

# Calcul ensembliste pour la robotique: développement de robots marins, sous marins, terrestres ou aériens pour l'exploration

*Fourniture 2 2012 (convention MRIS 2009-2012)*

*F. Le Bars, A. Bethencourt, J. Sliwka, L. Jaulin*

*ENSTA Bretagne*

*22 Juin 2012*

## Descriptif de l'étude

Dans le cadre de cette étude, nous cherchons à réaliser des plateformes robotiques marines, sous-marines, terrestres et aériennes dans le but de valider des concepts et algorithmes divers, notamment en utilisant des méthodes ensemblistes telles que le calcul par intervalles. Les thématiques liées à ce projet sont variées : réalisation de robots simples et robustes, téléopération, autonomie, localisation robuste, SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), détection et reconnaissance d'objets, collaboration entre robots...

Voici les principaux travaux en cours :

- Voilier autonome VAIMOS (Voilier Autonome Instrumenté pour Mesures Océanographiques de Surface) de l'IFREMER. Le but de l'IFREMER est d'obtenir un robot capable de remplacer et/ou compléter les outils existants (navires océanographiques, bouées fixes et dérivantes, véhicules de surface téléopérés...) qu'ils ont pour faire effectuer des missions de mesures des paramètres de la surface de l'eau de plusieurs mois. Un voilier autonome peut quadriller une zone voulue sans dériver aléatoirement selon les courants et vents et sans consommer beaucoup d'énergie. En dehors de l'océanographie, ce type de véhicule pourrait remplir d'autres missions : surveillance autonome de l'entrée d'un port, support de surface pour une meute de robots sous-marins...
- Robots sous-marins autonomes et concours SAUC-E 2012. Cette année, nous prévoyons de présenter 2 équipes : une première avec les AUVs SAUC'ISSE et SARDINE utilisés les années précédentes, et une deuxième, avec 4 ROVs de la société CISCREA achetés récemment et que l'on est en train d'équiper pour les transformer en AUVs. En marge de ce concours et en lien avec d'autres travaux à l'école, nous continuons à étudier les problèmes de localisation, contrôle, et collaboration de robots sous-marins et marins.
- Coupe de France de Robotique 2012. En lien étroit avec les algorithmes développés pour la localisation robuste de SAUC'ISSE, nous avons cherché à utiliser les robots fabriqués pour ce concours pour tester et comparer différentes méthodes de localisation.

## Robotique marine : VAIMOS



Figure 1 : VAIMOS en mer

Suite aux essais concluants de VAIMOS entre Brest et Douarnenez, d'autres expériences sont en cours de préparation : en Juillet et Août, VAIMOS devrait être embarqué sur un navire océanographique de l'Ifremer pour une mission au large des Açores, où il devrait être lancé pour plusieurs trajets de quelques jours dans le but d'enregistrer des données sur l'état de la surface de la mer dans cette zone, qui a été assez peu étudiée jusqu'à maintenant. Quelques modifications ont été effectuées par l'Ifremer sur le voilier pour préparer ces expériences en conditions réelles d'utilisation :

- Le gouvernail a été changé et renforcé.
- La voile a été refaite pour être plus adaptée à des conditions de vents forts.
- Un modem Iridium a été installé pour permettre le contrôle à distance du voilier par liaison satellitaire, ainsi que la récupération en cours de mission d'échantillons de données.
- Des modifications électroniques ont été apportées pour permettre des désactivations de certaines parties temporairement inutilisées sur le voilier pendant certaines étapes de ces missions.

Les algorithmes de contrôle du voilier sont actuellement en cours de mise à jour pour prendre en compte ces différentes modifications. De plus, suite aux analyses du comportement du voilier lors de la mission Brest-Douarnenez, des améliorations ont été apportées à son algorithme de suivi de ligne, et celles-ci restent à tester. Des expériences en rade de Brest sont prévues prochainement pour tester et valider ces diverses modifications.

