

Convention de subvention DGA-DS/ENSTA Bretagne
n°2012.60.0010.00.470.75.01
Année 2013-2014- fourniture 2

Etude n°1 : Calcul ensembliste pour la robotique marine et sous-marine

F. Le Bars, V. Drevelle, J. Nicola, M. S. Ibn Seddik, A. Béthencourt, L. Jaulin

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, peu coûteux et robustes, téléopération, autonomie, régulation, validation, localisation robuste, SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), détection et reconnaissance d'objets, cartographie, collaboration entre robots... Ce thème de recherche a été initié par la thèse DGA de Fabrice LE BARS soutenue en 2011 sur la robotique sous-marine (cartographie, localisation). Ce thème continue à travers la thèse d'Aymeric BETHENCOURT en cours sur le SLAM par meute de robots et le post-doc de Vincent DREVELLE sur l'exploration sous-marine par meute de robots, et prochainement la thèse de Simon ROHOU. De plus, d'autres projets sont étroitement liés à ces travaux. L'évaluation des algorithmes développés est assurée par la participation d'équipes de l'ENSTA Bretagne à plusieurs concours ou défis dont SAUC-E (robotique sous-marine), euRathlon (robotique terrestre en 2013, sous-marine en 2014) et WRSC (robots à voile et à moteur).

Voici les principaux travaux prévus pour cette année :

- Robotique marine de surface : participation à la WRSC/IRSC 2014 (compétition et conférence de robotique marine de surface autonome) en Irlande, collaboration avec l'Ifremer pour le robot voilier autonome VAIMOS (Voilier Autonome Instrumenté pour Mesures Océanographiques de Surface).
- Robots sous-marins autonomes. Cette année, les concours SAUC-E et euRathlon seront regroupés en Italie et seront tous les 2 sur de la robotique sous-marine. Nous y présenterons nos AUVs (Autonomous Underwater Vehicles) SAUC'ISSE, SARDINE et ROVs (Remote Operated Vehicles) de la société CISCREA modifiés. Nous continuerons aussi nos expériences en rade de Brest.
- Projets étudiants : robots humanoïdes NAOs, Coupe de France de Robotique, projet « Diving Bird », robot vélo autonome, meute de buggys autonomes... Ces petits projets et concours sont de bons moyens pour initier les étudiants à la robotique.

Robotique marine : WRSC/IRSC 2014

La WRSC/IRSC 2014 (compétition et conférence de robotique marine de surface autonome) aura lieu à Galway, Irlande du 8 au 12 Septembre 2014 (voir <http://wrsc2014.com/>). Les épreuves devraient être similaires à celles de l'année dernière (que nous avons organisée à Brest). Nous y participons avec 2 bateaux à moteur cette fois-ci : celui construit en 2013 et un robot construit par des étudiants il y a quelques années, amélioré pour pouvoir faire plus de tests.



Figure 1 : Bateau à moteur 2013 et hovercraft.

Un stagiaire a récemment développé un algorithme d'évitement d'obstacles par caméra, pour compléter celui réalisé et testé l'année dernière, qui nécessitait de connaître la position de l'obstacle. Nous allons le tester lors de la compétition.

Par ailleurs, les travaux sur les voiliers continuent, nous présenterons à IRSC des stratégies pour faire en sorte qu'un voilier puisse tracter efficacement une charge importante par rapport à son poids en utilisant intelligemment les courants marins et le vent [5].

Robotique sous-marine : SAUC-E et euRathlon 2014

Nous allons cette année participer aux concours SAUC-E et euRathlon 2014, qui sont regroupés à La Spezia, Italie du 20 Septembre au 3 Octobre 2014 et proposent des épreuves

proches du concours SAUC-E 2013 (voir <http://www.sauc-europe.org> et <http://www.eurathlon.org/>). Nous prévoyons d'y participer avec les robots suivants:

- SAUC'ISSE et SARDINE : les 2 robots sous-marins les plus anciens. Chacun est maintenant équipé d'un GPS, sonar, modems acoustiques et hydrophones.



Figure 2 : SAUC'ISSE et SARDINE.

- Le ROV CISCREA modifié l'année dernière pour pouvoir fonctionner en mode AUV. Le robot utilisé l'année dernière va être laissé tel qu'il est, et 2 autres ROVs sont en cours de modification sur le même modèle, mais avec une boîte supplémentaire plus petite (comme celle utilisée sur l'un de ces robots en 2012, mais avec de nouveaux connecteurs étanches pour être interchangeable avec le robot de 2013). De plus, nous avons de nouvelles batteries, qui devraient être utilisées sur les futurs AUVs, les batteries originales ayant eu de nombreux problèmes.



