



**ENSTA**  
Bretagne

**RAPPORT DE  
STAGE 2A**

**RESUME**

Ce document a pour vocation de réaliser une synthèse du travail effectué au cours du stage assistant ingénieur au sein du laboratoire robotique de l'ENSTA Bretagne.

**Fabrice LALLEMENT (CI2018)**

## Table des matières

Contexte du Stage.....	2
Projet de recherche pour le DRASSM.....	2
Concours de robotique ERL Emergency Robots .....	3
Problématiques soulevées par les thèmes abordés.....	3
Recherche autonome d'épave enfouie .....	3
Collaboration entre robots .....	4
Accomplissements du stage .....	5
Recherche autonome d'épave enfouie .....	5
Moyens utilisés .....	5
Réalisations globales .....	6
Autonomous Surface Vehicule (ASV).....	7
Autonomous Underwater Vehicule (AUV).....	9
Rencontre avec le DRASSM .....	12
ERL Emergency Robots .....	13
Définitions des besoins .....	13
Réalisation des structures en composite .....	13
Essais en vol .....	15
Compétition et résultats .....	15
Intérêt personnel pour la compétition .....	17
Analyse économique de l'entité d'accueil.....	18
Apport personnel.....	18
Conclusion .....	19
Table des figures .....	20

## CONTEXTE DU STAGE

Le département robotique de l'ENSTA Bretagne participe annuellement à de nombreux concours et réalise de multiples projets au profit d'organismes extérieurs dans un but de recherche. À ce titre, deux thématiques de travail m'ont été proposées parallèlement durant ce stage.

### Projet de recherche pour le DRASSM

La première activité qui m'a été confiée se rapporte à un désir du DRASSM (Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines) de disposer de moyens de mesures autonomes principalement pour la recherche d'épaves enfouies. Le contexte particulier considéré dans l'optique de mon stage a été la recherche de l'épave de La Cordelière, bâtiment français coulé en 1512 à la sortie du goulet de Brest. Il est à noter que le DRASSM a déjà, par le passé, utilisé des moyens robotisés pour réaliser des explorations d'épaves. Un exemple en est l'utilisation du robot Ocean One pour l'exploration de l'épave de La Lune.

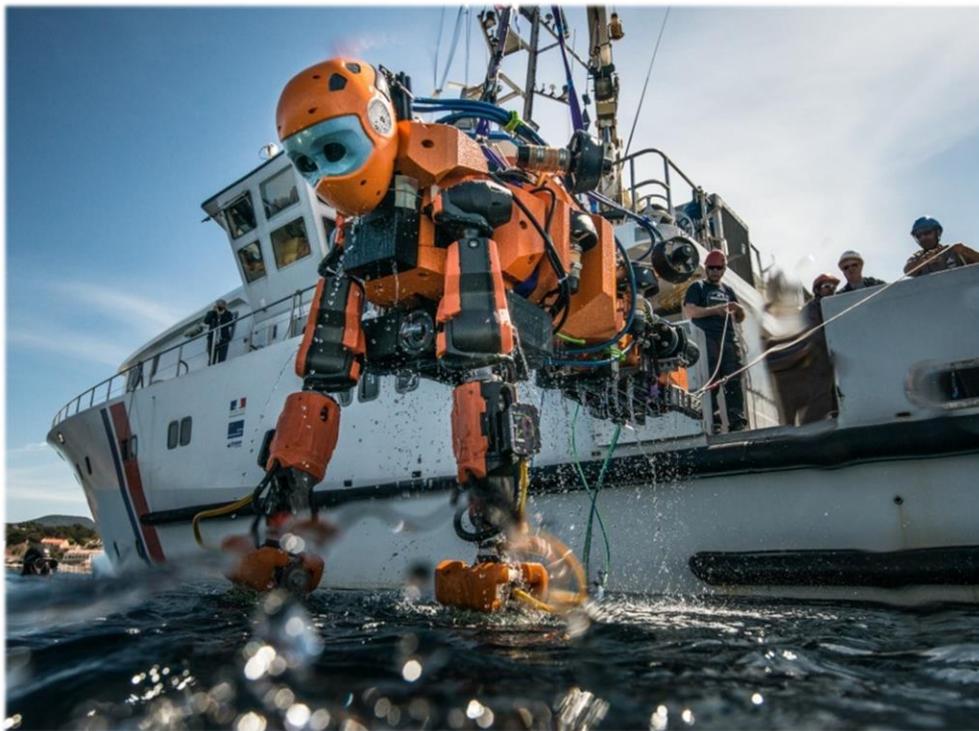


FIGURE 1 - DEPLOIEMENT D'OCEAN ONE PAR LE ANDRE MALRAUX

## Concours de robotique ERL Emergency Robots

La seconde activité se réfère au concours ERL Emergency Robots (anciennement Eurathlon) s'étant déroulé du 13 au 25 septembre 2017 à Piombino en Italie. L'objectif de ce concours est de se focaliser sur des réponses innovantes et multi-domaines visant à répondre à des scénarios catastrophes. Le scénario typique pris en exemple est celui de l'accident de Fukushima. Il faut donc réaliser des plateformes autonomes ou télé-opérables permettant de réaliser des actions basiques dans une zone sinistrée comme de l'exploration d'intérieur ou encore de la recherche de survivants.



