisés pour la reconnaissance de gestes et pour la



conception de modèles d'interaction.

Les participants ont pu partager un déjeuner à Télécom ParisTech. Le début de l'après-midi a ensuite été consacré à quatre autres exposés scientifiques :

- Frédéric BEVILACQUA de l'IRCAM (Paris) a présenté ses travaux dans le domaine de l'analyse du mouvement pour la conception de systèmes interactifs de création artistique (en particulier dans le domaine musical). Ses travaux combinent des algorithmes d'apprentissage machine interactifs avec des problématiques d'IHM.
- Jean-Baptiste LOUVET de l'INSA Rouen a présenté un modèle d'intelligence artificielle qui s'appuie sur des motifs dialogiques pour concevoir et contrôler la collaboration humain-machine. Bien que le modèle ait été conçu dans le cadre d'une interaction verbale, il peut être étendu pour modéliser une interaction multimodale.
- Guy-André BOY de CentraleSupélec (Saclay) et de l'ESTIA (Paris) a présenté son expérience dans l'ingénierie des systèmes complexes à autonomie croissante. Alors que les systèmes deviennent de plus en plus autonomes, l'intégration de l'humain au cœur de ces systèmes interactifs est un défi qui fait appel à la fois à des questions d'IHM et d'IA.
- Wendy MACKAY du LRI (Saclay) a présenté ses travaux dans le domaine des systèmes d'interaction humain-machine dont l'objectif est d'arriver à un partenariat entre les deux acteurs. À travers plusieurs situa-

tions concrètes, elle a montré comment l'IHM et l'IA pouvaient permettre cette synergie.

Enfin, la dernière partie de la journée était consacrée à la présentation des posters et démonstrations. Sept travaux ont pu être présentés à cette occasion :

- Jérémy DERAMCHI (Université Bordeaux Montaigne, MICA E3D) sur la praxéologie et l'intelligence artificielle ;
- David GOMEZ (ESTIA) sur une nouvelle forme d'interaction gestuelle basée sur le langage SoundPainting ;
- Carla GRIGGIO (LRI) sur la conception de motifs gestuels pour l'interaction humain-machine sur système tactile ;
- Theo JAUNET (LIRIS) sur la visualisation interactive des connaissances apprises par les réseaux de neurones profonds ;
- Fabrice MAUREL (Université de Caen Normandie, GREYC, HULTECH) sur l'accès non visuel au Web par « Tag Thunder » ;
- Téo SANCHEZ (LRI) sur le coapprentissage dans des systèmes interactifs.

Conclusion

La journée a été un franc succès. Les présentations et la liste des participants sont disponibles sur [le site web dédié](#).

Les organisateurs tiennent à remercier l'Afia et l'AFIHM pour leur soutien, ainsi que TelecomParisTech pour avoir accueilli la journée et Bénédicte DALY du CNRS pour son aide dans l'organisation de la journée.



Afia
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Thèses et HDR du trimestre

Si vous êtes au courant de la programmation de soutenances de thèses ou HDR en Intelligence Artificielle cette année, vous pouvez nous les signaler en écrivant à redacteur@afia.asso.fr.



■ Thèses de Doctorat

Guillaume BURY

« [INTEGRATING REWRITING, TABLEAU AND SUPERPOSITION INTO SMT.](#) »

Supervision : *Gilles DOWEK*
David DELAHAYE
Mohamed IGUERNLALA

Le 08/01/2019, à l'Université de Sorbonne Paris Cite

Simon LUNEL

« [Parallelism and modular proof in differential dynamic logic](#) »

Supervision : *Jean pierre TALPIN*
Le 28/01/2019, à l'Université de Rennes 1

Ameur DOUIB

« [Algorithmes bio-inspires pour la traduction automatique statistique](#) »

Supervision : *Kamel SMAILI*
David LANGLOIS

Le 01/02/2019, à l'Université de Lorraine

Marianna GIRLANDO

« [Theorie de la demonstration des logiques conditionnelles](#) »

Supervision : *Nicola OLIVETTI*
Sara NEGRI

Le 08/02/2019, à l'Université de Aix-Marseille

Edwin SIMONNET

« [Reseaux de neurones profonds appliques a la comprehension de la parole](#) »

Supervision : *Yannick ESTEVE*
Nathalie CAMELIN

Le 12/02/2019, à l'Université de Le Mans

Sanjeel PAREKH

« [Apprentissage de representations pour l'analyse robuste de scenes audiovisuelles](#) »

Supervision : *Slim ESSID*
Gael RICHARD
Alexey OZEROV

Le 18/03/2019, à l'Université de Paris Saclay

Rim EI BALLOULI

« [Modelisation de la configuration automatique dans des systemes auto-adaptatifs bases sur l'architecture](#) »

Supervision : *Saddek BENSALEM*
Le 20/03/2019, à l'Université de Grenoble Alpes

■ Habilitations à Diriger les Recherches

Merci de nous faire parvenir les HDR en IA dont vous avez eu connaissance !



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

À PROPOS DE L'AfIA

L'objet de l'AfIA, Association Loi 1901 sans but lucratif, est de promouvoir et de favoriser le développement de l'Intelligence Artificielle (IA) sous ses différentes formes, de regrouper et de faire croître la communauté française en IA, et, à la hauteur des forces de ses membres, d'en assurer la visibilité.

L'AfIA anime la communauté par l'organisation annuelle de grands rendez-vous. Se tient ainsi chaque été une semaine de l'IA, la « Plate-forme IA » (PFIA 2017 Caen, PFIA 2018 Nancy, PFIA 2019 Toulouse) au sein de laquelle se tiennent la Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle (CNIA), les Rencontres des Jeunes Chercheurs en IA (RJCIA) et la Conférence sur les Applications Pratiques de l'IA (APIA) ainsi que des conférences thématiques invitées qui évoluent d'une année à l'autre, sans récurrence obligée.

