

# Journées du GDR Robotique

## GT2 Autonomous vehicles Marine, Air and Ground Robotics



Pedro Castillo

[pedro.castillo@hds.utc.fr](mailto:pedro.castillo@hds.utc.fr)

Simon Rohou

[simon.rohou@ensta-bretagne.fr](mailto:simon.rohou@ensta-bretagne.fr)

Guillaume Allibert

[allibert@i3s.unice.fr](mailto:allibert@i3s.unice.fr)

Cindy Cappelle

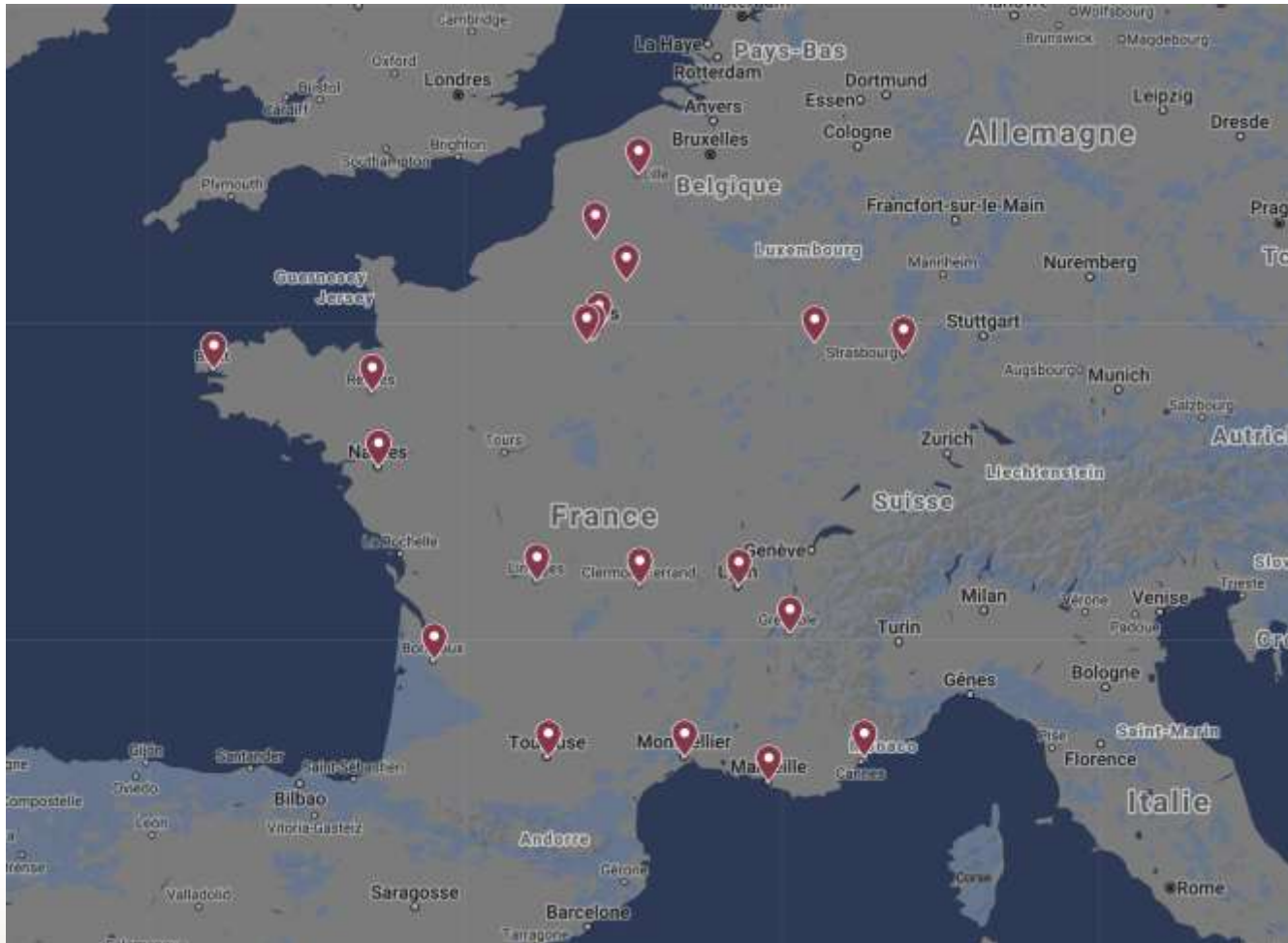
[cindy.cappelle@univ-lille.fr](mailto:cindy.cappelle@univ-lille.fr)

Maan El Badaoui Najjar

[maan.el-badaoui-el-najjar@univ-lille.fr](mailto:maan.el-badaoui-el-najjar@univ-lille.fr)

9th November 2022

# Introduction



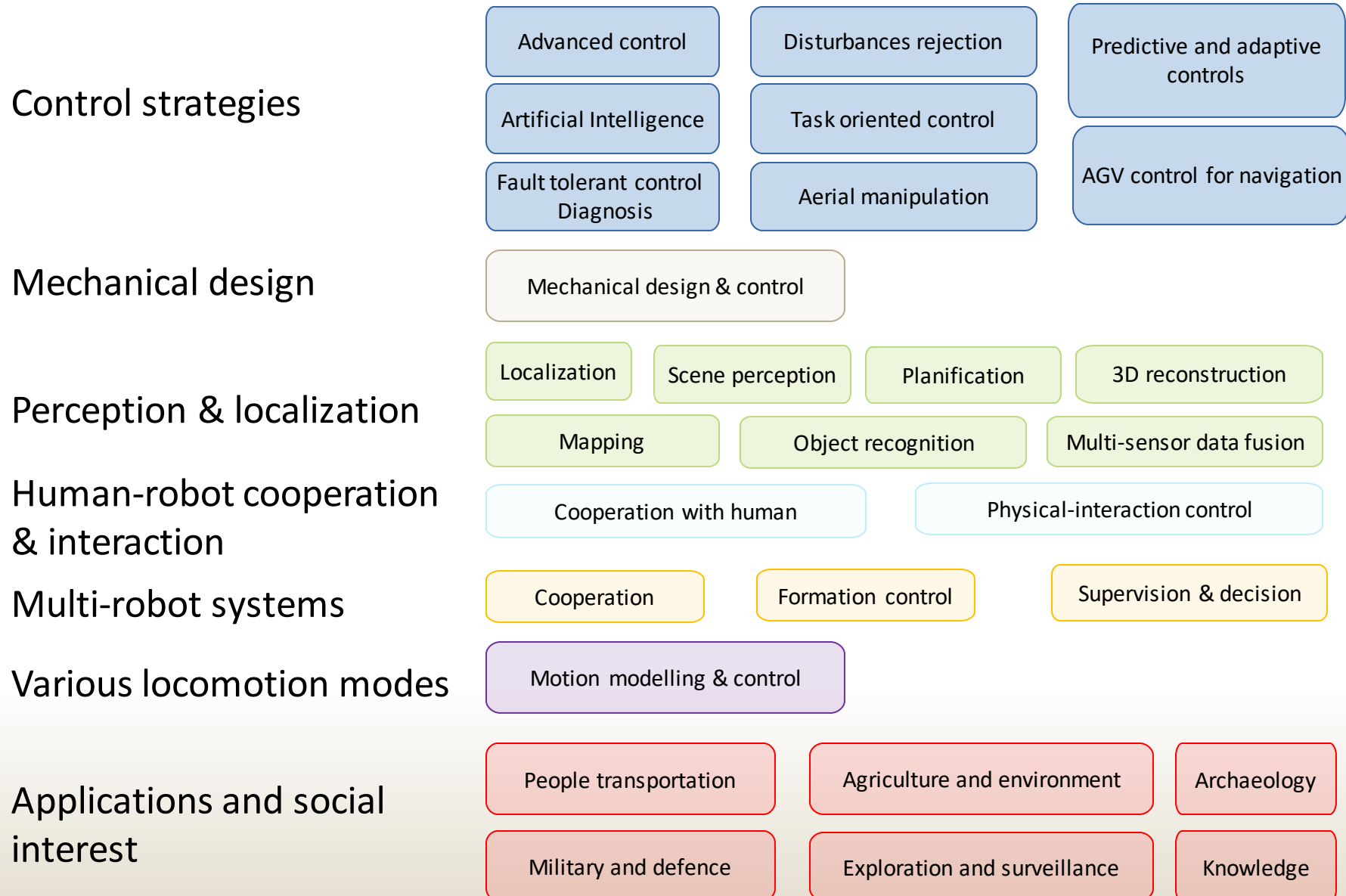
- Different shapes
- Different sizes
- Different environments
- Or locomotion modes



Common topics

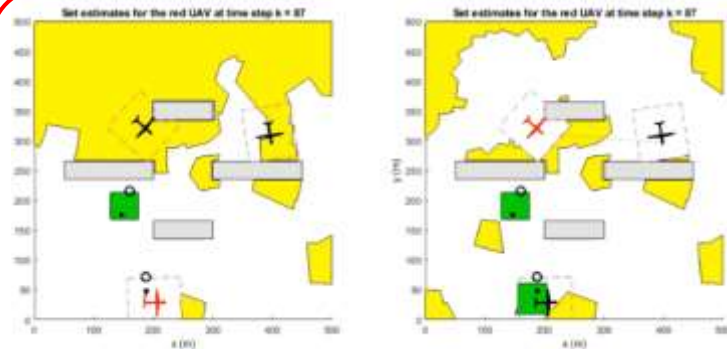
Shared developments

*Towards adaptation of behaviour to environment, task and context*



# Control strategies

## Advanced control



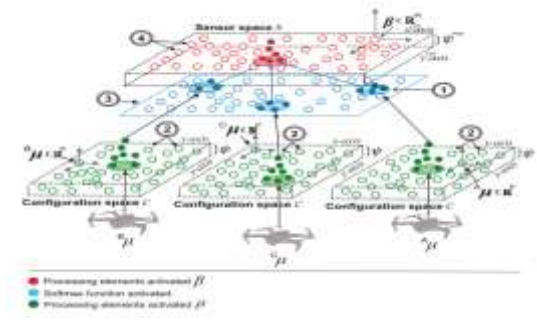
Pistage multi-cibles par méthodes ensemblistes



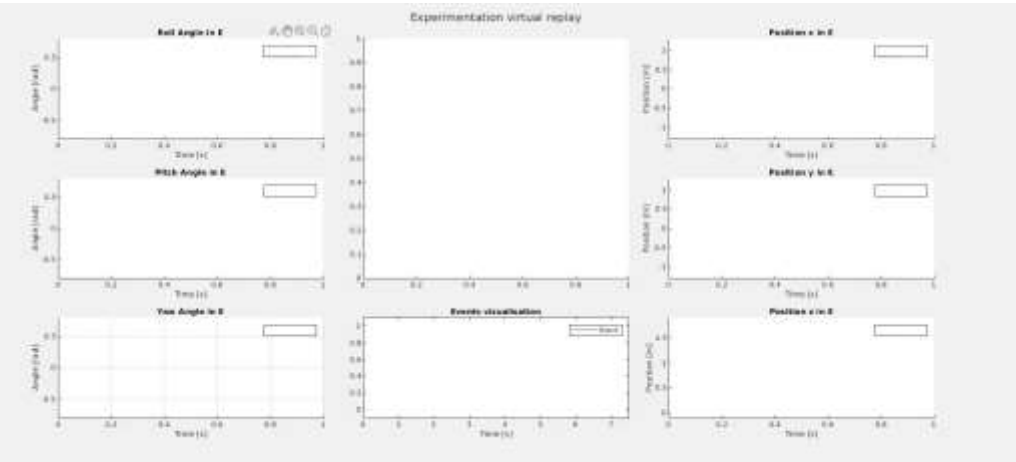
Vol coordonné par loi de guidage décentralisée