FIGURE 2 - ERL EMERGENCY ROBOTS

## PROBLEMATIQUES SOULEVEES PAR LES THEMES ABORDES

### Recherche autonome d'épave enfouie

Le but premier du projet recherche proposé par le DRASSM réside dans la réalisation de preuves de concepts ainsi que de comparaisons entre différentes solutions techniques pouvant permettre de réaliser l'acquisition autonome de mesures. En conséquence, le sujet était très ouvert et pouvait mener vers de multiples pistes. De plus, au-delà de cette absence de directive précise vers un type de solution, de nombreuses problématiques inerrantes au monde sous-marin sont présentes. L'une des plus importantes réside dans la localisation de mobiles subaquatiques (le GPS n'étant pas disponible).

La direction définie au début du stage concernant ce projet a donc été de préparer différentes solutions techniques envisageables en les mettant en scène dans des simulations réalistes. La volonté du département robotique était en effet de pouvoir présenter au DRASSM une étude de différentes solutions envisageables pour pouvoir définir une suite au projet (probablement pour la promotion robotique 2018 en 3A).

### Collaboration entre robots

La difficulté principale du concours ERL Emergency Robots consiste à être à même de déployer des robots dans tous types de milieux (aérien, terrestre, marin ou subaquatique). Qui plus est, les environnements et les missions requises étant extrêmement changeants en cas de catastrophe, chaque robot déployé doit pouvoir réaliser un panel varié de missions comme de la cartographie 3D d'extérieurs ou d'intérieurs, de l'inspection de bâtiments pour détecter des faiblesses structurelles, ou encore la localisation de survivants avec retransmission en temps réel de leur localisation et délivrance d'un kit de premier secours.



FIGURE 3 - ANCIENNE CENTRALE ELECTRIQUE SERVANT DE CONTEXTE DE LIEU SINISTRE

L'autonomie n'est pas toujours impérative mais est, dans tous les cas, valorisée et un point d'honneur est mis à la vitesse de restitution des données. Pour ce faire, un premier rendu de données brutes est demandé dès la fin de chaque épreuve puis un second rendu est demandé au plus tard une heure après le début du post-traitement par des opérateurs.

Enfin des questions importantes dans ce genre de scénarios catastrophes sont la durée de vie des batteries (un opérateur ne pouvant pas recharger le robot sur le terrain) ainsi que la possibilité d'éviter et/ou de franchir des obstacles pour les robots terrestres.

Pour la préparation de l'édition 2017, il m'a donc été demandé de participer à la réalisation complète (de la CAO jusqu'à l'usinage) de différentes structures de drones volants ainsi qu'au positionnement des capteurs et de l'électronique.

Une fois le concours commencé, ma tâche était de préparer des plans de vols pour les drones volants ainsi que de réaliser une partie du post-traitement des données une fois les missions effectuées.

## ACCOMPLISSEMENTS DU STAGE

### Recherche autonome d'épave enfouie

#### Moyens utilisés

D'un point de vue programmation, l'intégralité des simulations et de la préparation des solutions a été réalisé en C implémenté dans le middleware ROS. Cela permet en effet un passage rapide à la phase de simulation ainsi qu'une collaboration facilitée entre plusieurs membres de projet. Ce dernier point risque en effet d'être particulièrement important si ce projet devait être continué par la promotion 3A durant l'année 2017/2018.



FIGURE 4 - VERSION DE ROS UTILISEE

Aucun support physique n'a malheureusement pu être réalisé ou utilisé durant le stage au vu de l'importante phase de préparation des solutions ainsi qu'à l'absence de connaissances précises des solutions désirées.

## Réalisations globales

La tâche prioritaire de mon stage était de disposer d'un modèle de simulation crédible. Ce banc d'essai a été réalisé avec l'aide de ROS et de cartes de bathymétries récupérées sur le site du SHOM ([data.shom.fr](http://data.shom.fr)).

À l'aide de ces données brutes de courbes de niveau, j'ai réalisé un code très léger permettant de transformer ceux-ci en mesh 3D ainsi qu'à réaliser des divisions suivant certaines lignes de niveau ce qui peut être utilisé pour des méthodes ensemblistes. De ce fait, il est aisé de travailler dans des environnements cohérents qui ne seront pas aussi conciliants que peuvent l'être des modèles générés mathématiquement.

