

# Application BASTRI

## Fiches Equipes

### ACENTAURI (SR0906XR)

• Intelligence artificielle et algorithmes efficaces pour la robotique autonome  
ACENTAURI

**Statut:** Décision signée

**Responsable :** Ezio Malis

**Mots-clés de "A - Thèmes de recherche en Sciences du numérique - 2024" :** A3.4.1. Apprentissage supervisé , A3.4.3. Apprentissage par renforcement , A3.4.4. Optimisation pour l'apprentissage , A3.4.5. Méthodes bayésiennes , A3.4.6. Réseaux de neurones , A3.4.8. Apprentissage profond , A5.4.4. Reconstructions 3D et spatio-temporelles , A5.4.5. Suivi d'objets et analyse de mouvements , A5.4.7. Asservissement visuel , A5.10.2. Perception , A5.10.3. Planification , A5.10.4. Action , A5.10.5. Interactions (avec l'environnement, des humains, d'autres robots , A5.10.6. Flottes de robots , A5.10.7. Apprentissage , A6.2.3. Méthodes probabilistes , A6.2.4. Méthodes statistiques , A6.2.5. Algèbre linéaire numérique , A6.2.6. Optimisation , A6.4.2. Contrôle stochastique , A6.4.3. observabilité et contrôlabilité , A6.4.4. Stabilité et stabilisation , A6.4.6. Contrôle optimal , A7.1.4. Algorithmique quantique , A8.2. Optimisation , A8.3. Géométrie, Topologie , A8.11. Théorie des jeux , A9.2. Apprentissage , A9.5. Robotique , A9.6. Aide à la décision , A9.10. Approches hybrides de l'IA

**Mots-clés de "B - Autres sciences et domaines d'application - 2024" :** B5.1. Usine du futur , B5.6. Systèmes robotiques , B7.2. Déplacements intelligents , B7.2.1. Véhicules intelligents , B7.2.2. Route intelligente , B8.2. Ville connectée

**Domaine :** Perception, Cognition, Interaction

**Thème :** Robotique et environnements intelligents

**Période :** 01/05/2021 -> 31/12/2025

**Dates d'évaluation :**

**Etablissement(s) de rattachement :** <sans>

**Laboratoire(s) partenaire(s) :** <sans UMR>

**CRI :** Centre Inria d'Université Côte d'Azur

**Localisation :** Centre Inria d'Université Côte d'Azur

**Code structure Inria :** 041167-0

**Numéro RNSR :** 202124072D

**N° de structure Inria:** SR0906XR

### Présentation

L'objectif d'ACENTAURI est d'étudier et de développer des robots intelligents, mobiles et autonomes qui collaborent entre eux pour accomplir des tâches difficiles dans des environnements dynamiques. L'équipe se concentre sur les problèmes de perception, de décision et de commande pour la collaboration multi-robots en proposant une approche originale hybride basée sur les modèles et l'apprentissage à partir des données. L'équipe se concentre sur les applications robotiques telles que la surveillance de l'environnement et le transport de personnes et de marchandises. Dans ces applications, plusieurs robots partagent des informations multi-capteurs provenant éventuellement de l'infrastructure. L'équipe validera l'efficacité des approches proposées sur de vrais systèmes robotiques tels que les voitures, les AGV et les UAV, en collaboration avec des partenaires industriels.

Les objectifs scientifiques que nous souhaitons atteindre sont de développer :

- des robots capables de percevoir en temps réel grâce à leurs capteurs des environnements non structurés et changeants (dans l'espace et le temps) et capables de construire des représentations sémantiques à grande échelle prenant en compte l'incertitude d'interprétation et l'incomplétude de la perception. Les problématiques scientifiques sont (i) comment dépasser les cartes purement géométriques pour avoir une compréhension sémantique de la scène et (ii) comment partager ces représentations entre des robots ayant des capacités sensorimotrices différentes afin qu'ils puissent éventuellement collaborer ensemble pour effectuer une tâche commune.
- des robots autonomes dans le sens où ils doivent être capables

### Contact

- **Responsable :** Ezio Malis
- **Tél :** +3.3 (0)4. 9.2 .38. 5.0 .80
- **Secrétariat Tél :** + 33. (.0). 4. 9.7 .15. 5.3 .80