Disturbance-tolerant nonlinear control



Neurobiologically-inspired control



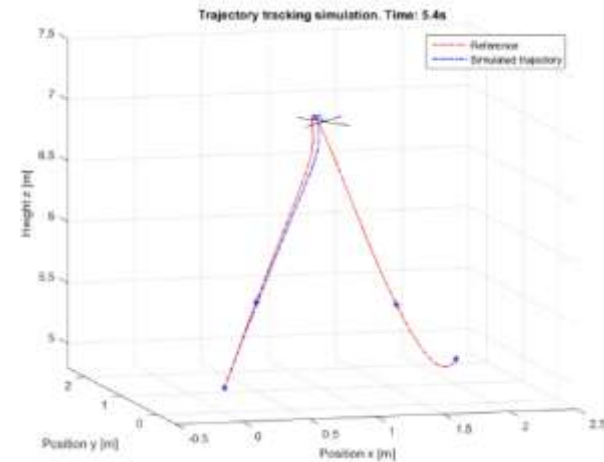
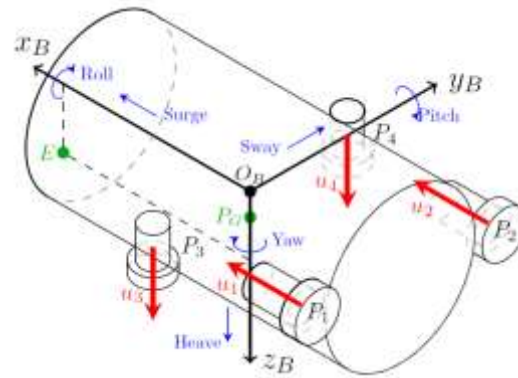
Commande basée sur événements pour la navigation aveugle





## Advanced control

New general approach for model-based control of underactuated AUV based on kinematic coupling



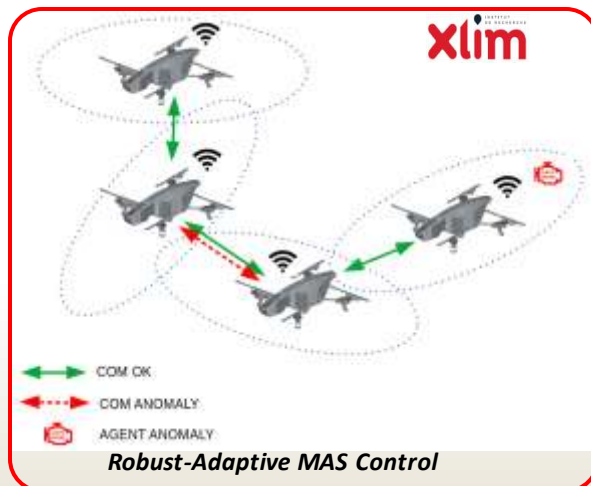
LCIS  
Laboratoire de Conception  
et d'Intégration des Systèmes

GRENOBLE  
INP  
UGA

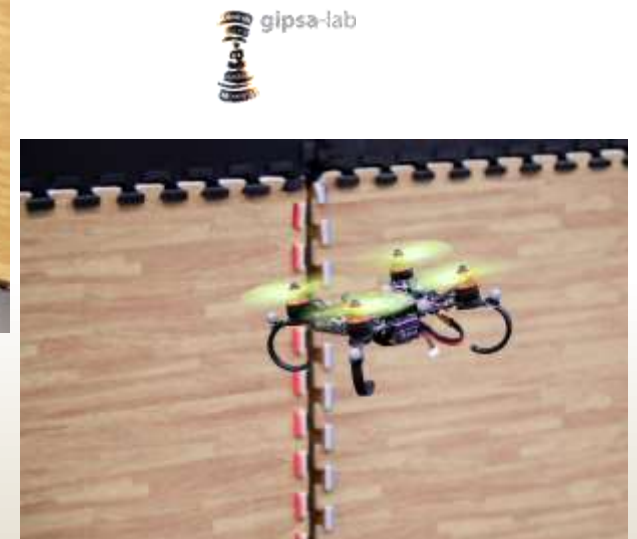
Esisar  
VALENCE

UGA  
Université  
Grenoble Alpes

## Predictive and adaptative controls

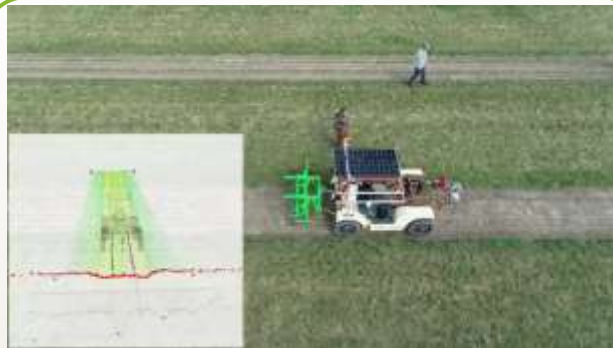


Commande prédictive et évitement d'obstacle



# Control strategies

AGV control for navigation ..... in natural environment ..... and in urban areas



Contrôle adaptatif : développement de comportements pour l'agriculture de précision et l'agro-écologie et adaptation des paramètres de chaque comportement



METRICS: AGRI-FOOD challenge  
Benchmarking de fonctionnalités (navigation, cartographie, ...) dans des grandes cultures



Vision only-based autonomous navigation (without GPS) trajectory completed on 2 types of crops with transitions and U-turn



Navigation autonome robuste dans des ronds-points et des insertions autoroutières.

⇒ méthode adaptative de planification de trajectoire et de commande adaptée au franchissement des ronds-points denses

⇒ l'insertion coopérative des systèmes multi-véhicules en milieu autoroutier basée sur une structure virtuelle



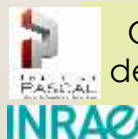
Simulation video: on-ramp merging using the CORM algorithm



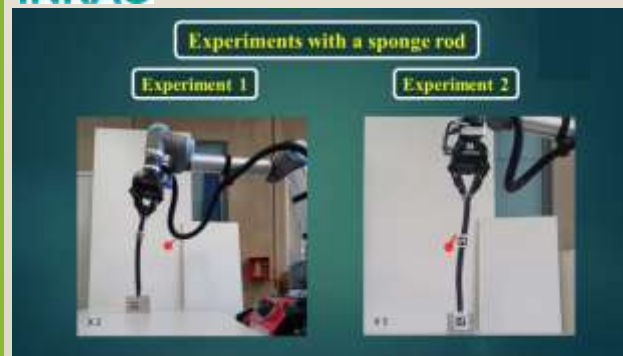
Coordination de systèmes redondants (robot mobile/robot manipulateur)  
=> commande optimale



@INRAE – Coordination manipulateurs mobiles



Commande d'objets linéaires déformables à des fins agricoles  
=> Approche adaptative

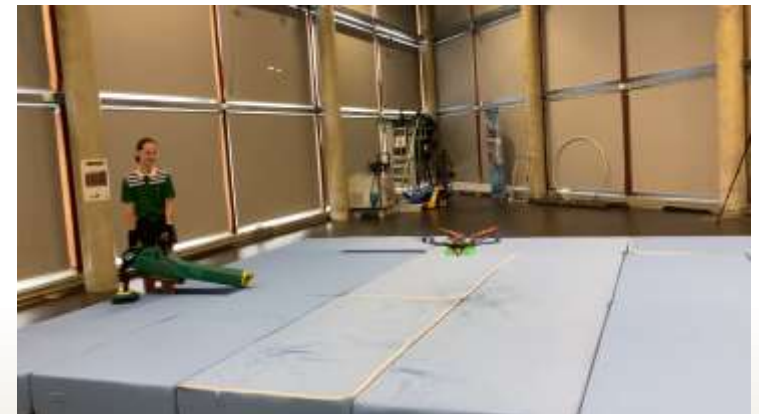
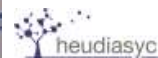