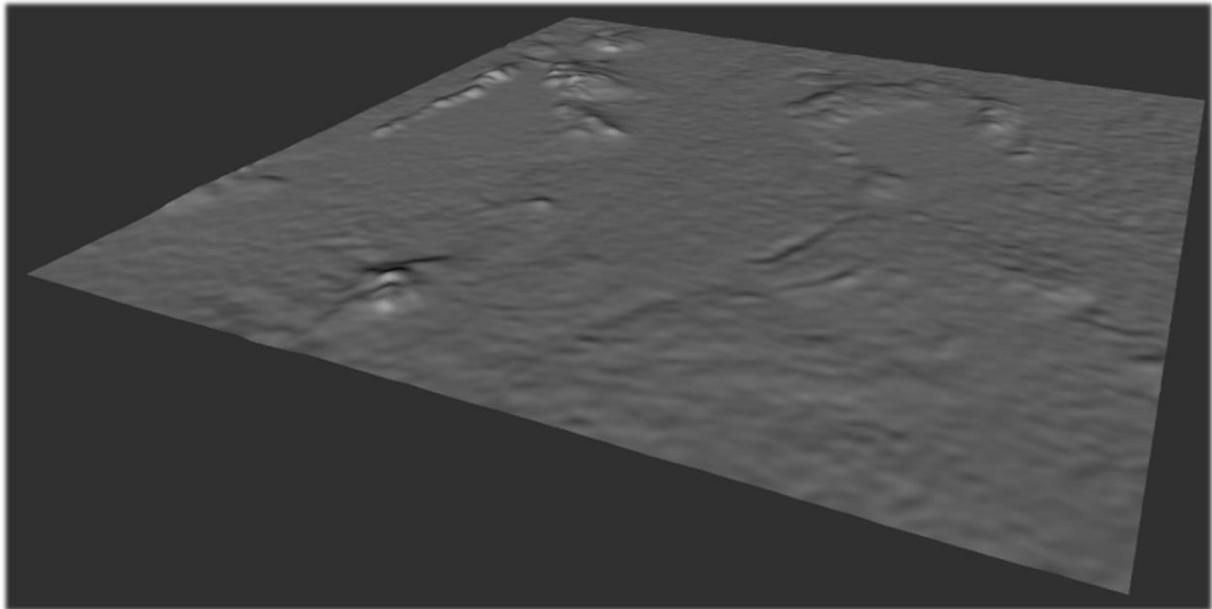


FIGURE 5 - MESH 3D D'UN FOND MARIN

Disposant de cette capacité de simuler de manière crédible des mobiles, je me suis ensuite intéressé à de l'asservissement basique en position pour plusieurs types de demandes. En effet, dans le cas d'un système de mesure automatisé, un maintien de position peut aussi bien être requis qu'un suivi de radiales prédéfinies pour couvrir une zone.

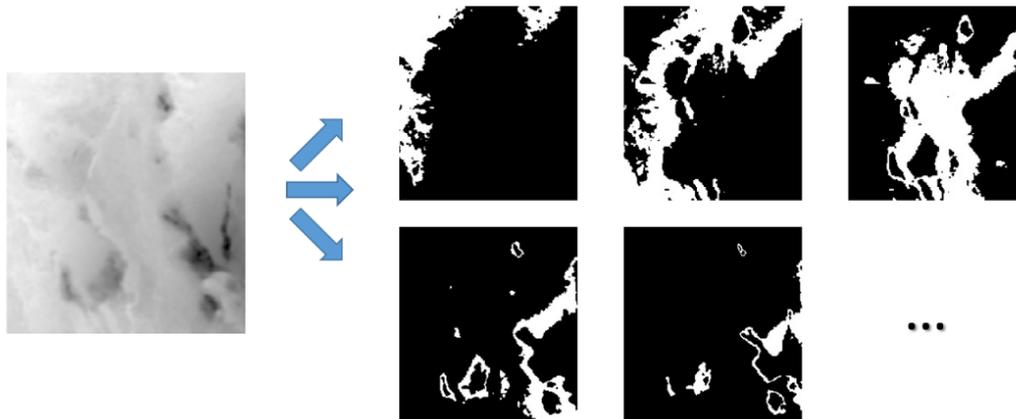


FIGURE 6 - SEPARATION DE CARTE BATHYMETRIQUE EN ZONES DE NIVEAU

### Autonomous Surface Vehicle (ASV)

L'une des solutions techniques que j'ai envisagées consiste à utiliser un bâtiment de surface totalement autonome tractant grâce à une aile plongeante un capteur à une profondeur donnée. L'aile plongeante permet de tendre le câble reliant le capteur au bateau ce qui simplifie grandement la régulation en profondeur (pas d'équation de câble à trouver).

