

## Sujets de stages de l'équipe Maia

Equipe Maia  
Campus Scientifique  
B.P 239  
54506 VANDOEUVRE-lès-NANCY CEDEX  
Contact stage : [Alain.Dutech@loria.fr](mailto:Alain.Dutech@loria.fr)

27 novembre 2014

# Table des matières

L'équipe MAIA . . . . .	2
Modalités pour postuler à un stage . . . . .	2
<b>Sujets de M2R</b> . . . . .	<b>4</b>
Planification automatique dans l'incertain avec objectifs multiples . . . . .	4
Modélisation de systèmes complexes par composition . . . . .	5
Localisation pour la robotique mobile . . . . .	7
Learning contact models for controlling the robot interacting with the environment. . . . .	8
Imitation learning of elementary tasks with contacts . . . . .	9
Learning the prioritization of tasks for whole-body control of robots . . . . .	10
Intuitive interfaces for programming robots by demonstration . . . . .	11

## L'équipe MAIA

L'équipe MAIA (<http://maia.loria.fr>) s'intéresse à la modélisation, la construction et la simulation de systèmes composés d'un ou plusieurs agents. Un agent peut prendre différentes formes : physique (comme un robot mobile, ou un robot d'anesthésie), et ou logiciel (softbot, par exemple un assistant intelligent) ou biologique (humains, insectes sociaux). Dans ce cadre, nos recherches s'articulent autour des thèmes suivants :

apprentissage, planification et intelligence collective

avec

décision dans l'incertain et modèles d'auto-organisation

pour

modéliser et interpréter des comportements collectifs  
ou individuels

- domaine médical  
(télé-diagnostic, personnes âgées)
- biologie du comportement  
(arthropodes sociaux)
- assistance aux utilisateurs et aux usagers  
(tourisme assisté par ordinateur avec le Cy-cab)

produire des comportements permettant à  
des agents artificiels de réaliser des tâches  
complexes

- robots mobiles
- robot d'anesthésie
- plateforme de communication  
pluri-média

en collaboration avec

Université du Massachussets, NASA, GIS Sciences de la cognition,  
projet Tissad, projet Oméga, société Gambro, société Juxta,  
société Kappa Ice, Radical Technologies et société MIC2

## Modalités pour postuler à un stage

Ce document présentent les différentes offres de stage de l'équipe MAIA du LORIA. Si vous êtes intéressé par l'un de ces sujets (et qu'il n'est pas déjà attribué à quelqu'un d'autre), veuillez s'il vous plaît prendre contact avec le responsable du sujet en question. Il est à noter que les sujets du M2R seront attribués en priorité à des étudiants en M2R.

Enfin, si vous voulez proposer un autre sujet de stage au sein de notre équipe, n'hésitez pas à contacter [Alain.Dutech@loria.fr](mailto:Alain.Dutech@loria.fr)

# Sujets de M2R

# Planification automatique dans l'incertain avec objectifs multiples

**Proposé par :** Olivier Buffet ([olivier.buffet@loria.fr](mailto:olivier.buffet@loria.fr), [www.loria.fr/~buffet](http://www.loria.fr/~buffet), 03.54.95.86.15)  
Vincent Thomas ([vincent.thomas@loria.fr](mailto:vincent.thomas@loria.fr), [www.loria.fr/~vthomas](http://www.loria.fr/~vthomas), 03.54.95.85.08)

## Problématique

L'équipe MaIA (MACHine Intelligente Autonome) s'intéresse à la modélisation, la construction et la simulation de systèmes composés d'un ou plusieurs agents. Ce stage se place plus précisément dans le cadre de la prise de décision autonome dans un environnement incertain, c'est-à-dire du problème de la planification d'actions successives pour atteindre un objectif malgré des incertitudes quant aux effets de ces actions. Ce problème est souvent formalisé via un *processus décisionnel de Markov* (MDP) et ses applications sont diverses, allant de la gestion de ressources énergétiques (incertitudes liées aux besoins comme aux sources de production) à la robotique mobile en passant par la protection d'espèces animales.