Ainsi, PFIA 2019 hébergera du 1^{er} au 5 juillet 2019 à Toulouse, outre la 22^{es} CNIA, les 17^{es} RJCIA et la 5^e APIA, la 21^e CAP, les 30^{es} IC, les 14^{es} JFPDA, les 27^{es} JFSMA, les 13^{es} JIAF et la 26^e TALN-RECITAL.

Forte du soutien de ses 470 adhérents à jour de leur cotisation en 2018, l'AfIA assure :

- le maintien d'un [site web](#) dédié à l'IA reproduisant également les [Brèves](#) de l'IA
- une journée recherche sur les « Perspectives et Défis en IA » (PFIA 2018),
- une journée enseignement intitulée « Enseignement et Formation en IA » (EFIA 2019),
- une journée industrielle connue sous le nom « Forum Industriel en IA » (FIIA 2018),
- la remise annuelle d'un [prix de thèse](#) de Doctorat en IA,
- le soutien à plusieurs [collèges](#), actuellement au nombre de 5, ayant leur propre activité :
 - Collège Compétition (depuis octobre 2018),
 - Collège Industriel (depuis janvier 2016),
 - Collège Science de l'Ingénierie des Connaissances (depuis avril 2016),

- Collège Systèmes Multi-Agents et Agents Artificiels (depuis octobre 2016),
- Collège Représentation et Raisonnement (depuis avril 2017)
- la parution trimestrielle des [Bulletins](#) de l'AfIA, en accès libre à tous depuis le [site web](#),
- un lien entre adhérents sur les réseaux sociaux [LinkedIn](#), [Facebook](#) et [Twitter](#),
- le [parrainage](#) scientifique, mais aussi éventuellement financier, d'événements en IA,
- la diffusion mensuelle de [Brèves](#) sur les actualités de l'IA en France (envoi à brev@afia.asso.fr),
- la réponse aux consultations officielles ou officieuses (Ministères, Missions, Organismes),
- la réponse aux questions de la presse, écrite ou orale, également sur internet,
- la divulgation d'offres de [collaborations](#), de [formations](#), d'[emploi](#), de [thèses](#) et de [stages](#).

L'AfIA organise aussi mensuellement des journées communes avec d'autres associations. Sont d'ores et déjà prévues pour l'année 2019 des journées : IHM&IA avec l'AFIHM, EGC&IA avec EGC, RO&IA avec la ROADEF, MACS&IA avec le CNRS/GdR MACS, et RI&IA avec l'ARIA.

Enfin, l'AfIA encourage la participation de ses membres aux grands événements de l'IA, dont PFIA. Ainsi, les membres de l'AfIA, pour leur inscription à PFIA, bénéficient d'une réduction équivalente à deux fois le coût de leur adhésion, leur permettant d'assister à PFIA sur 5 jours au tarif de **114€ TTC** !

Rejoignez-vous vous aussi et [adhérez](#) à l'AfIA pour contribuer au développement de l'IA en France. L'adhésion peut être [individuelle](#) ou, à partir de cinq adhérents, être réalisée au titre de personne [morale](#) (institution, laboratoire, entreprise). Pour adhérer, il suffit de vous rendre sur le site des [adhésions](#) de l'AfIA.

Merci également de susciter de telles adhésions en diffusant ce document autour de vous !



CONSEIL D'ADMINISTRATION

Yves DEMAZEAU, *président*
Élise BONZON, *vice-présidente*
Catherine FARON-ZUCKER, *trésorière*
Sandra BRINGAY, *secrétaire*
Dominique LONGIN, *rédacteur*
Emmanuel ADAM, *webmestre*

Membres :

Alain BERGER, Gaël DIAS, Pierre FEILLET,
Marie LEFEVRE, Frédéric MARIS, Arnaud
MARTIN, Davy MONTICOLO, Philippe MORI-
GNOT, Gauthier PICARD, Laurent SIMON, Oli-
vier SIMONIN, Serena VILLATA

LABORATOIRES ET SOCIÉTÉS ADHÉRANT COMME PERSONNES MORALES

.....
Ardans, Berger Levrault, CRIL, CRISAL, Dassault Aviation, GRETTIA, GREYC, Huawei, I3S,
IBM, INRIA Sophia Antipolis Mediterranee, IRIT, ISAE-SUPAERO, Lab-STICC, LAMSADE, LE-
RIA, LGI2P, LHC, LIG, LIMICS, LIMSI, LIP6, LIPAPE, LIRIS, LIRMM, LITIS, MalAGE, Naver
Labs, MaiAGE, Renault, Thales, Veolia.

COMITÉ DE RÉDACTION

Emmanuel ADAM
Rédacteur
Emmanuel.Adam@univ-valenciennes.fr

Claire LEFÈVRE
Rédacteur
claire.lefevre@univ-angers.fr

Dominique LONGIN
Rédacteur en chef
Dominique.Longin@irit.fr

Philippe MORIGNOT
Rédacteur
philippe.morignot@vedecom.fr

■ Pour contacter l'Afia

Président

Yves DEMAZEAU
L.I.G./C.N.R.S., Maison Jean Kuntz-
mann
110, avenue de la Chimie, B.P. 53
38041 Grenoble cedex 9
Tél. : +33 (0)4 76 51 46 43
president@afia.asso.fr

Serveur WEB

<http://www.afia.asso.fr>

Adhésions, liens avec les adhérents

Catherine FARON-ZUCKER
tresorier@afia.asso.fr

■ Calendrier de parution du Bulletin de l'Afia

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Réception des contributions	15/12	15/03	15/06	15/09
Sortie	31/01	30/04	31/07	31/10