Figure 3 : Mise à l'eau du robot CISCREA modifié en 2013. 2 robots supplémentaires vont être préparés en 2014-2015 en combinant les choix faits en 2012 et 2013, et avec de nouvelles batteries.

Notre objectif est d'avoir assez rapidement une meute de 4 robots autonomes avec des capteurs suffisants pour faire des expériences de cartographie sous-marine en utilisant une « stratégie pas-à-pas », dans le cadre de la thèse DGA de Simon ROHOU qui démarrera en Octobre sur ce sujet.

En parallèle de la préparation des robots, nous travaillons aussi sur des améliorations de l'algorithme de localisation par calcul par intervalles d'un robot dans une piscine/port avec un sonar. L'idée est d'essayer d'étendre la q-intersection (voir [1]) et le principe des

accumulateurs (voir [2]) déjà utilisés dans les algorithmes précédents pour pouvoir mieux caractériser les éléments intéressants dans les données sonar malgré les données aberrantes (attribuer des scores aux échos selon leur cohérence avec ce qu'on attend comme type d'écho et d'autres types d'informations disponibles, pouvoir plus facilement définir un ensemble de positions restreint où il y a une accumulation de données cohérentes à l'intérieur de la zone où on garantit que le robot devrait être selon les hypothèses choisies...). Un parallèle avec les fonctions d'appartenance et alpha-cut, parfois utilisées pour gérer des incertitudes et données aberrantes dans le cadre des probabilités ou de la logique floue (voir [3] et [4]) sera effectué.



Figure 4 : Premiers tests en simulation du nouvel algorithme de localisation robuste par intervalles. Le point blanc représente la position réelle du robot dans la piscine verte et les traits bleus sont les echos sonar avec de très nombreuses données aberrantes (on voit que peu de ces traits sont cohérents avec les murs de la piscine). En connaissant les dimensions de la piscine et le cap du robot assez précisément, il est possible d'estimer assez précisément la position du robot avec de telles données sonar (la position estimée du robot est représentée par le robot vert et rouge). La position représentée est le centre du petit carré rouge, qui est la zone la plus cohérente avec les critères qu'on s'est donné (elle ne garantit rien), et qui se trouve à l'intérieur d'une zone plus grande (non représentée), où le calcul par intervalles nous garantit que le robot devrait être, compte tenu des hypothèses.

Des tests ont été faits en piscine et montrent de bons résultats, mais certaines idées d'amélioration n'ont pas encore été testées.