@IP – Coordination manipulateurs mobiles

## *Diagnosis, fault tolerant control*

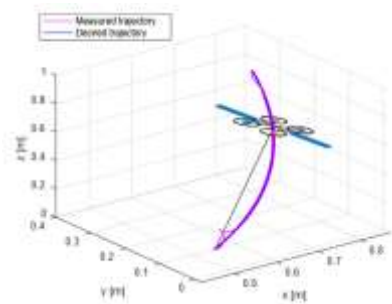


## *Disturbances rejection*

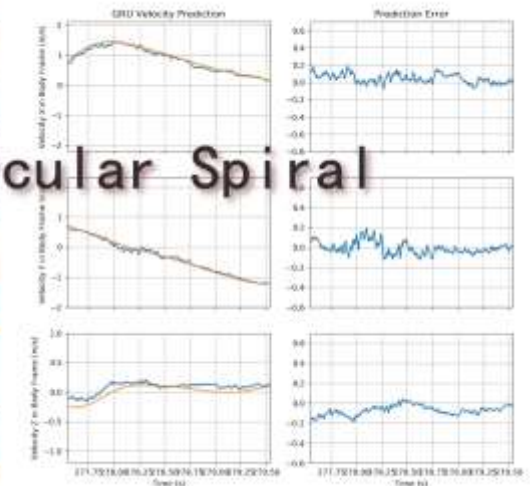




## Disturbances rejection



## Task oriented control

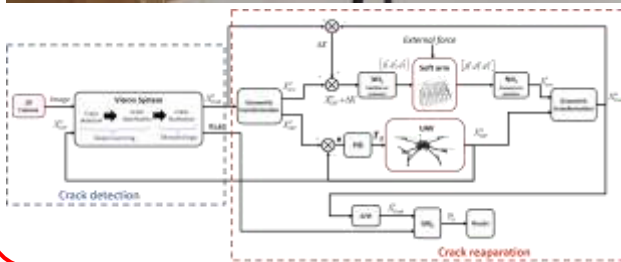


Estimation de la vitesse air 3D à partir de capteurs anémométriques

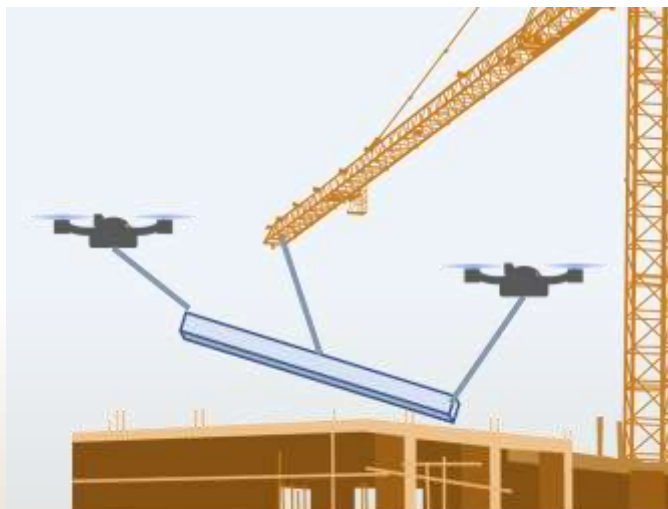


# Control strategies

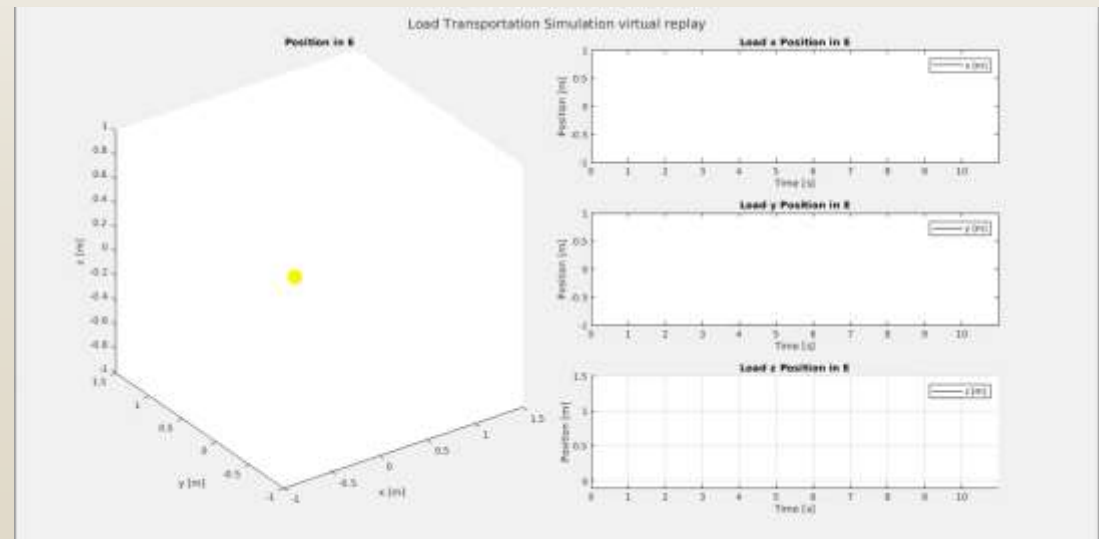
## Aerial manipulation



Projet dextAIR



## Artificial Intelligence



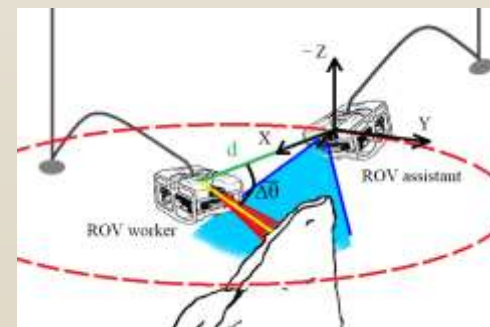
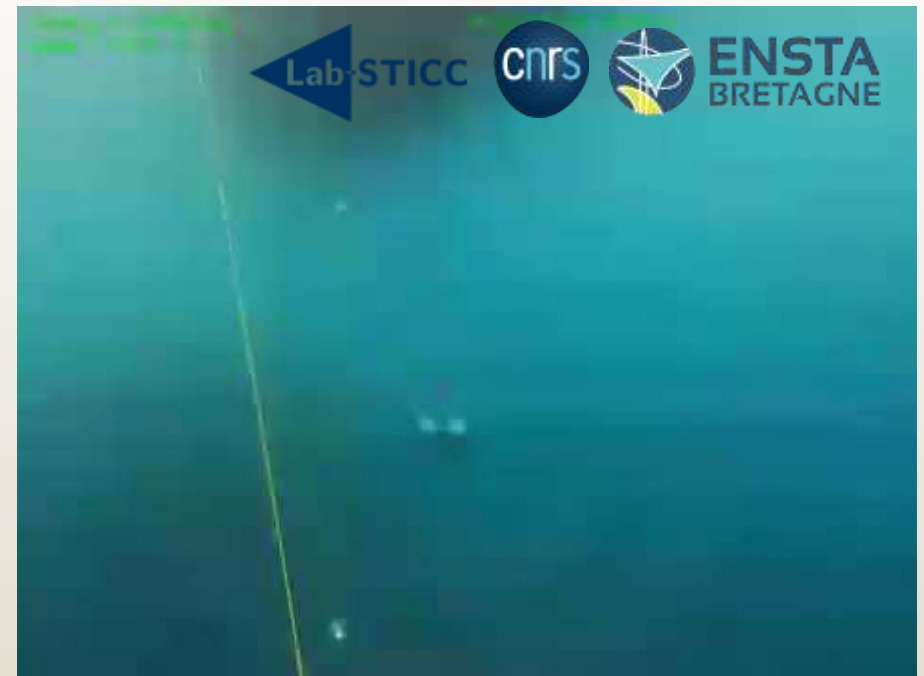
IA pour le portage de pièces inconnues suspendues  
IA pour la compensation des incertitudes, des perturbations et des nonlinéarités

## Marine operations

Projet Maelstrom « Robotic Seabed Cleaning Platform » : un robot parallèle à câbles pour la collecte de déchets sous-marins.

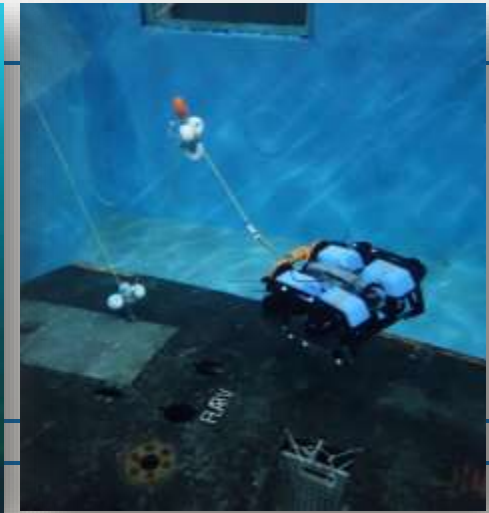


Suivi autonome d'un ROV téléopéré par un ROV assistant pour de l'éclairage déporté.

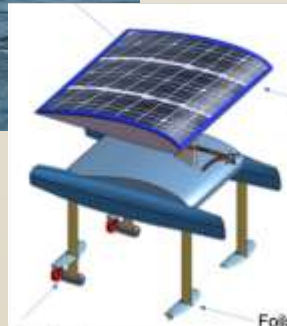




Gestion passive de l'ombilical d'un ROV  
(évitement d'emmêlements de câbles)



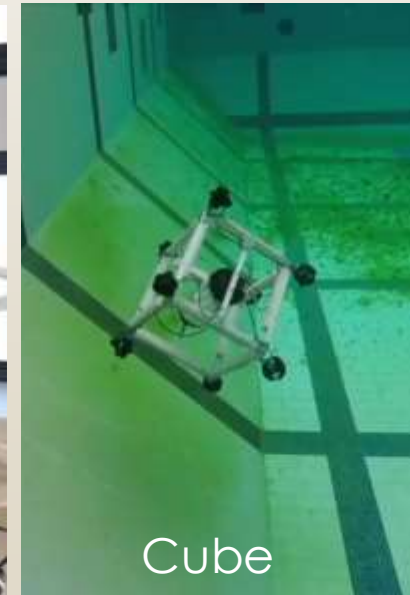
Autonomous Surface Foiler Craft  
Mobula : Energetic and Decisional  
autonomy, 4-foils regulation, Multi-  
constraint optimization



Eel



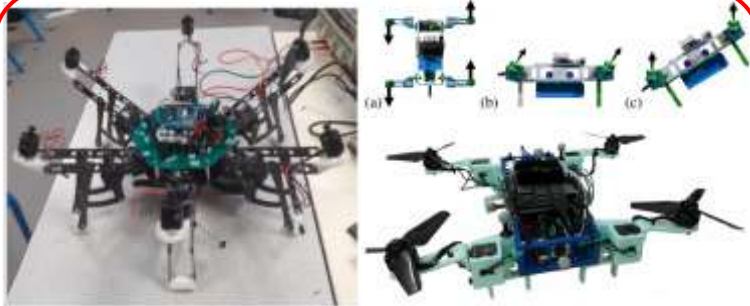
Umbrella



Cube

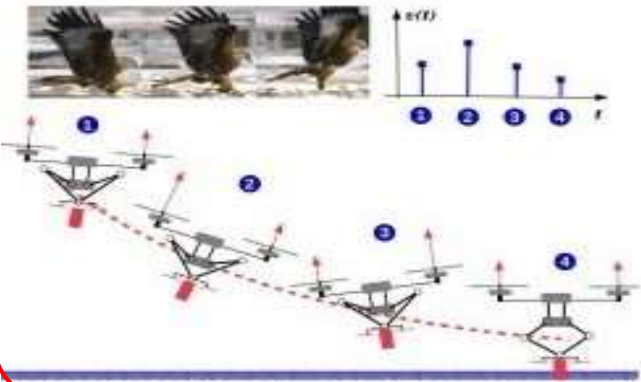


# Mechanical design



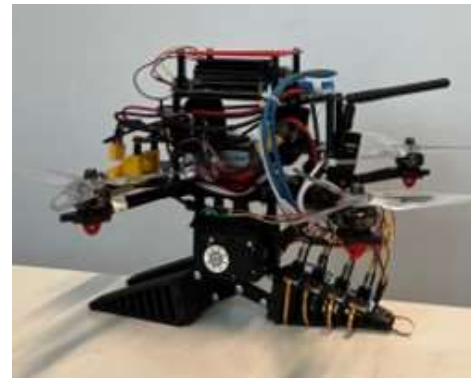
*Design of multi-modal and convertible UAVs*

xlim

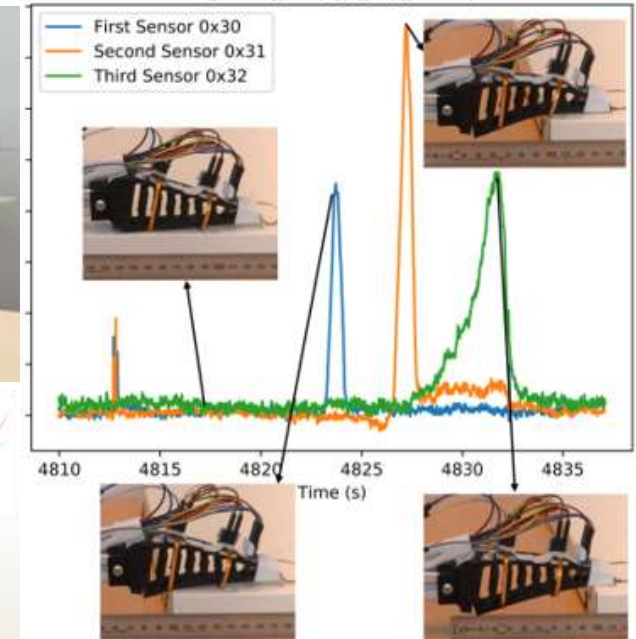


heudiasyc

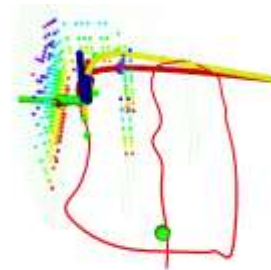
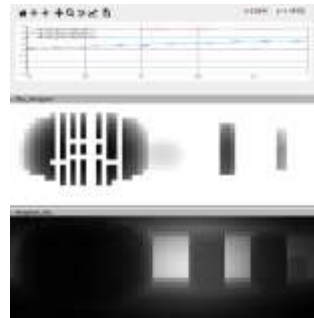
utc  
Recherche  
SORBONNE UNIVERSITÉS