Ici, nous nous intéressons plus précisément au cas *multi-objectif* (/multi-critère) où l'on cherche à faire un compromis entre plusieurs objectifs. Or, si les MDP sont souvent résolus souvent à l'aide d'algorithmes reposant sur la programmation dynamique et/ou la recherche heuristique, dans le cas des moMDP (1) la programmation dynamique est très coûteuse, et (2) la recherche heuristique ne semble pas applicable. Notre objectif est de proposer une nouvelle approche de résolution des moMDP combinant programmation dynamique et recherche heuristique, et reposant sur la "déterminisation" du problème (transformer le problème stochastique en un problème équivalent déterministe), comme dans [1].

## Sujet

- Etudier les approches existantes de planification multi-objectif, dans les cas déterministes [3] comme stochastiques (avec incertitudes) [2].
- Etudier la méthode de déterminisation de problèmes multi-agents proposée dans [1], et adapter si possible cette méthode au cas multi-objectif (où chercher ce qui rendrait la chose impossible).
- Implémenter et évaluer empiriquement les algorithmes pour moMDP rencontrés ou proposés les plus pertinents.

## Compétences

C/C++ ou Java, Linux, Optimisation, notions de base sur les Probabilités.

## Références

- [1] , J. Dibangoye, C. Amato, O. Buffet and F. Charpillet, Optimally Solving Dec-POMDPs as Continuous-State MDPs. In *Proceedings of the Twenty-Third International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-13)*, 2013.
- [2] P. Perny and P. Weng, On finding compromise solutions in multiobjective Markov decision processes. In *Proceedings of the ECAI Multidisciplinary Workshop on Advances in Preference Handling*, 2010.
- [3] , B. S. Stewart and C. C. White III, Multiobjective A\*, In *Journal of the ACM*, 38(4), Oct. 1991.

# Modélisation de systèmes complexes par composition

**Proposé par :** Vincent Chevrier

## Informations générales

Encadrants	Vincent Chevrier	Benjamin Camus
Adresse	LORIA, Campus Scientifique - BP 239, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy	
Email	<a href="mailto:chevrier@loria.fr">chevrier@loria.fr</a>	<a href="mailto:bcamus@loria.fr">bcamus@loria.fr</a>
Bureau	C 025	C 024

## Motivations

Les systèmes sociotechniques[1] sont des systèmes où les entités les composant sont à la fois des humains et des composants techniques. De tels systèmes peuvent être qualifiés de complexes dans la mesure où il y a des interactions de différents types (entre humains, entre composants techniques, entre humains et composants techniques, entre ces composants, ces humains et le monde physique dans lequel ils sont situés) ainsi que des influences mutuelles entre ces différents sous-systèmes.

La conception, l'étude de ces systèmes (qui pour certains n'existent pas encore complètement) passent par une démarche de modélisation et de simulation [5] qui permet à moindre de coût de tester et évaluer différentes alternatives. Dans le cadre des systèmes complexes, cette démarche demande à intégrer différents types de modèles (modèle(s) de communication des composants techniques, modèle(s) d'interaction entre humain, etc.) puis de les simuler (on parle alors de multi-modélisation).

## Cadre du travail

Une collaboration entre les équipes Madynes et MAIA a permis d'établir le méta-modèle AA4MM[2] qui permet l'intégration de modèles existants pour construire un modèle représentant le phénomène complexe. Cette proposition a été validée à la fois sur ses aspects théoriques et pratiques[3, 4]. Nous avons montré son potentiel dans le cadre d'exemples de référence et l'avons utilisé pour étudier l'impact de la mobilité des usagers sur les réseaux mobiles ad hoc. Elle sert de base actuellement pour la modélisation de smart-grids en collaboration avec EDF R & D.

## Sujet

Le méta-modèle AA4MM permet jusqu'à présent la construction de multi-modèle à partir de modèle "atomique". Ainsi, il est possible de combiner plusieurs modèles simples (par exemple  $m_1$ ,  $m_2$  et  $m_3$ ) pour construire un multi-modèle  $MM_a$ . Cependant, lorsque deux multi-modèles  $MM_1$  et  $MM_2$  sont définis, il n'est pas possible de les composer pour définir un nouveau multi-modèle. Il faut composer à partir de chacun des modèles atomiques des deux multi-modèles.

La problématique du sujet est donc de définir ce que peut être la composition de multi-modèles et comment il est possible d'intégrer cette possibilité dans AA4MM.