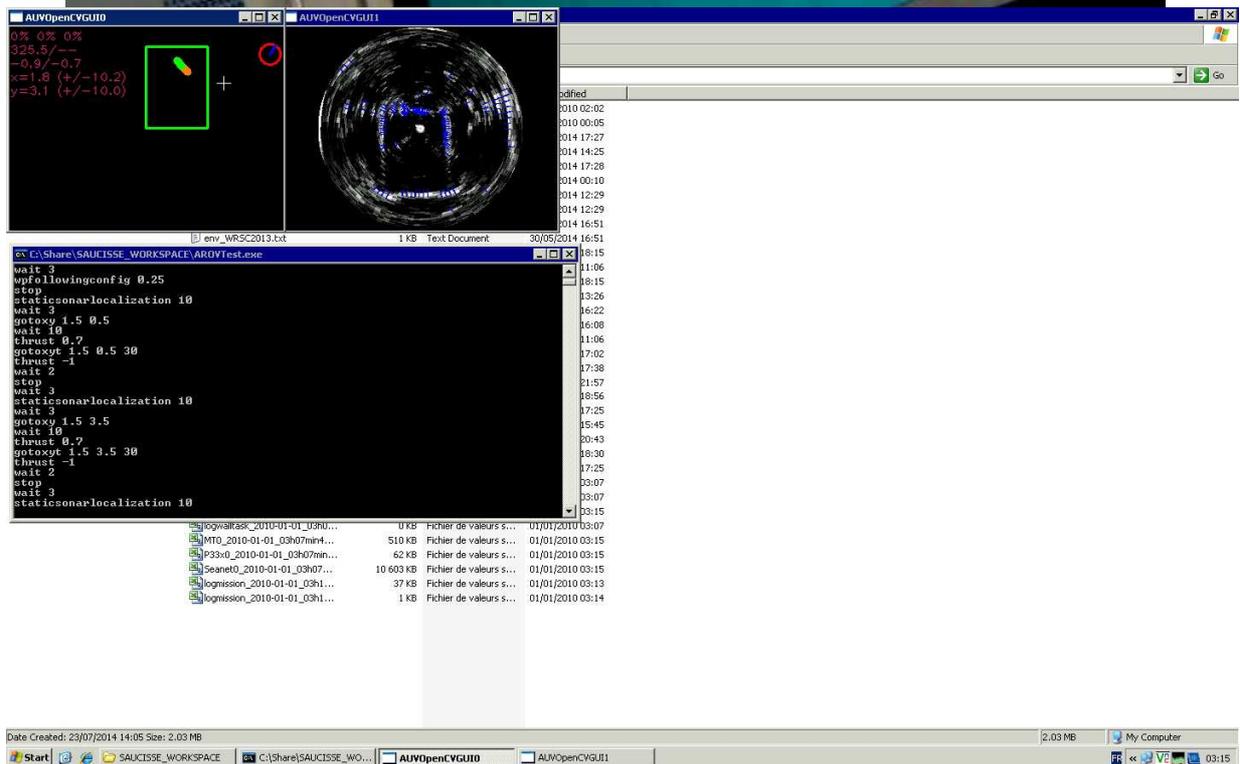


Figure 5 : Tests de localisation en piscine.

De plus, des tests en mer de localisation en alternant l'utilisation du GPS et le dead-reckoning (en préparation notamment des scénarios 1 et 5 d'euRathlon (longue distance et combiné avec suivi de mur)), et des tests avec nos modems acoustiques Trittech ont été faits. Lors du scénario 5 d'euRathlon, le robot sous-marin devrait utiliser le GPS lorsqu'il fait surface, des mesures de distances régulières par modem acoustique avec un bateau en surface

qui a le GPS, la localisation par sonar lorsque le sous-marin arrivera dans la zone du port connue, et le dead-reckoning (en utilisant des équations d'état, la boussole, et les consignes reçues par les propulseurs) quand aucune des autres méthodes ne peut donner d'informations.

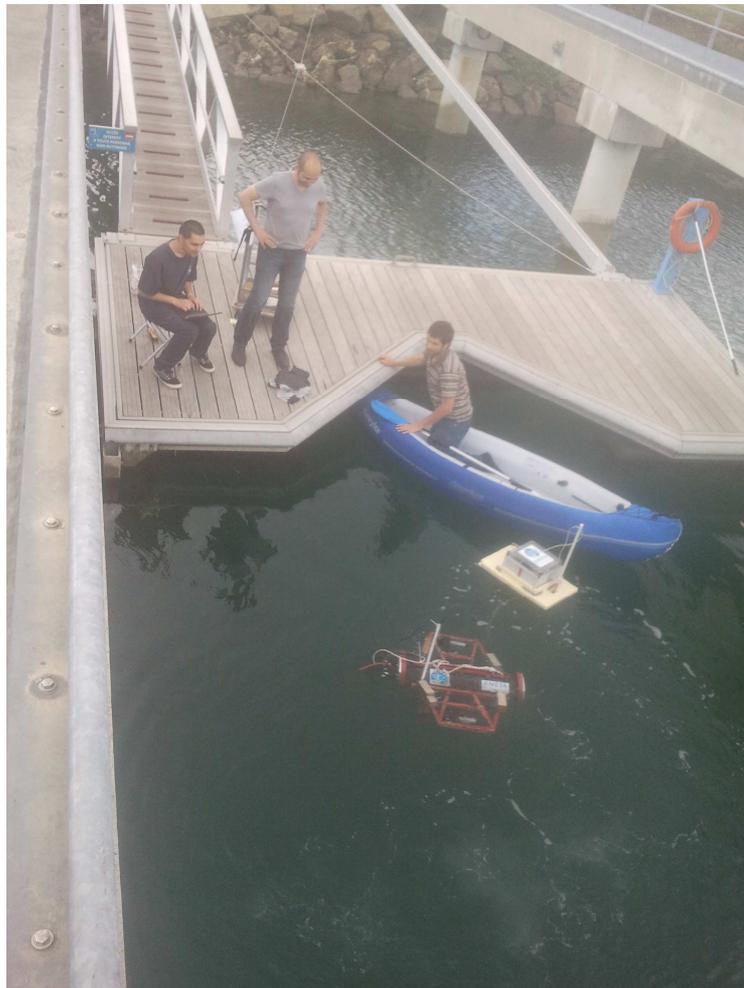


Figure 6 : Tests au port avec SARDINE et SAUCISSE.