## Robotique sous-marine : SAUC-E

Comme tous les ans, l'ENSTA Bretagne participera au concours SAUC-E cette année. Il se déroulera du 6 au 13 Juillet à La Spezia, Italie comme les 2 années précédentes. Les épreuves devraient être proches de celles de 2011, avec en plus des épreuves libres et de

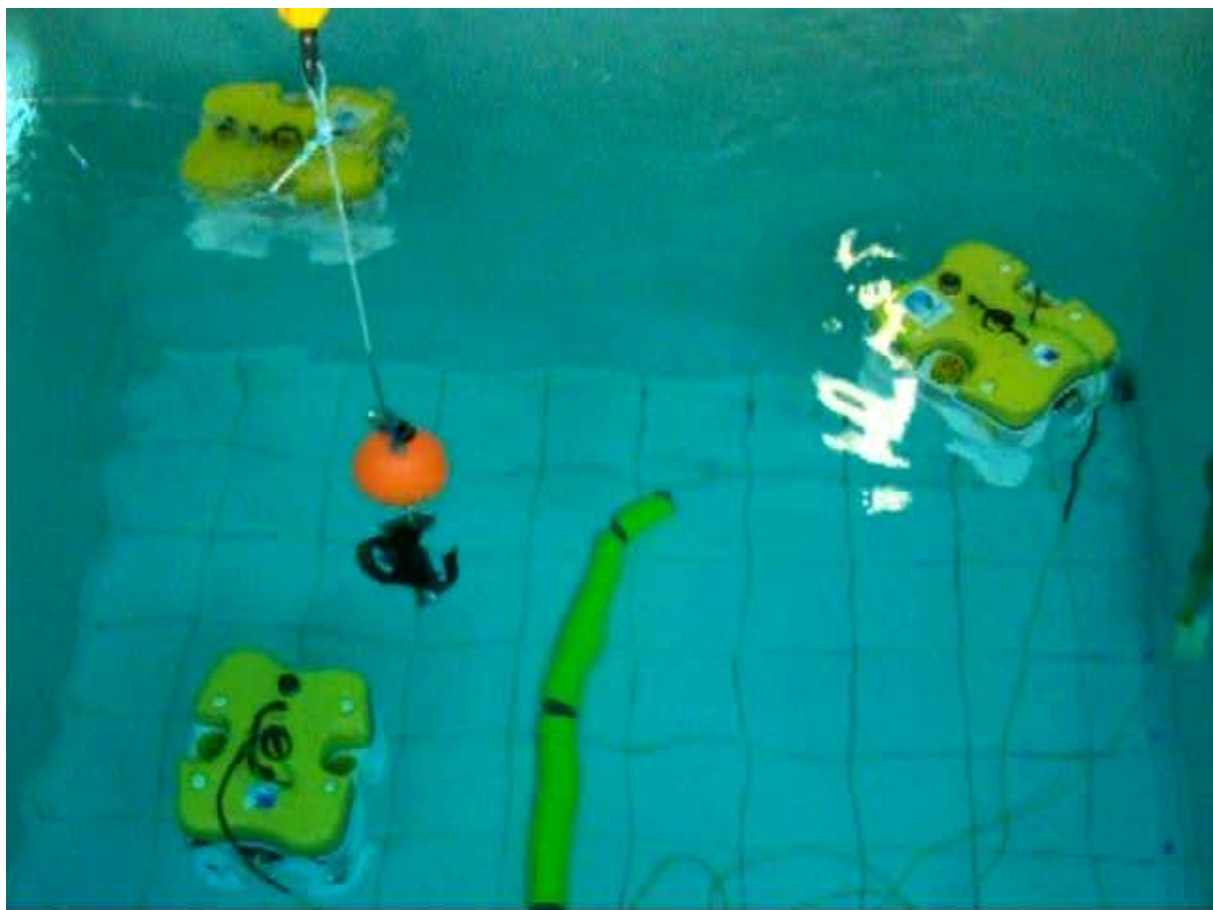
collaboration par communication acoustique entre robots. Cette année, nous prévoyons de présenter 2 équipes :

- Une équipe avec les sous-marins existants SAUC'ISSE et SARDINE.



**Figure 2 : SAUC'ISSE et SARDINE**

- Une nouvelle équipe avec des ROVs de la société CISCREA que l'on est en train de modifier pour qu'ils soient capables d'effectuer les missions du concours.



**Figure 3 : Robots CISCREA en tests d'évitement d'obstacles dans la piscine de l'ENSTA Bretagne**

En marge de la préparation de ce concours, plusieurs autres travaux ont été effectués. Un algorithme de localisation robuste utilisant un sonar rotatif a été développé pendant les années précédentes et est actuellement fonctionnel. Celui-ci a été repris pour qu'il soit capable de fonctionner sur SAUC'ISSE avec un échosondeur à la place du sonar habituel. En effet, le

coût d'un sonar de ce type (qui est l'un des moins chers) est de 6000€ environ, alors qu'un échosondeur peut coûter la moitié. Malgré le fait qu'un échosondeur n'émette que dans une seule direction, contrairement au sonar qui émet sur 360°, nous avons pu facilement adapter l'algorithme de localisation pour qu'il fonctionne avec l'échosondeur à la place du sonar. Le robot doit alors tourner sur lui-même de temps en temps pour détecter tous les murs de la piscine et effectuer des allers-retours autonomes.