### En savoir plus

- Site de l'équipe
- Site sur [inria.fr](http://inria.fr)
- Site du responsable
- Derniers Rapports d'Activité : 2021 , 2022 , 2023

### Documents sur la structure

- Intranet
- Privés

### Décisions

- 14813 (07/05/2021) : création

### Localisation

- **Adresse postale :** Centre Inria d'Université Côte d'Azur 2004 Route des Lucioles - BP 93 06902 Sophia Antipolis cedex France
- **Coordonnées GPS :** 43.616, 7.068

d'accomplir des tâches complexes en prenant des décisions cognitives de haut niveau sans intervention humaine. Les robots évoluent dans un environnement éventuellement peuplé d'humains, éventuellement en collaboration avec d'autres robots ou communiquant avec des infrastructures (perception collaborative). Les problématiques scientifiques sont (i) comment anticiper les situations inattendues créées par un comportement humain imprévisible en utilisant la perception collaborative des robots et des infrastructures et (ii) comment concevoir une loi de commande robuste basée sur des capteurs pour assurer l'intégrité du robot et la sécurité humaine.

- des robots intelligents dans le sens où ils doivent (i) décider de leurs actions en temps réel sur la base de l'interprétation sémantique de l'état de l'environnement et de leur propre état (conscience de la situation), (ii) gérer l'incertitude à la fois sur le capteur, le contrôle et l'environnement dynamique (iii) prédire en temps réel les états futurs de l'environnement en tenant compte de leur sécurité et de la sûreté humaine, (iv) acquérir de nouvelles capacités et compétences, ou affiner les compétences existantes grâce à des mécanismes d'apprentissage.
- des algorithmes efficaces capables de traiter une grande quantité de données et de résoudre des problèmes difficiles à la fois dans la perception robotique, l'apprentissage, la décision et le contrôle. Les problématiques scientifiques sont (i) comment concevoir de nouveaux algorithmes efficaces pour réduire le temps de traitement avec des ordinateurs ordinaires et (ii) comment concevoir de nouveaux algorithmes quantiques pour réduire la complexité de calcul afin de résoudre des problèmes qui ne sont pas possibles dans un délai raisonnable avec des ordinateurs ordinaires.

## Axes de recherche

Le programme de recherche d'ACENTAURI sera décomposé selon les trois axes de recherche suivants :

- **Axe A : Perception spatio-temporelle augmentée d'environnements complexes**

L'objectif à long terme de cet axe de recherche est de construire des modèles précis et composites d'environnements à grande échelle qui mélangent des informations métriques, topologiques et sémantiques. Assurer la cohérence de ces différentes représentations lors de l'exploration du robot et fusionner/partager les observations acquises de différents points de vue par plusieurs robots collaboratifs ou capteurs attachés à l'infrastructure, sont des problèmes très difficiles. Cela est particulièrement vrai lorsque différentes modalités de détection sont impliquées et lorsque les environnements varient dans le temps. Une tendance récente dans la localisation et la cartographie simultanées est d'augmenter les cartes de bas niveau avec une interprétation sémantique de leur contenu. En effet, le niveau d'abstraction sémantique est l'élément clé qui va nous permettre de construire la conscience environnementale du robot (voir Axe B). Par exemple, les cartes dites sémantiques ont déjà été utilisées dans la navigation des robots mobiles, pour améliorer les méthodes de planification de trajectoire, principalement en donnant au robot la capacité de traiter des cibles compréhensibles par l'homme. De nouvelles études pour dériver des algorithmes efficaces pour manipuler les représentations hybrides (fusion, partage, mise à jour, filtrage) tout en préservant leur cohérence sont nécessaires pour une navigation à long terme.