En parallèle de cela, un stagiaire mexicain a travaillé pendant quelques mois sur un OpenROV, un petit robot sous-marin à très bas coût sorti récemment. Ce type de petit robot peut être intéressant pour des tests de meutes de robots en piscine, pour leur bas coût, et leur petite taille.

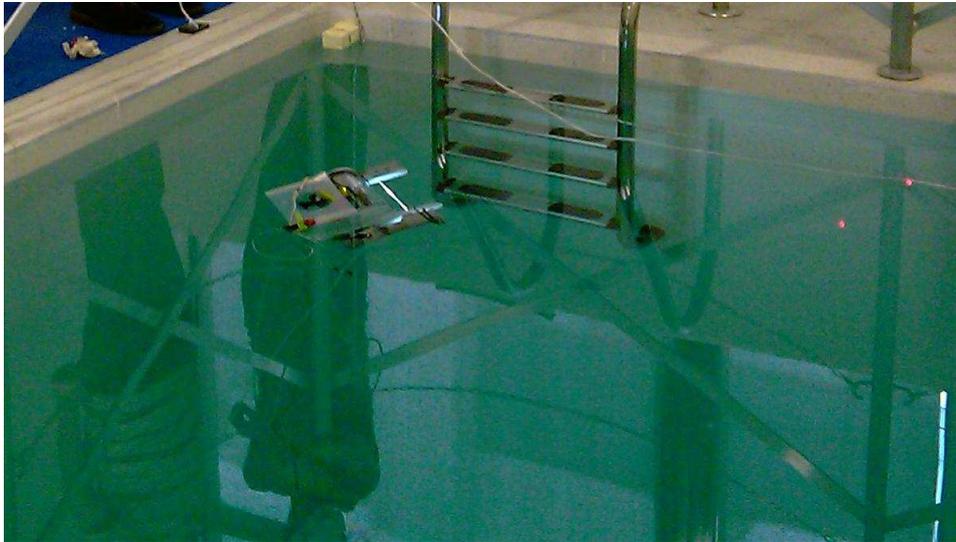


Figure 7 : Premiers tests de l'OpenROV dans la piscine de l'ENSTA Bretagne.

Robotique aérienne : projet « Diving Bird »

Différents récents ou futurs projets montrent qu'il est de plus en plus nécessaire d'être capable d'utiliser des robots de différents types pour effectuer des mesures ou explorations marines et sous-marines, pour pouvoir aborder de toutes les façons possibles l'environnement marin :

- Certains paramètres de la surface de l'océan peuvent être efficacement mesurés à coût réduit en survolant une zone (pour ajouter plus de précision aux données prises par satellites tout en limitant les coûts en évitant de mobiliser un navire océanographique par exemple).
- Lorsqu'on recherche un objet perdu dans l'eau dans une zone de plus en plus incertaine à mesure que le temps passe, la manière la plus rapide de l'atteindre devrait être de rejoindre la zone par les airs puis plonger dans l'eau une fois arrivé sur zone.

Ces considérations nous ont conduits à réfléchir à un robot capable de voler, puis de plonger et redécoller depuis l'eau. Un stagiaire de l'ENSICA a travaillé en projet de fin d'études à l'ENSTA Bretagne sur l'automatisation des avions. Des mini-avions à très bas coûts ont été construits pour se former à la robotique aérienne.



Figure 8 : Premiers tests avec un avion téléguidé construit en 2 jours à l'école à l'aide de Rogelio LOZANO Jr, invité à l'ENSTA Bretagne.

Des mesures de roulis, tangage, lacet, GPS ont aussi été effectuées sur un avion de l'aérodrome de Brest, pour comparer différents capteurs et avoir une meilleure idée de la dynamique d'un petit avion.