LAAS  
CNRS



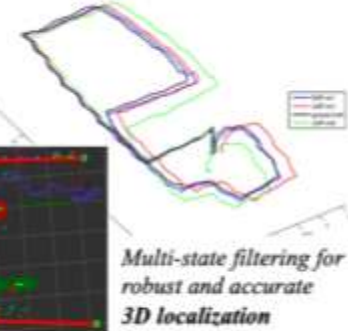
# Perception and localization



SORBONNE  
UNIVERSITÉ



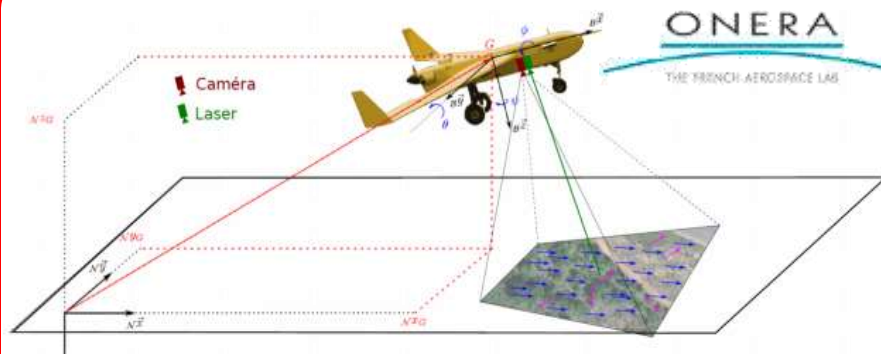
Algorithme de planification locale pour des applications de « sense and avoid »



xlim

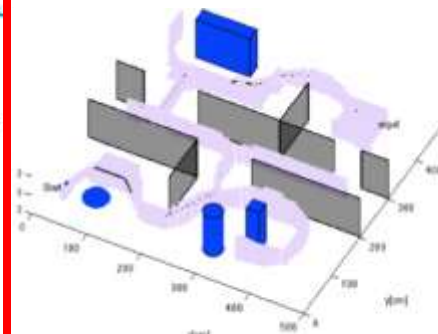
Robust localization in GPS denied environments

Multi-state filtering for robust and accurate localization within GPS denied environments

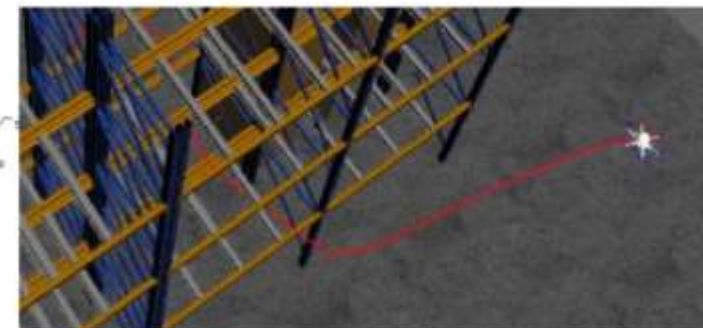


Navigation sans GNSS par hybridation INS/Vision

Navigation en environnement GNSS dégradé

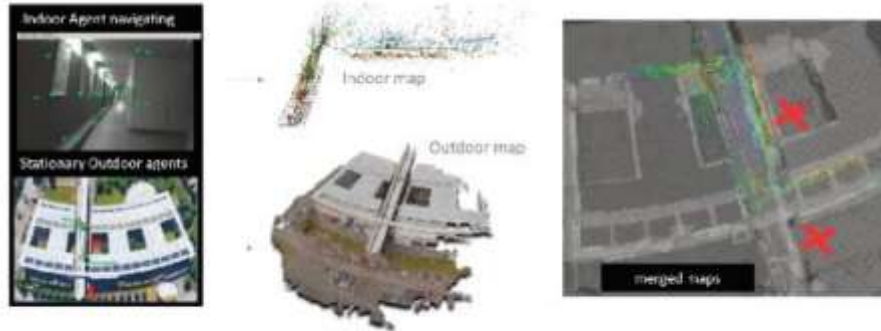


Autonomous 3D path and motion planning



3D Perception and optimal/robust motion planning for autonomous navigation

# Perception and localization

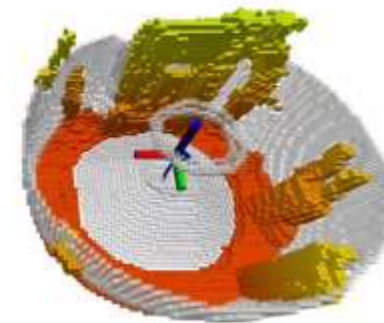


xlim

*MAS cooperative localization based on distributed data-fusion and UWB sensors*



FOV (h,v) = [86°, 57°]  
 $v_{max} = 0.4 \text{ m/s}$   
 $a_{max} = 0.4 \text{ m/s}^2$   
 $w_{max} = 0.75 \text{ r/s}$   
 Total time: 349s



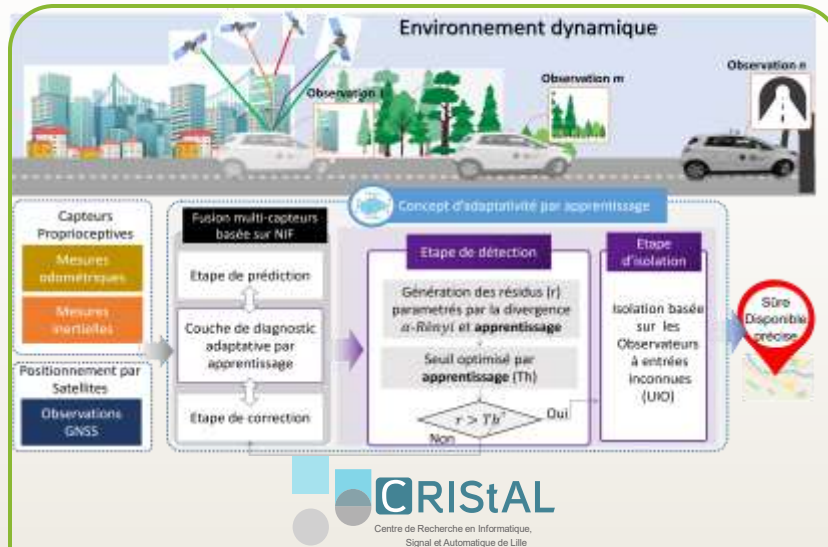
LIRMM

ImViA



# Perception and localization

## Ground vehicles fault tolerant localization – Supervision and system diagnosis



Diagnostic adaptatif à l'environnement par apprentissage

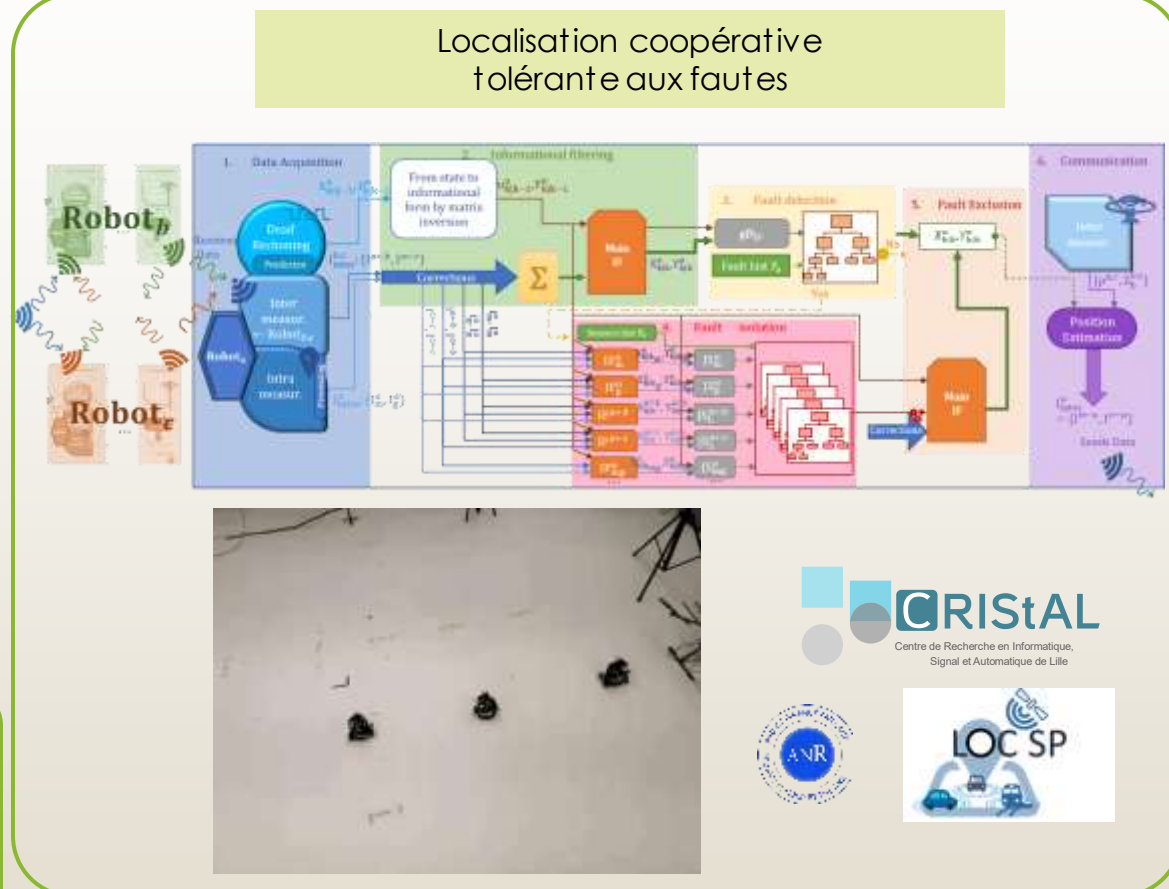
## Jumeau numérique

### Jumeau numérique des systèmes multi-véhicules coopératifs :

Simulateur/émulateur pour GNSS (STELLA) et d'autres capteurs de localisation, simulateur de conduite (CARLA), carto2D/3D... pour le rejoue de scénarii de trajectoires multi-véhicule et la génération de bases de données multi-capteur pour l'apprentissage.