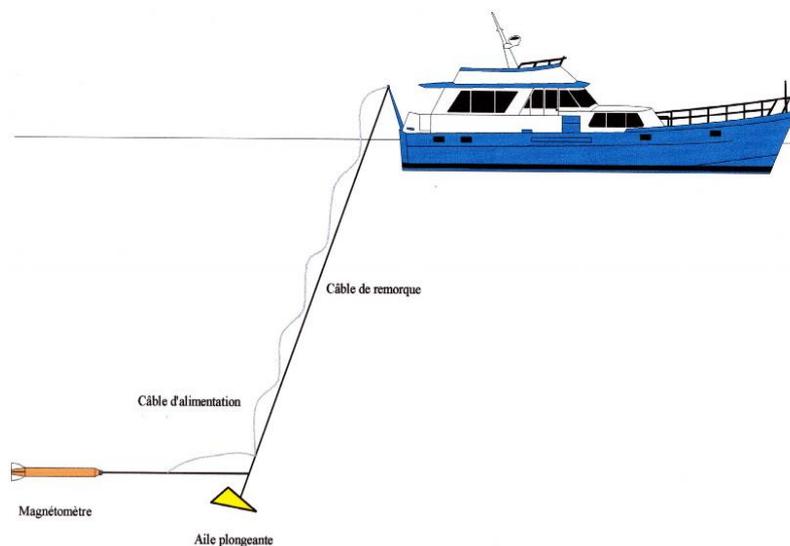


FIGURE 7 - SCHEMA DE PRINCIPE

Cette solution s'inspire de la manière dont les relevés sont faits actuellement. De ce fait, il y a une certitude de viabilité du moyen utilisé et l'expérience dans la prise actuelle manuelle de mesure peut servir pour optimiser la prise automatique.

### A. LOCALISATION

La localisation du mobile de manière précise et instantanée est souvent un problème de fond de la robotique. Cependant dans ce cas précis, l'ASV peut disposer d'une localisation GNSS qui est amplement suffisante pour la tâche visée. Qui plus est, en cas de perte de la localisation GNSS, de nombreux amers peuvent être utilisés en mer pour se repérer manuellement car ce système de mesures automatiques n'a pas vocation à être utilisé au large.

Concernant la localisation du capteur, un système dit de « base courte » peut être utilisé. Ce système consiste en la localisation de l'objet considéré par rapport à plusieurs points dont on connaît la position exacte à tout moment. Dans notre cas présent, on peut positionner sur le capteur des pingeurs qui vont permettre à l'ASV de repérer précisément la position du poisson tracté, et donc du capteur.

### B. AUTONOMIE

L'avantage de disposer d'un moyen de mesure autonome est bien évidemment de réduire la charge de travail sur le personnel humain. Ceci est donc d'autant plus vrai que le robot est capable de se maintenir en activité sans intervention extérieure pendant une durée élevée. À l'heure actuelle, plusieurs jours d'autonomie pour un ASV sont tout à fait envisageables.

### C. COMMUNICATION

Au vu de l'autonomie énergétique du robot, il peut être intéressant de pouvoir accéder quasiment en temps réel aux données récupérées par le capteur ainsi qu'à la situation globale du mobile (position, vitesse, niveau des batteries, ...). En effet, cela peut permettre en cas de mauvais comportement du robot ou de mauvaise acquisition des données de corriger le problème avant le retour de l'ASV au bout de plusieurs jours.

Plusieurs solutions sont envisageables pour parvenir à cela, celle qui peut sembler la plus logique serait de passer par du WiFi au moyen par exemple de bouées relais reliées à la terre. Une solution encore plus simple serait même d'utiliser les réseaux mobiles pour faire transiter les données. En effet, suivant la couverture réseau de la zone, ces réseaux peuvent permettre une plus grande stabilité dans la communication voire parfois un meilleur débit.

### D. ENVIRONNEMENT

Actuellement, il reste peu courant d'évoluer proche de robots autonomes. De ce fait, il faut être d'autant plus vigilant au comportement que pourrait avoir le robot vis-à-vis de son environnement immédiat.

Dans notre cas, l'ASV peut être amené à évoluer dans des zones à fort trafic comme c'est par exemple le cas en sortie du goulet de Brest pour la recherche de la Cordelière. Des dispositifs AIS, destinés à prévenir les collisions entre navires, peuvent être installés sur le robot mais il n'empêche qu'une interaction entre le robot et un navire peut être compliqué car les personnels de l'autre bâtiment ne sauront pas forcément comment se comporter.

Vis-à-vis de l'environnement, une contrainte supplémentaire pour un ASV réside dans les conditions météorologiques. En effet, les ASV sont de bien plus petites tailles que des navires classiques (comme le André Malraux du DRASSM par exemple) et sont donc bien plus sensibles à des mauvais temps. Qui plus est, il n'est pas actuellement possible de rendre les algorithmes de contrôle d'un ASV suffisamment robustes pour imiter des réactions de sauvegarde du bâtiment qu'aurait instinctivement un barreur expérimenté.

### **Autonomous Underwater Vehicule (AUV)**

La seconde solution, plus innovante, serait d'utiliser cette fois ci un sous-marin autonome pour tracter le capteur. On évite ainsi toute présence en surface et on se rend bien moins sensible aux perturbations météorologiques.

### A. LOCALISATION

La localisation en milieu subaquatique est forcément l'élément déterminant de l'automatisation d'AUVs. Il est fatalement impossible d'utiliser de manière directe des moyens de localisation classiques comme le GNSS ou les amers visibles.

L'un des moyens de contourner le problème serait de placer des relais soit en surface (bouées ou ASV), soit dans le fond marin (transpondeurs) qui pourraient permettre à l'AUV de se localiser globalement en se basant sur leur position globale. Cependant ces moyens peuvent être contraignants car en plaçant ces relais en surface on perd partiellement l'avantage d'utiliser un AUV, tandis que des transpondeurs placés sur le fond marin requièrent une certaine logistique. Couplé à du dead-reckoning, on peut arriver à une estimation précise de la position à tout moment.