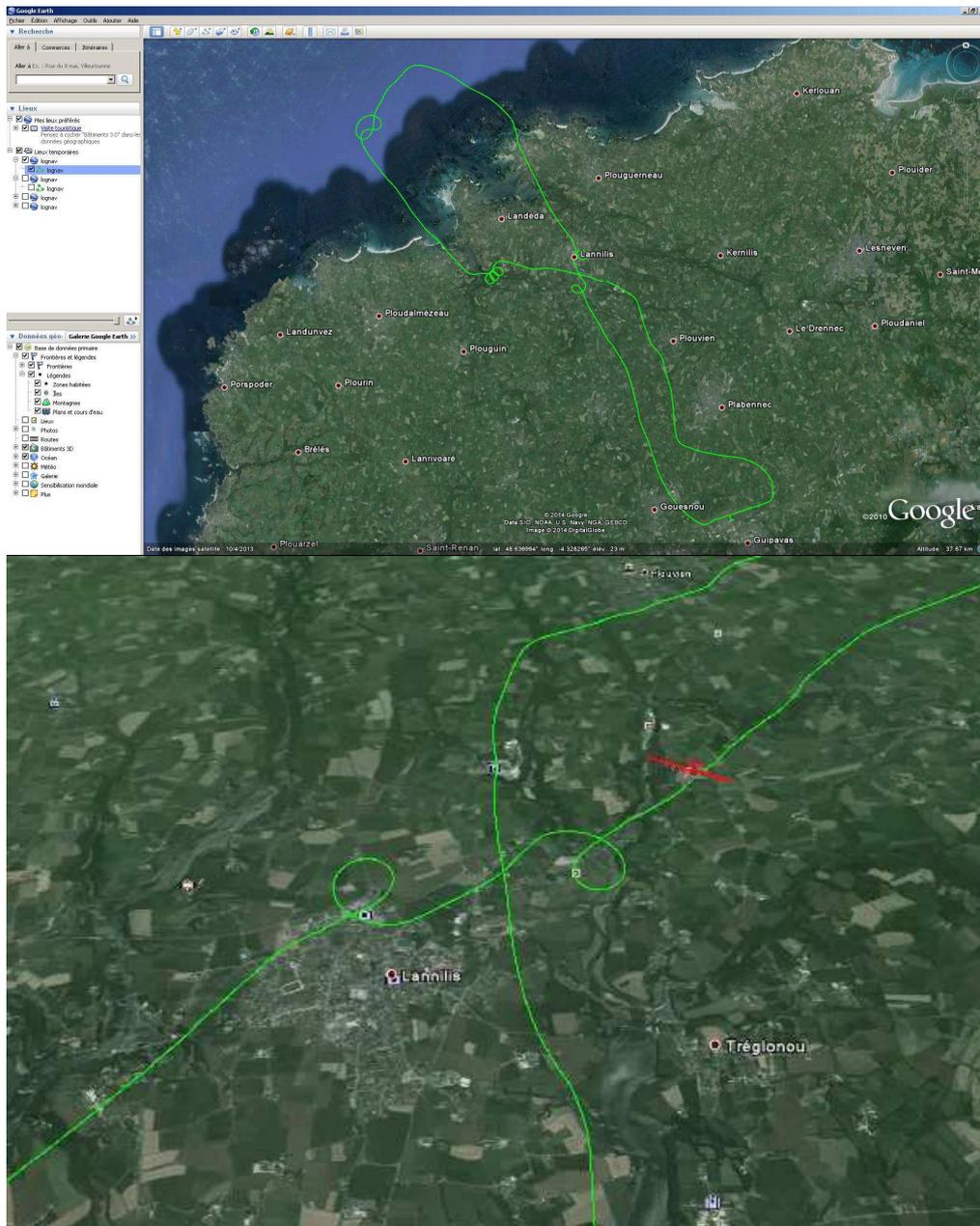


Figure 9 : Trajectoire et avion utilisé pour évaluer les capteurs. Nous avons pu constater que certains capteurs pouvaient donner des résultats irréalistes dans certaines situations notamment dans les boucles.

A la suite de cela, un robot avion autonome a été réalisé et testé par le stagiaire. Le robot a réussi à faire un suivi de trajectoire GPS en autonome. Des projets étudiants prenant la suite de cela devraient être proposés l'année prochaine.



Figure 10 : Tests de l'avion autonome.

Bibliographie

- [1] L. Jaulin. Robust set membership state estimation ; application to underwater robotics. *Automatica*, 45(1) :202-206, 2009.
- [2] J. Sliwka. Using set-membership methods for robust underwater robot localization. Thèse UBO, 2011.
- [3] D. Dubois and H. Prade. *Fussy Sets and Systems-Theory and Applications*. Academic Press, New York, NY, 1980.
- [4] J. Sliwka, L. Jaulin, M. Ceberio, and V. Kreinovich. Processing interval sensor data in the presence of outliers, with potential applications to localizing underwater robots. In *IEEE SMC*, Anchorage, Alaska, 2011.
- [5] L. Jaulin and F. Le Bars. Towing with sailboat robots. *IRSC*, Galway, Ireland, 2014.