L'objectif est aussi de définir la notion de multi-modèle de manière équivalente à celle d'un modèle "atomique". La composition de multi-modèles pourra alors être envisagée récursivement : on pourra ainsi composer des multi-modèles qui sont eux-mêmes composés de multi-modèles qui sont eux-mêmes composés de multi-modèles, etc. L'intérêt est alors que l'on peut décrire un multi-modèle de façon hiérarchique (il s'agit en fait d'une fermeture par composition).

## Cadre du travail

Outre la familiarisation à AA4MM, ce stage pourra s'organiser les étapes suivantes :

- bibliographie sur la théorie de la modélisation et simulation et du formalisme DEVS avec une attention particulière sur le notion de composition[5];
- bibliographie sur la notion de groupe dans les systèmes multi-agent et leur formalisation, un point d'entrée pourra être le modèle AGR et ses déclinaisons [6];
- proposition d'une formalisation de la composition dans le cadre des cas d'étude de AA4MM;
- évaluation et améliorations; ...

## Références

- [1] Van Dam K. Capturing socio-technical systems with agent-based modelling. PhDthesis, Next Generation Infrastructures Foundation, 2009.
- [2] J. Siebert Approche multi-agent pour la multi-modélisation et le couplage de simulations. PhDthesis, Université de Lorraine, 2011.
- [3] J. Siebert, L. Ciarletta and V. Chevrier. Agents and Artefacts for Multiple Models coordination. Objective and decentralized coordination of simulators. In *25th Symposium on Applied Computing.*, Sierre : Suisse, March 2010.
- [4] J. Siebert, L. Ciarletta and V. Chevrier. Agents and artefacts for multiple models co-evolution. Building complex system simulation as a set of interacting models. In *Proceedings of the International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems -in proc. of AAMAS 2010*, May 10, 2010, Toronto, Canada, pp509-516.
- [5] B. P. Zeigler, H. Praehofer, and T. G. Kim. Theory of Modeling and Simulation. Academic Press, January, 2000.
- [6] Ferber J., Michel F., Gutknecht O., Agent/Group/Roles : Simulating with organizations. Agent Based Simulation Agent Based Simulation 4, Montpellier, 28 - 30 Avril 2003

# Localisation pour la robotique mobile

Proposé par : Francis Colas

## Informations générales

Encadrants	Francis Colas	François Charpillet
Adresse	INRIA Nancy Grand Est, 615 rue du Jardin Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy	
Téléphone	03 54 95 86 30	
Email	<a href="mailto:francis.colas@inria.fr">francis.colas@inria.fr</a>	<a href="mailto:francois.charpillet@inria.fr">francois.charpillet@inria.fr</a>
Bureau	C 121	C123

## Motivations

Que ce soit pour les transports, l'exploration ou les services à la personne, les robots doivent pouvoir être mobiles. La robotique mobile s'intéresse donc à plusieurs capacités d'un robot : savoir où il se trouve, représenter son environnement, aller à un endroit et explorer son environnement.

Les deux premiers points sont très liés car savoir où on se trouve n'a de sens que par rapport à une représentation de l'environnement, c'est-à-dire une carte, et construire une carte nécessite de savoir où l'on se trouve. Une des grandes avancées en robotique mobile a donc été de résoudre conjointement la localisation et la cartographie : le problème de SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*).

## Sujet

De nombreux algorithmes ont été proposés et plusieurs logiciels existent pour résoudre ce problème ; ce sujet de master recherche s'intéresse à leur comparaison. Plus précisément, il s'agit dans un premier temps de recenser les grandes approches et les logiciels disponibles qui pourront s'adapter aux plateformes robotiques dont nous disposons et en particulier aux capteurs utilisés. Ensuite il faudra définir et mettre en œuvre des métriques pour pouvoir comparer les résultats de ces algorithmes. Une place importante sera réservée à la méthodologie expérimentale et à l'expérimentation. Enfin, fort de ces résultats, il pourra être envisagé de proposer une nouvelle variation d'un algorithme de SLAM optimisée pour ce genre d'environnement.

## Cadre du travail

Ce projet se situe dans le cadre de la recherche autour de l'appartement intelligent pour le service à la personne. On se place ainsi dans le cadre d'un environnement d'intérieur structuré et sur un seul niveau.

Nous disposons de plusieurs plateformes robotiques, essentiellement des robots différentiels équipés de différents capteurs tels que des télémètres laser ou des caméras de profondeur. De manière à acquérir une vérité terrain, l'environnement est doté d'un système de capture du mouvement qui permet de mesurer en continu la pose du robot.