Une autre manière serait de recourir à des méthodes ensemblistes, et plus précisément à de l'analyse d'intervalles. L'idée serait de comparer une aire de présence avec une donnée d'un capteur permettant de réduire à chaque itération la surface de l'aire potentielle dans laquelle on peut se trouver. Dans le cas de robotique sous-marine, une possibilité serait de comparer la profondeur de l'eau à l'endroit où l'on est (connaissant sa profondeur et la distance au fond marin) avec des cartes bathymétriques. Ce faisant, on peut converger de manière rapide vers une très bonne approximation de sa position à tout instant. En cas de perte totale de son approximation de localisation (problème du kidnapping), il suffit alors simplement de reconsidérer l'aire potentielle de présence du robot comme étant la totalité de la zone de mesure. La seule contrainte de cette méthode est la nécessité de posséder des cartes bathymétriques fiables de la zone.

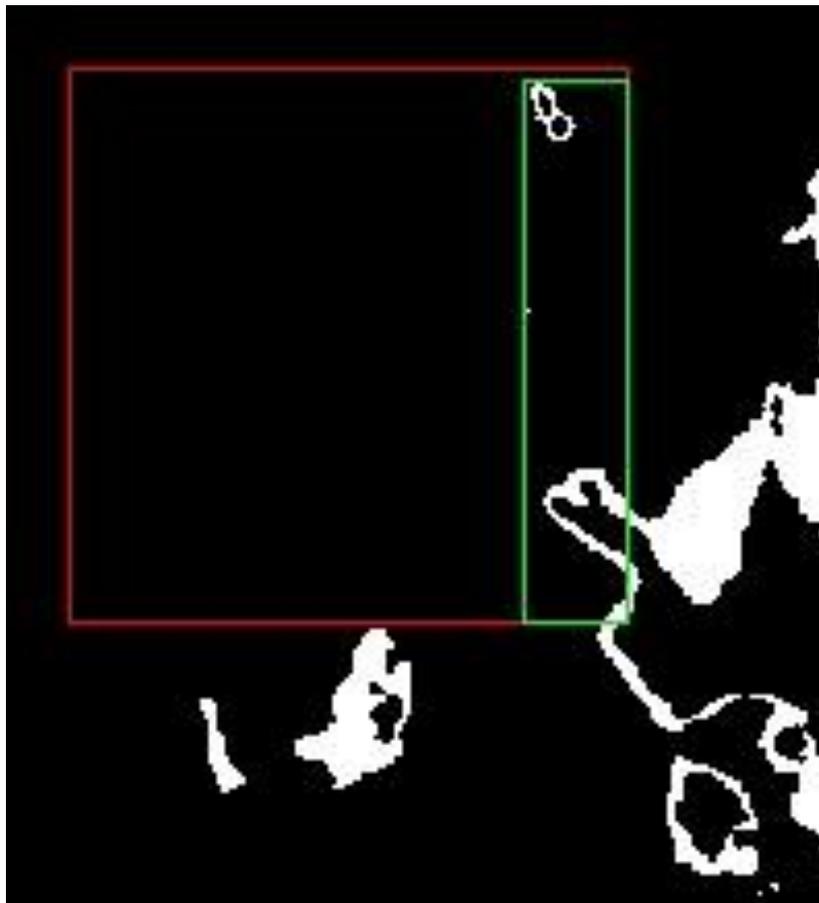


FIGURE 8 - CONTRACTION DE LOCALISATION DE ROUGE VERS VERT

### B. AUTONOMIE

Pour éviter de perdre de manière irrémédiable l'AUV, l'ensemble robot et capteur a une flottabilité positive. De ce fait, au moindre incident, le robot remontera à la surface et une balise GPS d'urgence enverra sa position pour être récupéré.

Un inconvénient de ce système de secours réside dans le fait que le robot doit donc en permanence se maintenir en profondeur. Une plus grande consommation électrique est donc forcément à prévoir pour cet effort constant. De plus, la place étant généralement plus limitée que dans un bateau, il y a moins d'emport de batterie et donc une autonomie énergétique plus courte. Actuellement, des AUVs ayant une autonomie entre 5 et 10 heures sont plutôt facilement réalisables.

### C. COMMUNICATION

Du fait de son environnement subaquatique, aucune communication en temps réel n'est possible avec le robot sans lui imposer des retours à la surface. Cependant, du fait de la faible autonomie énergétique de ces robots, on peut se permettre de ne vérifier les données qu'à la fin de chaque relevé.

Qui plus est, il est tout à fait envisageable de programmer l'AUV pour revenir à une base de rechargement et de délivrance des données de manière automatique. Cette base pourrait être par exemple placée en sortie de port ou au bord d'une plage ce qui permet une maintenance aisée sans même nécessiter de personnel au large.