- **Axe B : Conscience de la situation pour la décision et la planification**

L'objectif à long terme de cet axe de recherche est de concevoir et développer un module d'aide à la décision capable de (i) planifier la mission des robots (planification globale), (ii) générer les sous-tâches (objectifs locaux) nécessaires pour accomplir la mission sur la base d'une conscience de la situation et (iii) planifier les trajectoires du robot et/ou les ensembles d'actions pour accomplir chaque sous-tâche (planification locale). Puisque nous devons faire face à des incertitudes, le module de décision doit pouvoir réagir efficacement en temps réel en fonction des informations disponibles des capteurs (embarqués ou rattachés à une infrastructure IoT) afin de garantir la sécurité des hommes et des choses. Pour certaines tâches, il est nécessaire de coordonner un système multi-robots (stratégie centralisée), tandis que pour d'autres chaque robot évolue indépendamment avec sa propre stratégie décentralisée. Dans ce contexte, la conscience de la situation est au cœur d'un système autonome afin d'alimenter le processus de prise de décision, mais peut aussi être vue comme un moyen d'évaluer la performance du processus global de perception et d'interprétation afin de construire un environnement autonome sûr. système. La conscience de la situation est généralement divisée en trois parties : perception des éléments de l'environnement (voir Axe A), compréhension de la situation et projection des états futurs (prédiction et planification). Lors de la planification de la mission du robot, le module d'aide à la décision supposera d'abord que la configuration du système multi-robots est connue à l'avance, par exemple un robot au sol et deux robots dans les airs. Cependant, dans nos objectifs à long terme, le nombre de robots et leurs configurations peuvent évoluer en fonction des objectifs applicatifs à atteindre, notamment en termes de performances, mais aussi pour prendre en compte l'évolution dynamique de l'environnement.

- **Axe C : Commande multi-capteurs avancé de systèmes multi-**

### robots autonomes

L'objectif à long terme de cet axe de recherche est de concevoir un module de commande basé sur plusieurs capteurs (embarqués ou attachés à une infrastructure IoT) de systèmes potentiellement multi-robots pour des tâches où les robots doivent naviguer dans un environnement dynamique complexe incluant la présence de humains. Cela implique que la conception de la commande doit traiter explicitement non seulement des incertitudes et des imprécisions dans les modèles de l'environnement et des capteurs, mais aussi prendre en compte les contraintes pour faire face aux comportements humains inattendus. Pour faire face aux incertitudes et aux imprécisions du modèle, deux stratégies seront étudiées. La première stratégie consiste à utiliser des techniques de commande stochastique qui supposent une distribution de probabilité connue sur les incertitudes. La deuxième stratégie consiste à utiliser des techniques d'identification de système et d'apprentissage par renforcement pour gérer les différences entre les modèles et les systèmes réels. Pour faire face aux comportements humains inattendus, nous étudierons les techniques Stochastic Model Predictive Control (MPC) et les techniques de commande Model Predictive Path Integral (MPPI) afin d'anticiper les événements futurs et de prendre des mesures de contrôle optimales en conséquence. Un accent particulier sera mis sur l'analyse théorique (observabilité, contrôlabilité, stabilité et robustesse) des lois de commande.

## Relations industrielles et internationales

### Relations Internationales



ACENTAURI prévoit d'établir des collaborations avec plusieurs laboratoires de recherche de haut niveau : le Groupe Robotique, Vision et Contrôle de l'Université de Séville (Espagne), dont les intérêts de recherche et l'expertise sont axés sur la perception collaborative et le contrôle collaboratif des drones ; le Robotic Artificial Intelligence and Learning Lab de l'UC Berkeley (États-Unis), dont les recherches portent sur l'intersection entre le contrôle et l'apprentissage automatique ; le laboratoire Systèmes Intelligents Autonomes de l'Université de Fribourg (Allemagne) dont les intérêts de recherche sont les techniques probabilistes pour la navigation et le contrôle des robots. Philippe Martinet est actuellement président correspondant des comités techniques RAS sur les AGV & ITS avec NUS (Singapour), l'Université de Sao Paulo (Brésil), KIT (Allemagne) et l'Université de Coimbra (Portugal).

### Relations Industrielles



Les applications de surveillance de l'environnement et de véhicules connectés autonomes seront au centre des collaborations et du transfert industriel d'ACENTAURI. Après 10 ans dans l'industrie, Ezio Malis a collaboré avec les principaux groupes industriels français sur des projets d'innovation en tant que PDG et CTO de la startup Inria Robocortex. ACENTAURI entend poursuivre le transfert des travaux de recherche vers des partenaires industriels. Exemples de collaborations industrielles en cours : Naval Group, Renault, Suburban, Robocortex.