## Références

- [1] H. Durrant-Whyte, and T. Bailey, T. Simultaneous localization and mapping : part I. *Robotics & Automation Magazine*, IEEE, 13(2) :99-110, 2006.
- [2] F. Pomerleau, F. Colas, R. Siegwart, and S. Magnenat. Comparing ICP variants on real-world data sets. *Autonomous Robots*, 34(3) :133-148, 2013.
- [3] J. Sturm, N. Engelhard, F. Endres, W. Burgard, and D. Cremers. A benchmark for the evaluation of RGB-D SLAM systems. In IEEE/RSJ International Conference on *Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2012.



# Learning contact models for controlling the robot interacting with the environment.

**Proposé par** : Serena Ivaldi ([serena.ivaldi@inria.fr](mailto:serena.ivaldi@inria.fr), [www.loria.fr/~ivaldi](http://www.loria.fr/~ivaldi))

## Problématique

The team MAIA, and its probable sequel LARSEN, participates to the European Project CoDyCo, whose aim is to advance the current control and learning techniques for whole-body motion of robots interacting with humans and environments, subjects to multiple contacts. CoDyCo is proposing methodologies for performing coordinated interaction tasks with complex systems, combining planning and compliance to deal with predictable and unpredictable events and contacts. The proposed algorithms are validated in real-world interaction scenarios with the iCub humanoid robot engaged in whole-body goal-directed tasks, such as balancing while reaching for a distant object, or leaning on a soft chair.

In this context, one of our objectives is to integrate different models of contacts and environment compliance into the software tools that we are currently using to compute the robot whole-body dynamics. This is crucial to be able to simulate the interaction of the robot with soft and rigid environments, and compute appropriate control laws for interacting with them in an optimal way. This activity will involve a collaboration with the partners of CoDyCo in the University of Birmingham and the Italian Institute of Technology.

## Sujet

- Study contact models and implement them in the new dynamics library developed by the consortium of the project.
- Define a suitable protocol for the experimental identification of contact model properties that can be applied to humanoids and industrial manipulators.
- Identify the properties of contacts between a robot and its environment : the experiments here will be performed either with a KUKA iwa arm, or the iCub arm, or the Kinova arm.
- Optimize online a reaching movement of the robot arm interacting with a surface with different compliance properties, on the basis of the identified compliance properties : the experiments here can be done with offline and online identification, depending on the performance of the algorithms and the robot sensing.

## Compétences

C/C++, Linux, optimization, identification and control, basics of probability, robotics

## Références

# Imitation learning of elementary tasks with contacts

**Proposé par** : Serena Ivaldi ([serena.ivaldi@inria.fr](mailto:serena.ivaldi@inria.fr), [www.loria.fr/~ivaldi](http://www.loria.fr/~ivaldi))

## Problématique

The team MAIA, and its probable sequel LARSEN participates to the European Project CoDyCo, whose aim is to advance the current control and learning techniques for whole-body motion of robots interacting with humans and environments, subjects to multiple contacts. CoDyCo is proposing methodologies for performing coordinated interaction tasks with complex systems, combining planning and compliance to deal with predictable and unpredictable events and contacts. The proposed algorithms are validated in real-world interaction scenarios with the iCub humanoid robot engaged in whole-body goal-directed tasks, such as balancing while reaching for a distant object, or leaning on a soft chair.

In this context, one of our objectives is to generalize and improve elementary tasks with contacts. We aim at generating a repertoire of elementary tasks to be useful in different scenarios, with a data-driven approach. We will record data on humans performing whole-body tasks with contacts, exploiting a motion capture system and a sensorized floor. Using both models and data, elementary tasks will be acquired by imitation learning. In this case, we will use a probabilistic description of the tasks, suitably formulated to be capable of taking contacts explicitly into account. Classical reinforcement learning techniques can be then used to optimize online the tasks, directly on the robot. This activity will involve a collaboration with the partners of CoDyCo in the Technical University of Darmstadt and Josef Stefan Institute.