- Hardware:**
- PC 1 Linux for vehicular simulation.
  - PC 2 windows for GNSS simulation and acquisition.
  - GNSS receiver 1: Septentrio Antark S HOC.
  - GNSS receiver 2: U-Blox MBT.



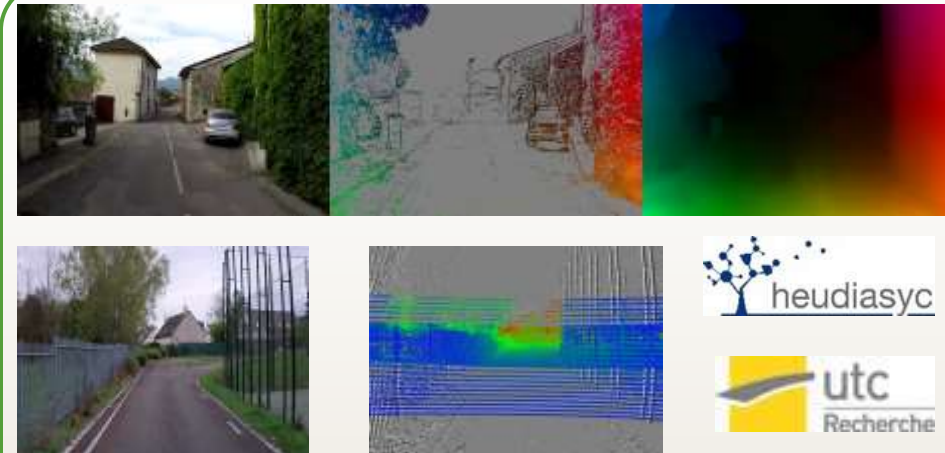
# Perception and localization

## Cooperative perception



Navigation coopérative pour les véhicules communicants :  
démonstrations sur route ouverte (projet FUI Tornado à  
Rambouillet en Juillet 2021)  
Perception coopérative (communication I2V)  
Fusion lidar / caméra déportée

## Multimodal perception

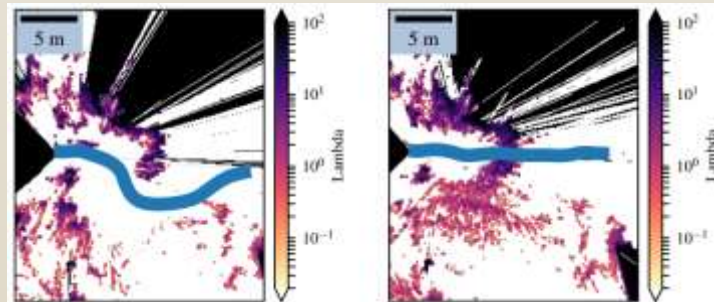


Perception multimodale des vulnérables pour la  
conduite autonome en environnement urbain : fusion  
caméra RGB / caméra à événements / LiDAR

## Multi-sensor perception



Perception multi-sensorielle pour la navigation autonome en maîtrisant le risque



Lambda fields : framework pour l'estimation d'un risque  
physique pour un robot mobile  
(2ème prix de these du GdR)





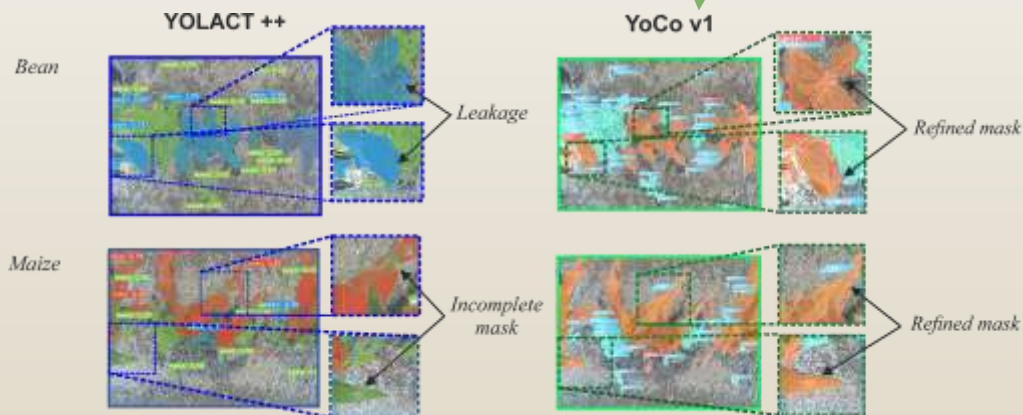
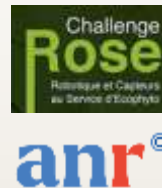
## Perception en milieu naturel

Robotique agricole :

- solution basée sur la perception pour la navigation autonome et binage intra-rangée
- applicable aux différents stades de développement des cultures/mauvaises herbes
- préserve le biotope du sol (plateforme électrique légère)



Embedded/integrated sensors  
for Plant segmentation based on  
fusion of colometry model &  
CNN (@27 FPS)



Segmentation results: State-of-the-art solution (YOLACT++) v.s. proposed solution (YoCo v1)

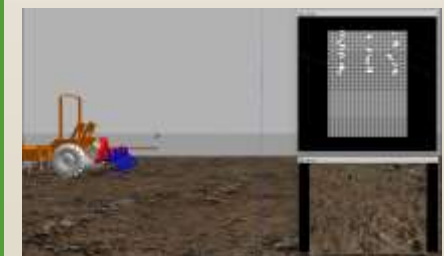
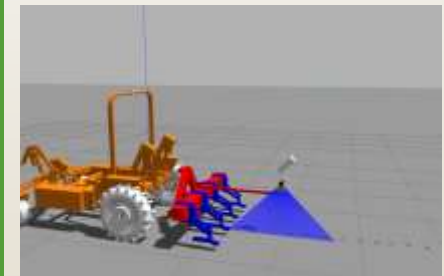


In-field evaluations  
(Montoldre experimental site)



Robotique agricole :  
Jumeau numérique

Digital twins, deploying/connecting real  
data of sensors, modelling uncertainties,  
running control cycle in real-time





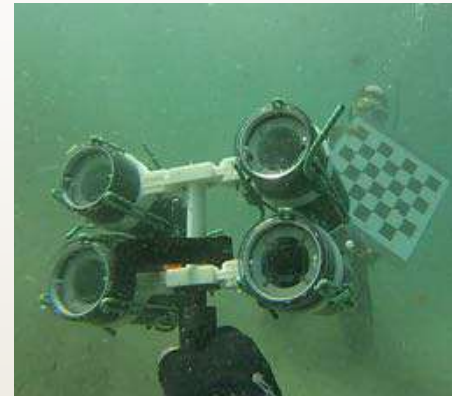
## *Cooperative perception*

Conception de capteurs multi-vues et de vecteurs d'acquisition légers

Acquisition collaborative, drones hétérogènes (surface/sm)

Planification de trajectoires dédiées acquisition

Partage et propagation d'information entre plateformes

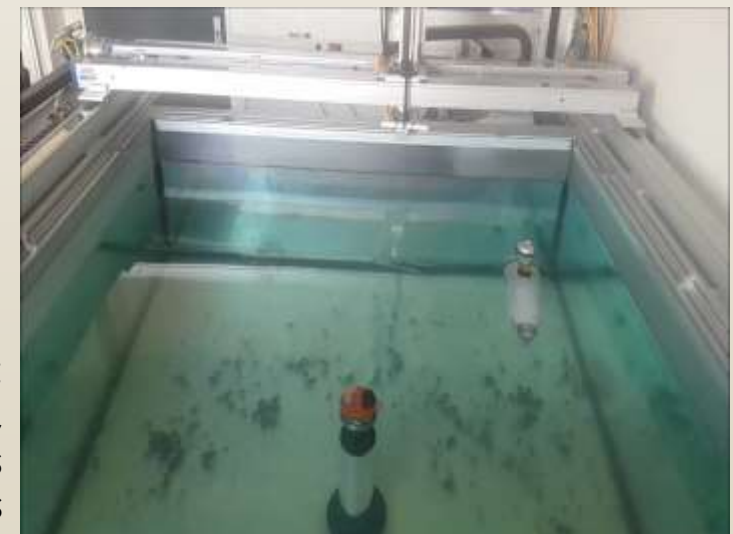


## *Innovative perception*

Le sens électrique pour la navigation et la communication

Évitement  
réactif de tous  
les obstacles

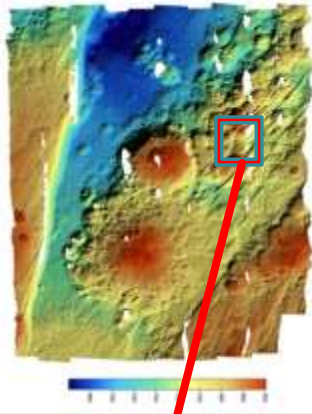
Communication :  
détection d'un robot,  
rendez-vous, échanges  
de données



# Perception and localization



## Multi-scale perception



AUV 6000m UlyX :

Cartographie et inspection  
locale / multi-échelle des  
fonds de mer



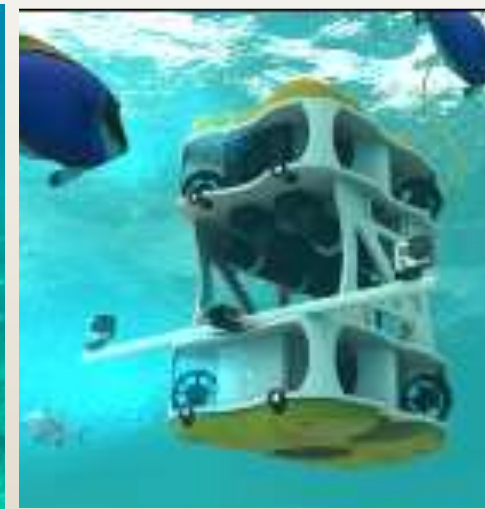
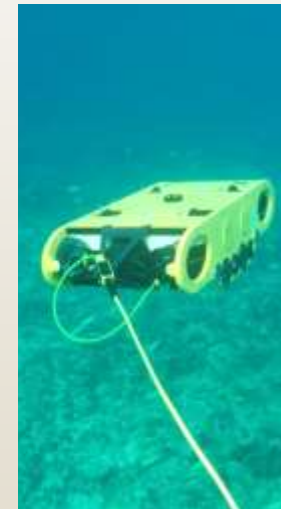
## Diversity assessment