Dans la même idée de réduction des coûts des capteurs utilisés, des tests ont été faits pour embarquer un télémètre laser rotatif sur SARDINE (à la place d'un sonar) et essayer d'améliorer la localisation en dead-reckoning lorsque le robot passe à proximité des bords de la piscine (la portée du télémètre laser étant assez faible dans l'eau).

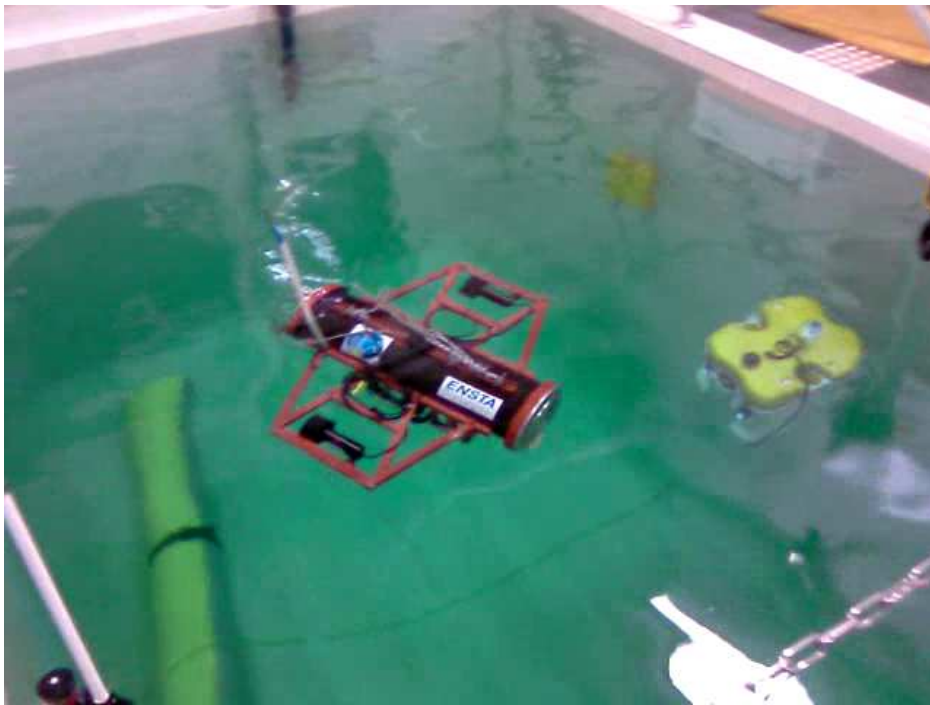


Figure 4 : SARDINE et un AUV CISCREA faisant des tests de régulations dans la piscine de l'ENSTA Bretagne

De plus, des expériences avec un pinger acoustique dans la rade de Brest et SAUC'ISSE muni de 2 hydrophones ont été faites. Différents types de données ont été enregistrés pour pouvoir tester divers algorithmes par la suite. D'autres expériences de prise de données sont prévues.