### D. ENVIRONNEMENT

Vis-à-vis de son environnement, l'AUV dispose de l'avantage de n'être sensible qu'à peu de perturbations extérieures. En effet, seuls les courants marins peuvent avoir une influence significative sur sa navigation. Cependant, ces courants sont majoritairement prévisibles et peuvent donc être anticipés à la fois dans la planification des missions (e.g. radiales parallèles au courant pour éviter de se faire décaler). Qui plus est, le capteur étant relativement proche de l'AUV comparé au cas du bateau en surface, les deux sont soumis globalement aux mêmes perturbations extérieures et il est donc aisé de faire suivre au capteur une trajectoire stable.

Cette proximité présente tout de même l'inconvénient de pouvoir perturber les données recueillies par le capteur. Un magnétomètre pourrait par exemple être perturbé par la masse métallique de l'AUV.

Finalement, le risque d'incidents liés à des facteurs humains est beaucoup plus faible dans le milieu sous-marin comparé à la surface. Une des principales menaces consiste en les filets de pêche. Cependant dans une zone de mesure, aucune pêche de ce type n'est sensée être pratiquée.

## Rencontre avec le DRASSM

Courant août, j'ai eu l'opportunité de rencontrer des personnels du DRASSM liés à ce projet. Cette rencontre avait plusieurs objectifs. Non seulement elle devait me permettre de présenter l'avancée de mon travail aux personnels concernés mais également à récupérer des informations qui pourraient s'avérer importantes pour la suite de ce projet (e.g. les moyens utilisés pour larguer des AUVs à la mer).

Cette réunion s'est déroulée à bord de l'André Malraux au cours d'un ravitaillement de ce dernier au port de Brest durant une campagne d'identification d'objets potentiellement intéressants dans les fonds marins. Malheureusement, Mr Michel L'Hour, directeur du DRASSM et initiateur du projet, ne pouvait être présent pour cette réunion.



FIGURE 9 - MICHEL L' HOUR DEVANT LE ANDRE MALRAUX

Une autre réunion avec cette fois ci l'intégralité des entités impliquées dans ce projet doit se dérouler courant octobre pour affiner les directions de recherche et permettre une meilleure collaboration entre les différents concernés.

## ERL Emergency Robots

### Définitions des besoins

Durant le stage d'assistant ingénieur, je n'ai apporté mon soutien qu'à l'équipe en charge de la partie aérienne du projet. Pour cette partie, des exigences bien particulières étaient explicitées dans les règles de l'édition 2017 d'ERL.

L'un des problèmes organisationnels majeurs était que l'ENSTA Bretagne TEAM était grandement en retard sur la validation préliminaire de ses drones. En effet, les structures initialement prévues pour participer au concours n'étaient soit pas finalisées soit pas encore commencées. Qui plus est, l'ENSTA Bretagne devait également fournir les drones de l'ENSTA TEAM (composée à la fois de l'ENSTA Paristech et de l'ENSTA Bretagne). Au total, six drones étaient initialement prévus à la validation pour le concours. Cette validation préliminaire consiste en une preuve sous forme de vidéo que les drones sont capables de réaliser des mouvements simples de manière stables comme par exemple un carré dans le ciel à une altitude donnée.

Ces plateformes devaient être à même de remplir les missions suivantes :

- Cartographie 2D/3D de zones et de bâtiments
- Retour d'un flux vidéo en direct
- Détection et localisation de points d'intérêts
- Localisation et largage de kit de premier secours sur une victime
- Suivi de waypoints

En conséquence, de nombreux capteurs devaient être positionnés sur les plateformes et celles-ci nécessitaient donc une capacité d'emport importante (autant au niveau poids que surface) ainsi qu'une stabilité conséquente.

### Réalisation des structures en composite

Le choix d'une stratification en fibre de carbone des structures s'est imposé assez naturellement pour à la fois disposer de légèreté (augmentant l'autonomie électrique) et de solidité. Pour ce faire, l'ensemble des structures à refaire ont été réalisées en CAO sur CATIA puis usinées dans des plaques d'AIREX de 8mm grâce à une fraiseuse 3D. Ces âmes en mousse ont enfin été stratifiées grâce au procédé d'infusion carbone.

Ce procédé consiste à réaliser une sorte de sandwich de différents tissus et fibres. Cet assemblage est ensuite placé dans un dispositif de mise sous vide avec une arrivée d'époxy et une sortie d'air vers une pompe à vide. L'époxy jouant le rôle de durcisseur va donc se diffuser dans l'intégralité du montage et solidifier les fibres de carbonées présentes.