LIRMM

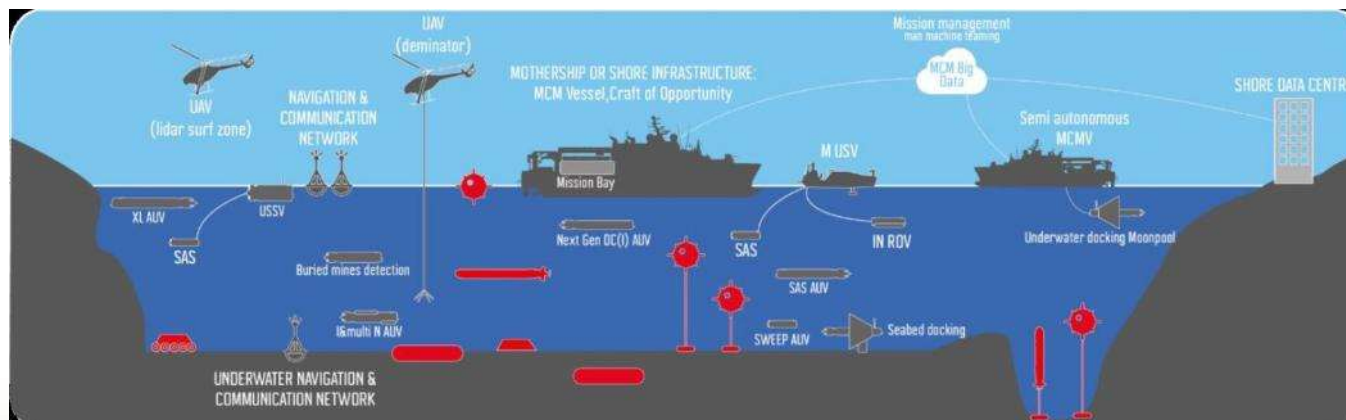
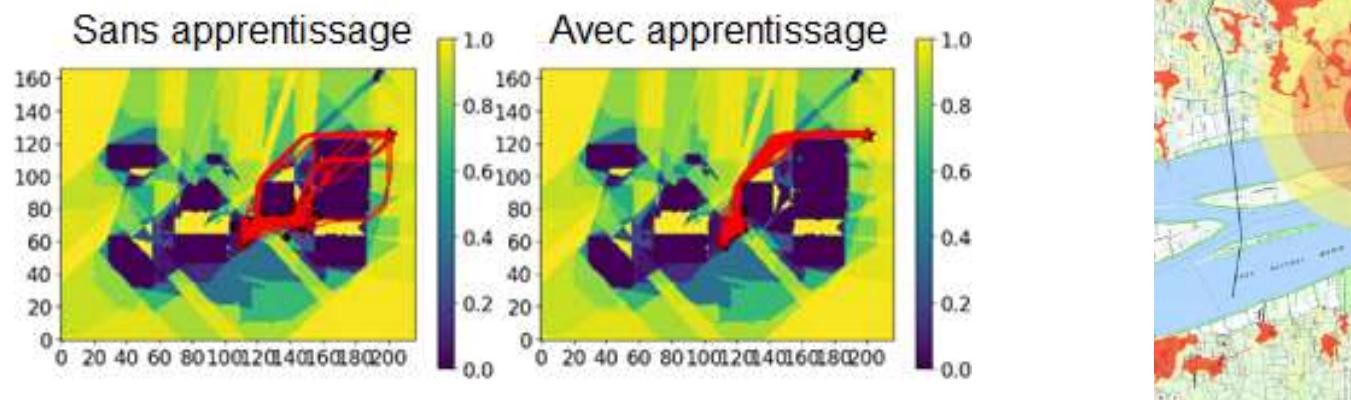
Projet BUBOT :

Better Understanding Biodiversity  
changes thx to new Observation Tools.  
Adaptation of expert protocols, Species  
Identification, 3D Tracking, with metric.



## Planification

Planification de chemin

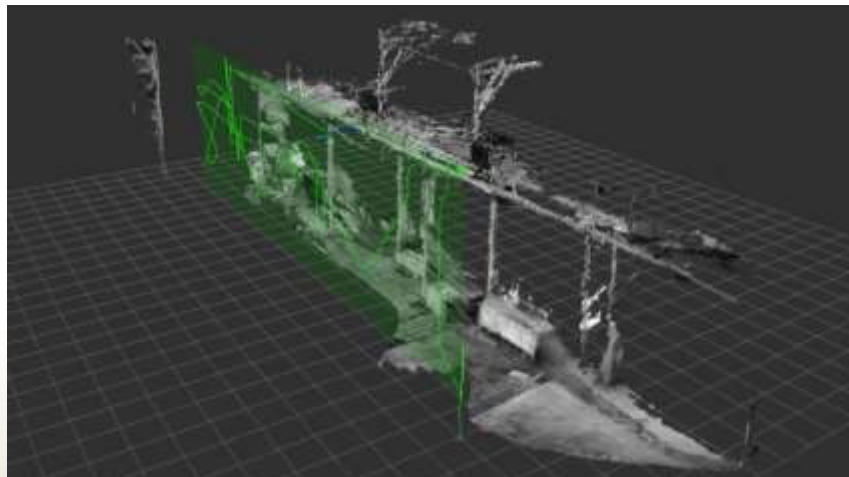
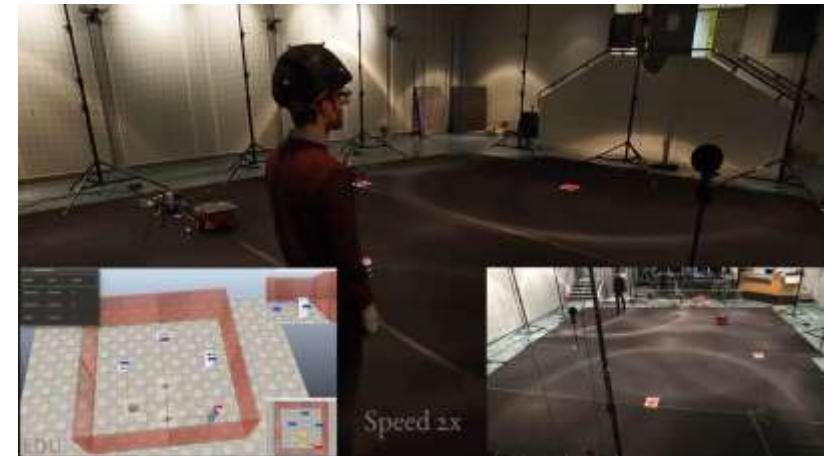
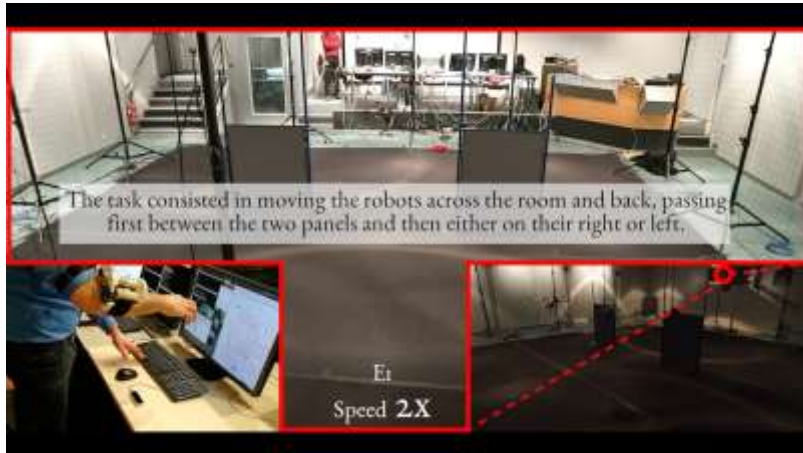


Projet EDIDP MIRACLE, Mine Risk Clearance for Europe (2020-2023)  
Planification de mission dans les centres de commande pour la  
Guerre des Mines