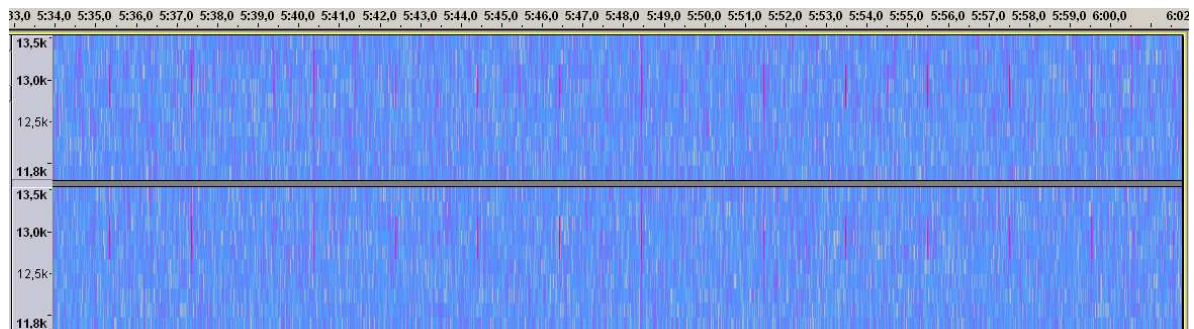


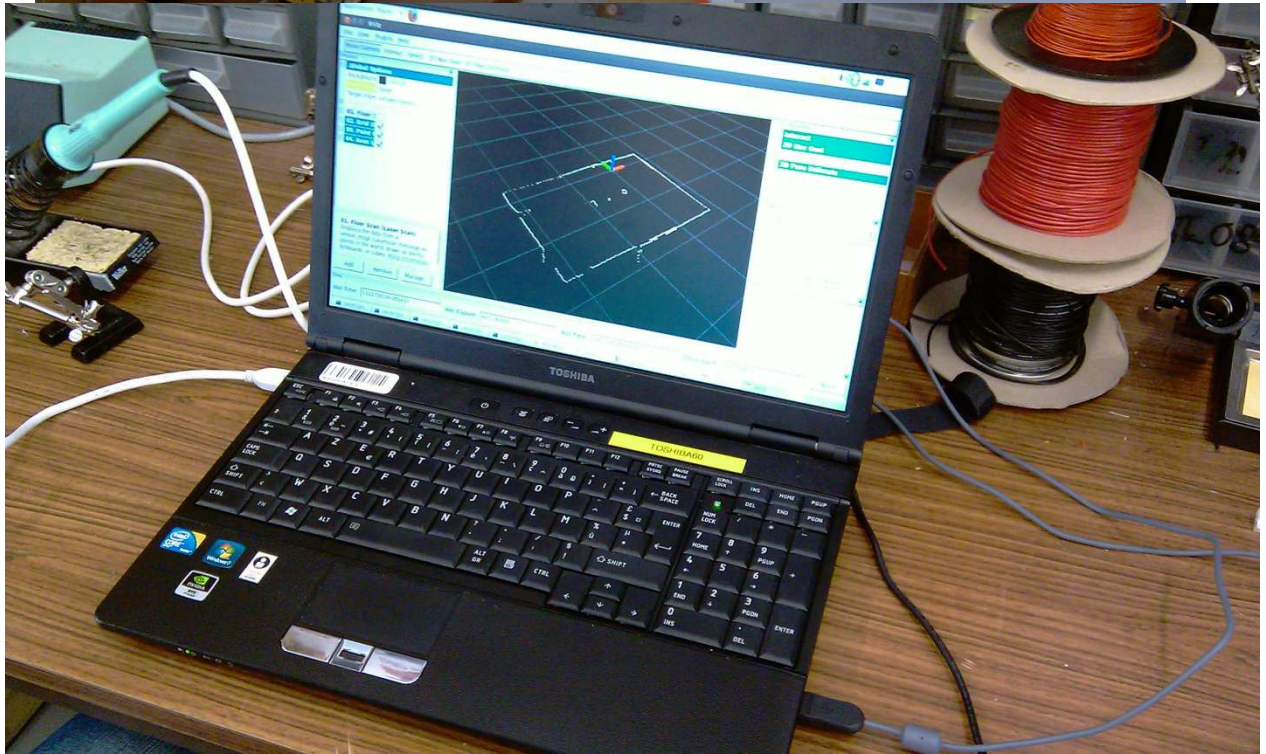
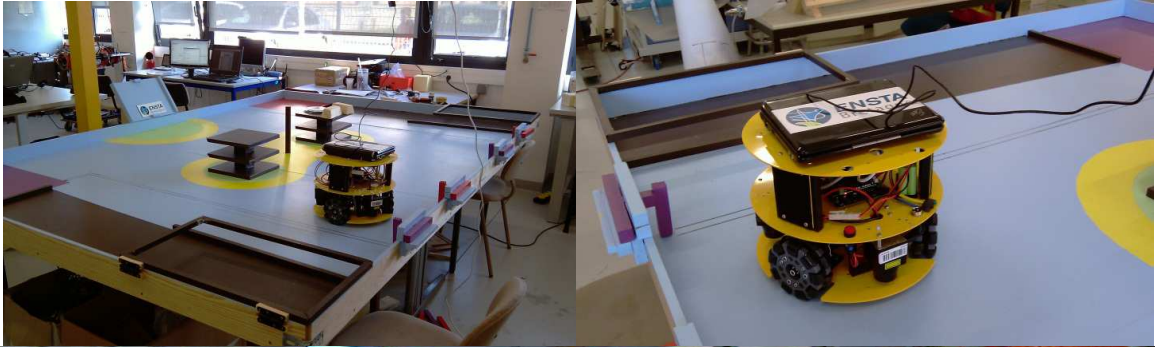
Figure 5 : Extrait des enregistrements audio des hydrophones. On voit des tâches rouges régulières : elles correspondent aux émissions du pinger à 13 KHz pendant 10 ms toutes les secondes