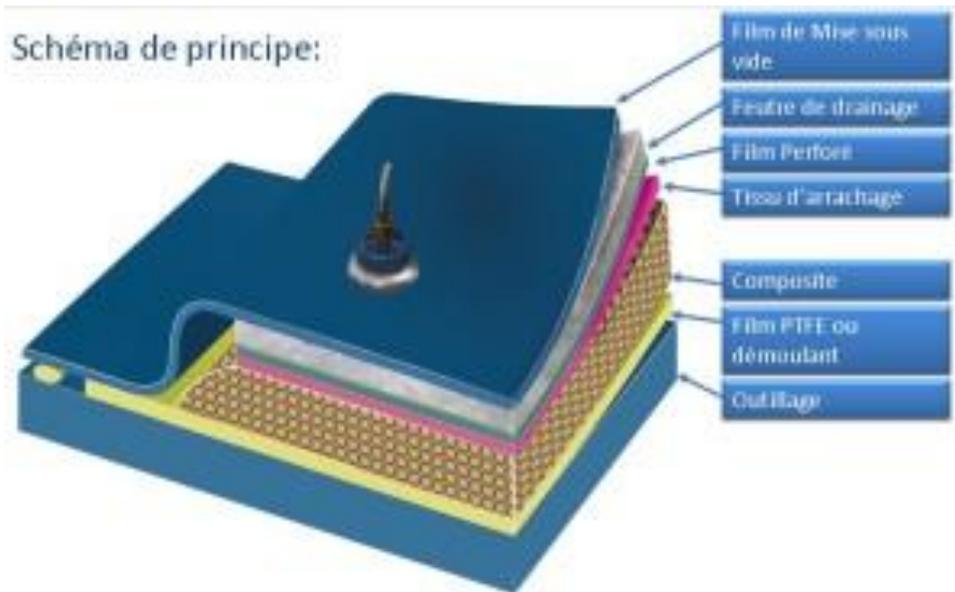


FIGURE 10 - SCHEMA DE PRINCIPE DE L'INFUSION

Une fois la structure stratifiée et séchée, il faut découper la bonne forme de la pièce voulue en découpant et ponçant les zones non voulues ce qui permet une structure brute de la forme voulue légère et résistante.



FIGURE 11 - STRUCTURE DE DRONE AVANT/APRES DECOUPAGE

À ce moment, toute l'électronique de base et la propulsion doivent encore être placées en respectant à la fois un alignement du centre de gravité et une cohérence entre la batterie souhaitée, les moteurs et la poussée finale désirée. Cela permet d'ajuster le ratio poids/puissance du drone ce qui donne une approximation de la réactivité du drone.

## Essais en vol

Une fois les structures terminées, des essais ont été réalisés au club de modélisme de Milizac. Ces tests avaient plusieurs buts. Outre la réalisation des vidéos pour la validation des drones, il fallait également réaliser la calibration des coefficients PID de la régulation de chaque drone pour leur donner une meilleure réactivité et donc une meilleure stabilité.

Qui plus est, ces tests permettaient également de déceler les problèmes structurels ou électroniques des drones réalisés pour permettre une optimisation avant le début de la compétition. En effet, on peut prendre en exemple la calibration des coefficients du PID qui n'était initialement pas effectuée mais, suite à des soucis de stabilité et de réactivité des drones à des perturbations extérieures, elle a été jugée indispensable.

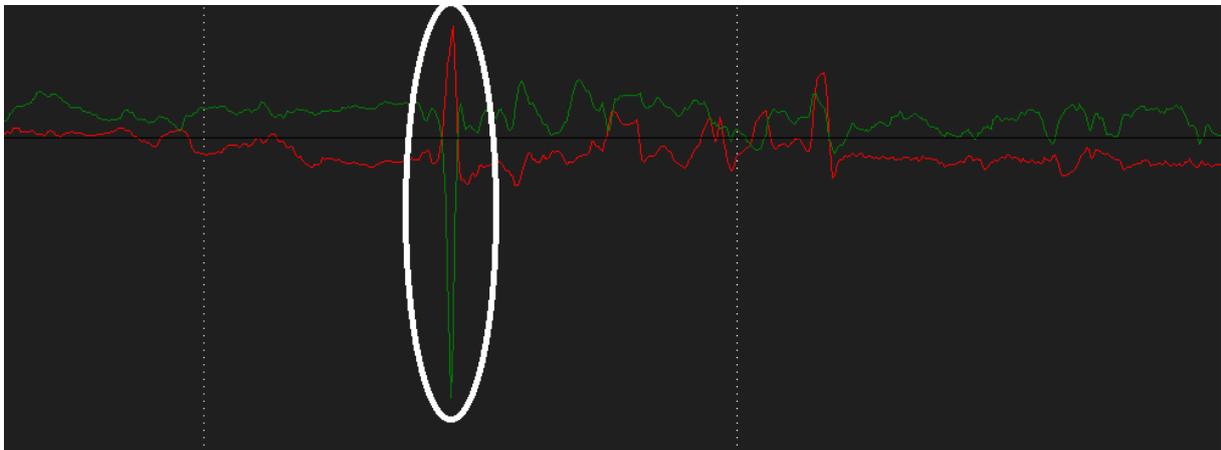


FIGURE 12 - EXEMPLE D'INSTABILITE DANS UN LOG DE VOL (ROLL AND PITCH)

## Compétition et résultats

À l'arrivée sur le site de la compétition, quatre drones étaient prêts à passer les contrôles de sécurité. Malheureusement, suite à des problèmes de microcontrôleurs (HK32 Pilot) seul un des drones a effectivement passé ces tests. Ce manque de validation a été un coup dur pour la viabilité des équipes ENSTA Bretagne TEAM et ENSTA TEAM. Le dernier drone (dérivé d'un ancien Parrot Bebop) a été équipé d'une caméra Mobius regardant vers le bas.