# Human-robot cooperation & interaction

## Cooperation with human



Télé-opération de drone  
contrainte sur une surface



## Physical-interaction control



Coordination robots – opérateurs

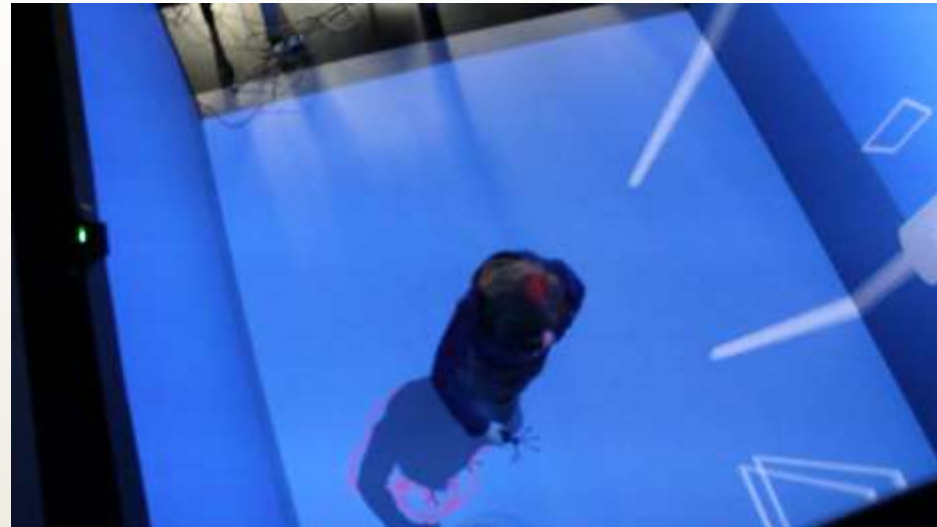
# Human-robot cooperation & interaction



## *Physical interaction*



## *Cooperation with human*



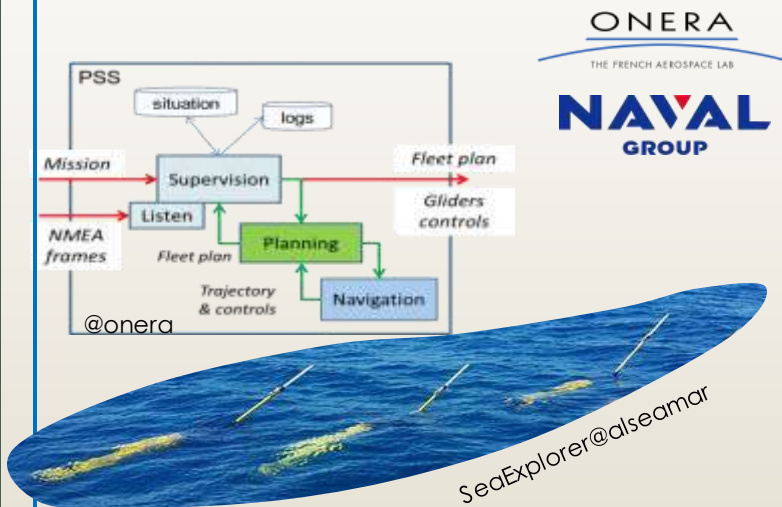


# Human-robot cooperation & interaction



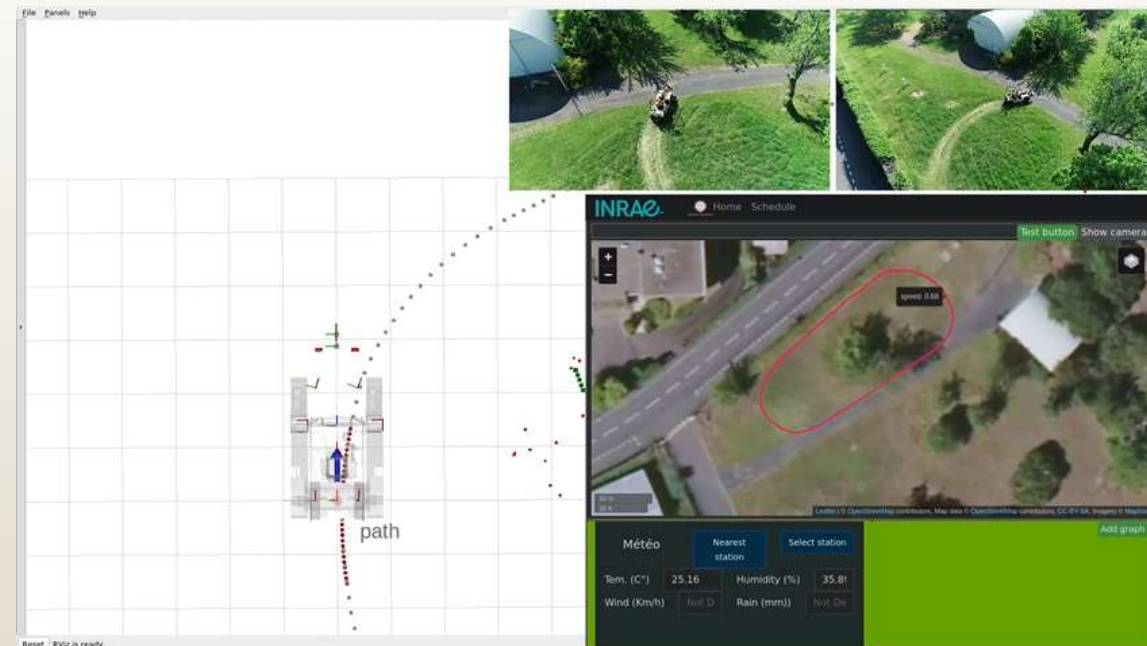
## Cooperation with human

Simulation d'une flotte de planeurs sous-marins supervisée depuis un centre de commande, Autonomie Décisionnelle Contrôlée.



Supervision à distance

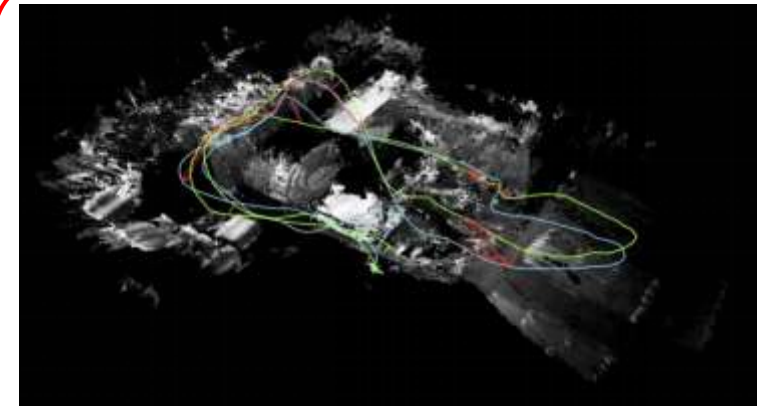
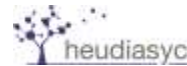
INRAE



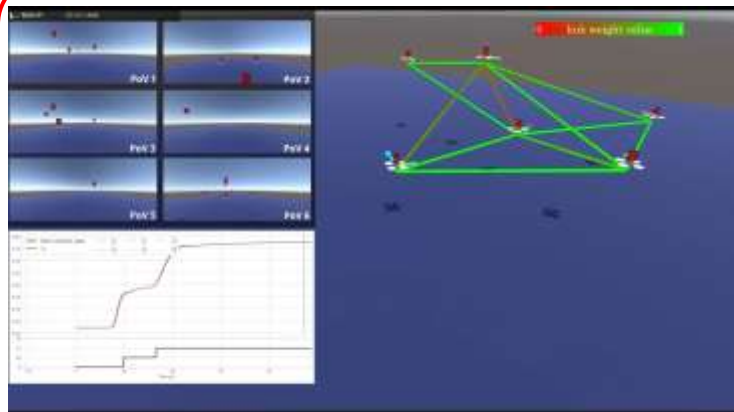
@SuperRob - Tiara - Supervision de flottes et capteurs



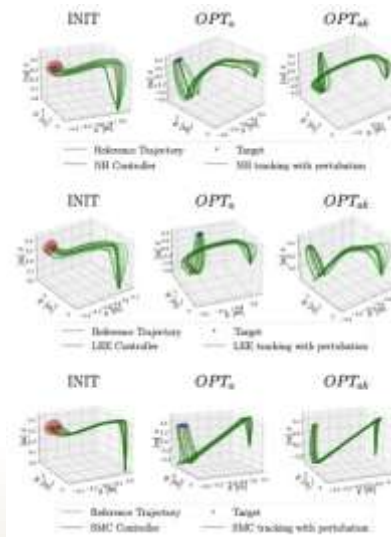
# Multi-robot systems



Multi-Robot SLAM



Generation of intrinsically-robust trajectories for mobile robots (with a focus on drones)



Vol en formation

# Multi-robot systems



université  
PARIS-SACLAY

CentraleSupélec

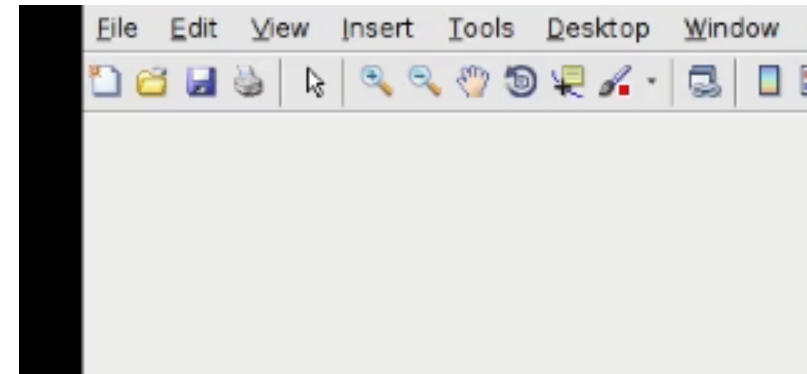
L2S Laboratoire  
Signaux &  
Systèmes



LAAS  
CNRS



xlim



Distributed localization and mapping  
Delay-tolerant flocking control of heterogeneous MAS  
Communication and consensus-based formation control

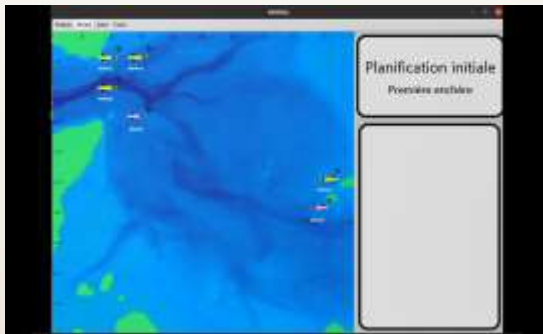


UAS consensus & Multi-link aerial system (multi-cargo transport)

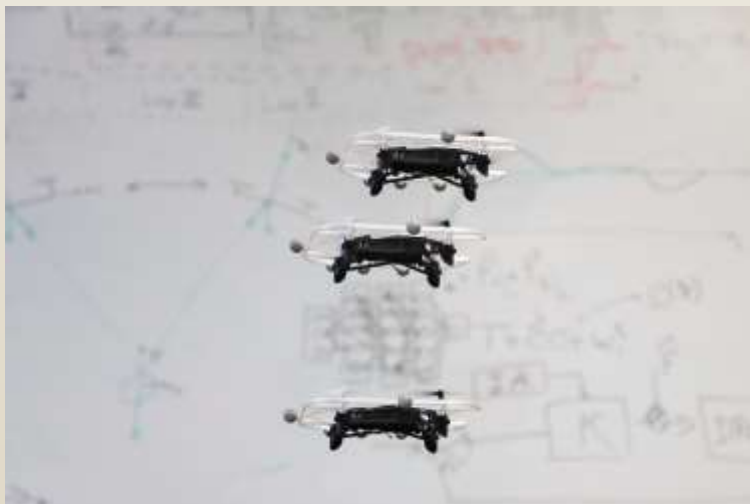
# Multi-robot systems

Algorithmes et architecture pour le contrôle de l'exploration d'une zone par une flotte de sous-marins autonomes

- Problème d'allocation de tâches multirobots sous contraintes de communication
- tâches dépendantes
- contraintes temporelles
- application à la chasse aux mines.



Decentralized Control and Estimation of a Flying Parallel Robot Interacting with the Environment



Commande d'essaim de drones de grand nombre avec évitement inter-drones et des obstacles basé sur le pavage de Voronoi



# Various locomotion modes



## Accommodating unobservability to control flight attitude with optic flow

G. C. H. E. de Croon, J. J. G. Dupeyroux, C. De Wagter, A. Chatterjee, D. A. Olejnik & F. Ruffier

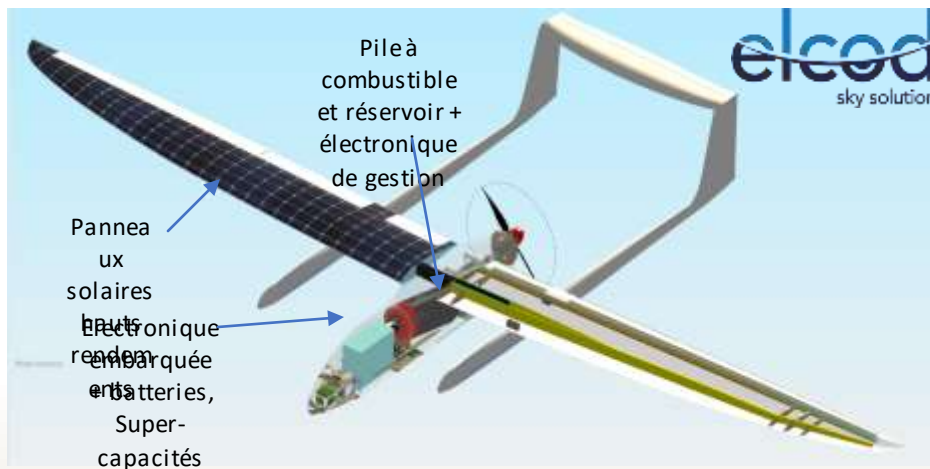






## Vector field aided trajectory tracking of a 10-gram Flapping-Wings Aerial Vehicle

A. Ndoye, J. J. Castillo-Zamora, S. Samorah-Laki, R. Miot, E. Van Ruymbeke, F. Ruffier

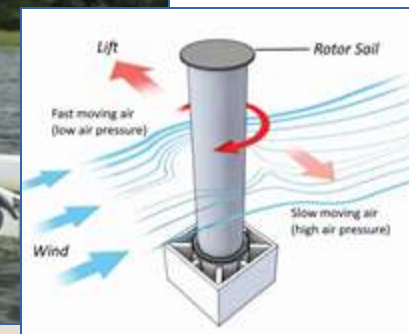
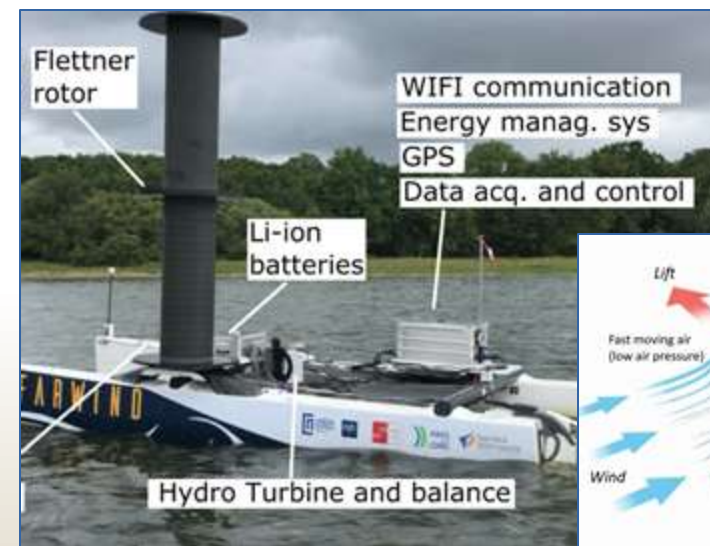