## Robotique terrestre : Coupe de France de Robotique

L'ENSTA Bretagne a participé à la Coupe de France de Robotique 2012 dans le but de tester en pratique les algorithmes développés dans nos travaux de recherche. Les robots étaient placés sur une arène de 2 m par 3 m et avaient pour mission de récupérer des objets (disques, lingots...) en un temps limité. Ces robots devaient être totalement autonomes, c'est pourquoi ils étaient équipés de capteurs (centrale inertielle et télémètres laser entre autres) afin de connaître l'environnement dans lequel ils évoluaient.

Le point de focalisation de nos travaux portait sur la localisation du robot dans l'arène. Sur l'image ci-dessous, la localisation a été réalisée via *AMCL (Affine Monte-Carlo Localization)* implémenté à partir de l'algorithme de Sebastian Thrun présenté dans le livre *Probabilistic Robotics*. Des études ont été menées afin d'implémenter et de comparer les résultats à une méthode ensembliste (en opposition à AMCL qui est une méthode probabiliste). Nous avons implémenté ces algorithmes sous *ROS (Robot Operating System)*, un middleware dédié à la robotique.

Les résultats sur la localisation furent très bons et le robot a pu se localiser en temps réel avec seulement quelques centimètres d'erreur. Cependant la génération des commandes moteurs fut plus mitigée. L'école est arrivée finalement 90<sup>ème</sup> sur 175 au concours, devant l'ENSTA ParisTech.



**Figure 6: Exemple de localisation du robot sous ROS**

# COUPE DE FRANCE DE ROBOTIQUE EQUIPE ENSTA-BRETAGNE



JOFFREY  
CARDON

VICTOR  
PERINET

LOUIS  
LEVEUF

BENOIT  
DESROCHERS

PATRICK  
ARNAUDIN

ARMAND  
BOUROUIN

AYMERIC  
BETHENCOURT

JEAN-FRANCOIS  
BERTIN

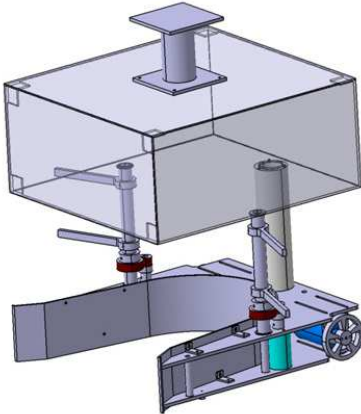
ANTOINE  
LE COGUEU

ADRIEN  
DESIES

JEAN-BAPTISTE  
ROGER

LUC  
JAULIN

 NATIONALITÉ FRANÇAISE



## ROBOT PRINCIPAL

- ORDINATEUR EMBARQUE EEE-PC
- 1 TELEMETRE LASER HOKUYO
- 1 IMU CH-ROBOTICS

MISSIONS : LINGOS / PIECES  
DES BRAS ROTATIFS RABATENT LES  
PIECES ET LINGOTS DANS LA CAVITE  
DU ROBOT.



## ROBOT SECONDAIRE

- ORDINATEUR EMBARQUE EEE-PC
- 2 TELEMETRES LASER HOKUYO

MISSIONS : CARTE / BOUTELLES  
ROBOT LEGER ET RAPIDE VISANT  
A REMPLIR RAPIDEMENT LES  
OBJECTIFS PUIS A BLOQUER L'ACCES  
DU NAVIRE A L'ENNEMI.



## ROBOT DE SECOURS

- ORDINATEUR EMBARQUE EEE-PC
- 3 TELEMETRES LASER HOKUYO
- 1 IMU CH-ROBOTICS
- 1 CARTE ARDUINO

MISSIONS : TOUTES  
ROBOT OMNI-DIRECTIONNEL CAPABLE  
DE REMPLACER LE ROBOT 1 OU 2 EN  
CAS DE PANNE.