## Sujet

- Collect a suitable data sets from human behavioral experiments, to generate elementary tasks such as reaching for objects, pushing, pulling, and standing up.
- Learn by imitation a repertoire of elementary tasks based on the acquired data sets.
- Refine the tasks by reinforcement learning such that the task will work also on other robots such as the iCub, despite differences in kinematics and mechanics.
- If there is enough time, integrate the elementary tasks in the whole-body control of the robot : the validation will be performed on the iCub robot, in simulation and possibly on the real robot.

## Compétences

C/C++, Linux, optimization, machine learning, basics of probability, robotics

## Références

# Learning the prioritization of tasks for whole-body control of robots

Proposé par : Serena Ivaldi ([serena.ivaldi@inria.fr](mailto:serena.ivaldi@inria.fr), [www.loria.fr/~ivaldi](http://www.loria.fr/~ivaldi))

## Problématique

The team MAIA, and its probable sequel LARSEN, participates to the European Project CoDyCo, whose aim is to advance the current control and learning techniques for whole-body motion of robots interacting with humans and environments, subjects to multiple contacts. CoDyCo is proposing methodologies for performing coordinated interaction tasks with complex systems, combining planning and compliance to deal with predictable and unpredictable events and contacts. The proposed algorithms are validated in real-world interaction scenarios with the iCub humanoid robot engaged in whole-body goal-directed tasks, such as balancing while reaching for a distant object, or leaning on a soft chair.

In this context, one of our objectives is to learn the prioritization of elementary tasks. The core element of the CoDyCo controller is the intelligent combination of prioritized tasks, which allows covering a large variety of possible scenarios while only requiring a small number of elements. Nevertheless, the control architecture requires a meaningful prioritization scheme that tells the systems which tasks to activate and how certain tasks can overrule each other. While it is possible to devise such prioritizations for complex tasks manually, the automatic generation from data is much more desirable. Our goal is to investigate how a prioritization can be obtained from observing tasks, similar as in imitation learning, and how it can be self-improved. The relative importance of the tasks imposed by the prioritization can be changed during execution by the learned prioritization based on the current context. A further improvement is to enable the generalization to novel situations. This activity will involve a collaboration with the partners of CoDyCo in the Technical University of Darmstadt and the University Pierre Marie Curie in Paris.

## Sujet

- Define an abstract representation of elementary tasks and their properties, including priorities.
- Implement algorithms for optimization of weights and/or priorities in combinations of tasks for whole-body movements.
- Study the robustness of the optimized parameters with respect to perturbations and a-priori knowledge : these experiments will be performed offline in simulation (mostly) to extensively analyse the performance of the algorithms for learning.
- Validate optimized parameters on the robot, eventually with a further online optimization to adapt the parameters to the robot's real search space : the experiments here will be performed either with a KUKA iwa arm, or the iCub arm, or the Kinova arm.

## Compétences

C/C++, Linux, optimization, control, basics of probability, robotics

## Références

# Intuitive interfaces for programming robots by demonstration

**Proposé par** : Serena Ivaldi ([serena.ivaldi@inria.fr](mailto:serena.ivaldi@inria.fr), [www.loria.fr/~ivaldi](http://www.loria.fr/~ivaldi))

## Problématique

The team MAIA, and its probable sequel LARSEN, is developing techniques to make ordinary people, without background in robotics, interact easily with robots in service and assistance scenarios. In particular, we are proposing an approach where ordinary people can teach some actions to the robot by demonstration. Imitation learning makes the robot programming easier : while the human moves the arm (kinesthetic teaching), the robot is moved in gravity compensation while the joint encoders are recorded. However, a suitable interface has to be implemented, such that the person can easily interact with the robot. Our goal is to design an interface that will make the robot easily programmable by caregivers without the need of technical knowledge. We will implement a multimodal interface that facilitates teaching by demonstration (imitation learning) by non-experts users. The interface will consists of a graphical user interface, implemented on the touch screen of the robot, together with a simplified vocal interface. A validation study with potential caregivers and non-experts users will be performed to ensure that the system is intuitive, ergonomic and easy to learn/use. The system will be validated in a realistic context where people must teach the robot a sequence of tasks, for example feeding or brushing.

## Sujet

- Design and validation with potential end-users of the PeRo interface
- Implementation of kinesthetic teaching on the robot : in this case, we will use the Kinova Jaco arm
- Validation of the teaching interface with potential end-users on a feeding task.

## Compétences

C/C++, Linux, interface design, control, robotics

## Références