**Projet HELCOD** (Hydrogen Endurance Low COst Drone)



## Projet Farwind.

Propulsion par rotor Flettner : modélisation, identification, planification de trajectoires



# Various locomotion modes



LIRMM



## Biomimetic U-CAT Turtle-Like AUV

Modélisation et commande de robots sous-marins bio-inspirés

Collaboration LIRMM / TALTECH (Estonie). Applications : Inspection, data collection, human-diver cooperation



## Projet Natrix

Robot nageur capable de stabiliser son corps à la surface de l'eau en vue d'une navigation par le regard. Stratégies de contrôle posturale bio-inspirées

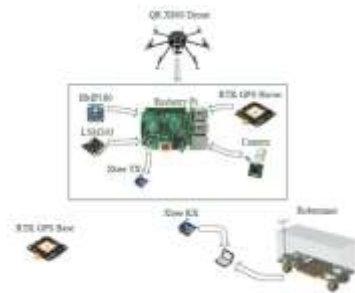


## Projet Seabot

Robots flotteurs dérivants parcourant de grandes distances en exploitant les courants marins. Monitoring, océanographie, multirobots.



# Applications and social interest



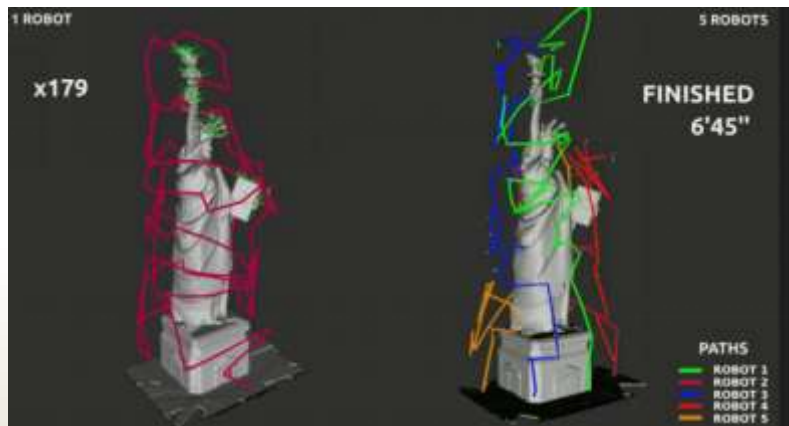
Optimal management of the guidance of Intelligent Autonomous Vehicles (IAV) in dead zones, devoid from navigational signals



Projets ANR STRAD STReet Art Drone [2022-2026]



Projet ANR TIR4sTEEt climatologie urbaine [2022-2026]



Multi-UAV 3D surface reconstruction





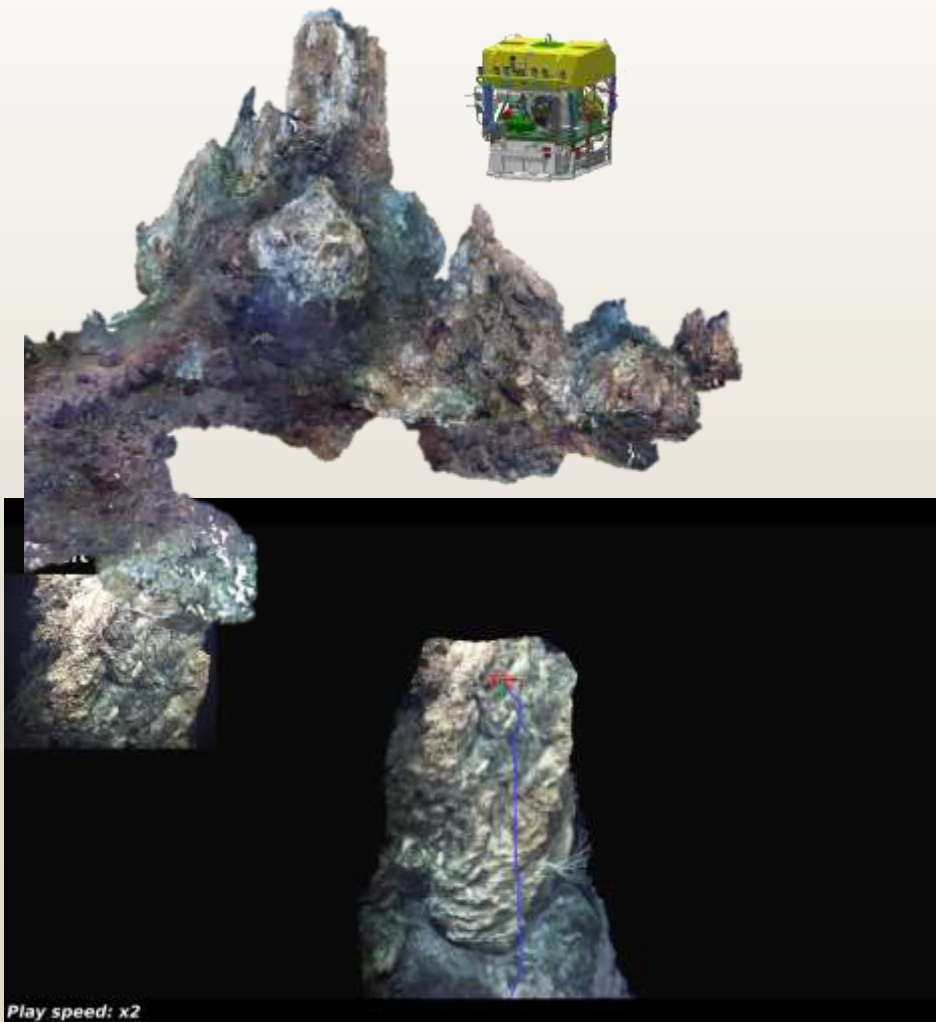
# Applications and social interest



## Geology, biology

Reconstruction 3D Temps-Réel  
par SLAM Visuel Stéréo

Ifremer



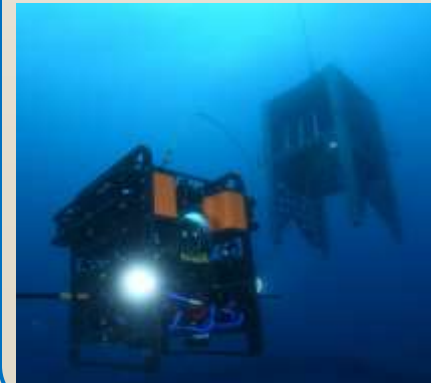
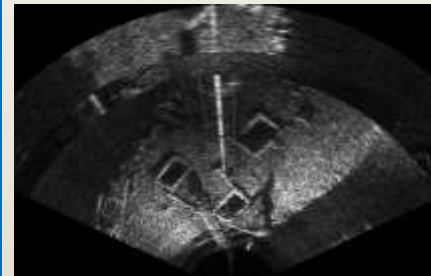
## Archaeology



Stanford University

Collaboration avec le DRASSM

- fusion sonar/vision
- modélisation d'ombilicaux temps-réel
- collaboration de l'humanoïde Ocean One de Stanford avec les robots DRASSM/LIRMM
- conception robot sous-marin Arthur (2500 mètres) et infrastructure robotique du navire A. Merlin (DRASSM).
- campagne internationale Skerki banks Unesco 2022

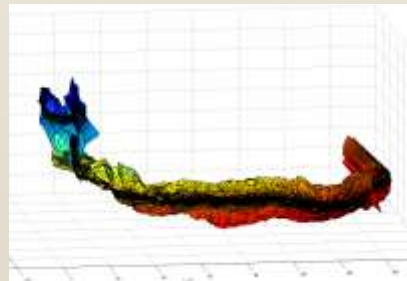
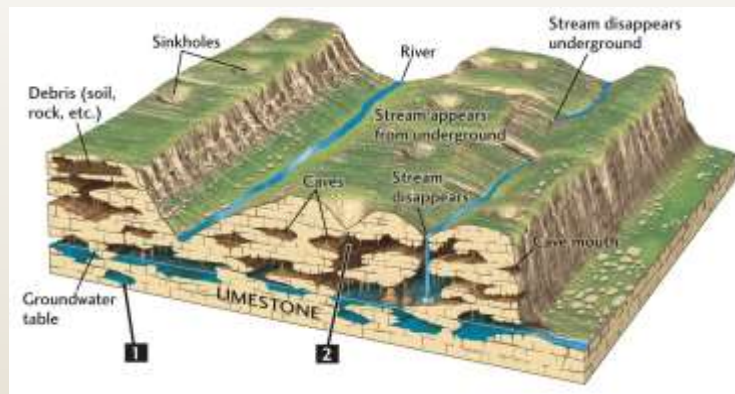


## *Challenges facing water resources*



LIRMM

Exploration de galeries karstiques  
par robots subaquatiques



Exchanges : Michel Delyon  
Alex Delyon  
Photo : Frank Delyon

**Journée GT2 UAV:** 06 juillet 2021 en visioconférence  
6 exposés - 1 session plénière - 36 participants

**Journée GT2 UAV:** 10 décembre 2021 en visioconférence  
5 exposés - 39 participants

**Journée GT2 AUV:** 13 décembre 2021 en présentiel à l'ISIR (Jussieu, Paris)  
11 exposés - 38 participants

**SubMeeting:** 6-8 avril 2022 à Saint-Raphaël (Var)  
Expérimentations de robotique marine en mer – 5 laboratoires présents – conférence grand public

**Journées communes GT2 Terre – GT4:** 3 et 4 octobre 2022 à Lille  
Sûreté de fonctionnement et architecture de contrôle de systèmes robotiques autonomes  
10 exposés + 32 participants + 1 table ronde + 1 retour d'expérience sur le challenge CoHoMA

## Upcoming events:

Journée GT2 AUV: 6 décembre 2022 en présentiel à l'ISIR (Jussieu, Paris)

Journée GT2 UAV: 07 décembre 2022 en présentiel au LS2N (Nantes)

Journées GT2 Terre/Air/Mer – février/mars 2023 à Paris