Une simple retransmission en direct d'une vision vers le bas permet en effet de réaliser la majorité des missions requises pour un drone volant. Le problème étant que la très petite taille du drone ne permettait pas de rajouter d'autres capteurs (comme une Kinect pour de la cartographie 3D). Par-dessus tout, le fait de disposer au moins d'un drone volant permettait d'éviter la disqualification du reste des épreuves.

Cette solution de secours nous a donc permis de marquer certains points en réalisant des cartographies 2D simples et en trouvant quelques points d'intérêt.

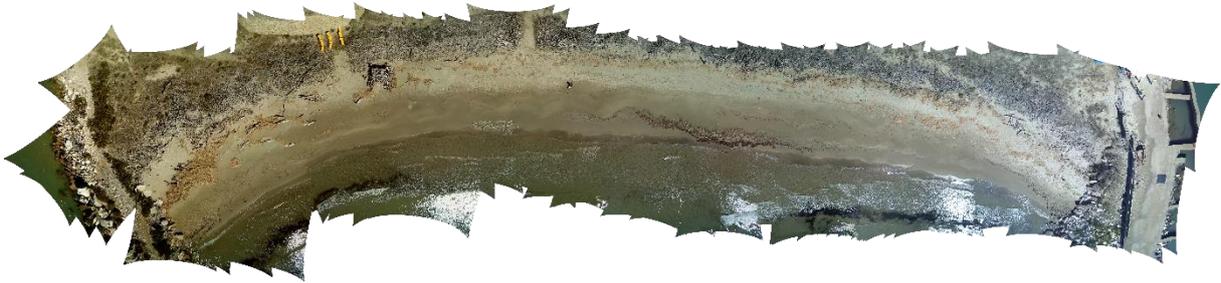


FIGURE 13 - EXEMPLE DE CARTOGRAPHIE 2D REALISEE PAR MOZAIQUE



FIGURE 14 - MISSING WORKER TROUVE (DANS L'OMBRE DU BATIMENT)

Malheureusement, ce drone servant aux deux équipes, un dysfonctionnement durant l'un de ses nombreux vols l'a fait se crasher dans l'eau. Bien que récupéré, certaines pièces sans rechange immédiate s'en sont retrouvées détruites. De ce fait, les deux équipes ENSTA n'ont malheureusement pas pu participer au Grand Challenge (collaboration Air – Terre – Mer) et se sont retrouvées dernière dans deux des trois autres épreuves. Le seul classement honorable atteint est d'une 4eme et 5eme place pour les deux équipes devant deux autres équipes durant l'épreuve Land et Air.

## Intérêt personnel pour la compétition

D'un point de vue personnel, cette compétition a été extrêmement enrichissante. Elle m'a permis d'apprendre à réaliser des robots fonctionnels de manière rapide et à trouver des solutions de rechange hors atelier pour rendre un robot utilisable à nouveau après avoir subi des dégâts.

Plus que tout, elle a été profitable par rapport aux autres équipes rencontrées ce qui m'a permis d'avoir un aperçu des projets en cours dans d'autres universités ainsi que de la manière dont ce type de projet est abordé par des personnes culturellement différents.

Personnellement j'ai été très impressionné par le projet ANYmal de l'ETH Zurich et je tiens à féliciter l'équipe gagnante composée de Telerob, l'université de Girona et l'université de Porto.



FIGURE 15 - EQUIPE GAGNANTE

## ANALYSE ECONOMIQUE DE L'ENTITE D'ACCUEIL

En tant que centre de recherche, il n'est pas forcément aisé de réaliser une analyse économique de l'entité. En effet, le laboratoire étant un organisme public, il n'y a pas de notion de rentabilité et le budget n'est pas forcément alloué en dur à un certain pôle.

En revanche, il m'est tout de même possible de parler de l'impact du budget du club robotique sur le travail des personnels. Peu de restrictions sont réellement présentes pour les projets majeurs du laboratoire, cependant tous les ingénieurs sont conscients qu'il faut rester réaliste sur les potentielles demandes à effectuer. En effet, le budget alloué au club robotique peut être très fluctuant. Bien que n'ayant pas une influence réellement néfaste sur l'activité du laboratoire, ce fonctionnement entraîne tout de même une certaine inertie. Les commandes devant être payées par le service comptable de l'école, des délais de livraison assez longs sont à prévoir généralement.

Qui plus est, j'ai pu me rendre compte durant le concours ERL que les mêmes sommes ne sont pas allouées que dans les autres universités ou centres de recherche. Dans de nombreux cas, les autres centres se focalisent sur un projet particulier (e.g. Sparus 2 pour l'Université de Girona). Cela a l'avantage pour eux de pouvoir développer des projets très aboutis. À l'inverse, dans le cas du laboratoire robotique de l'ENSTA Bretagne, cela permet de réaliser une multitude de projets ce qui a un intérêt pédagogique très important bien que ces projets ne soient donc pas compétitifs à l'international.

## APPORT PERSONNEL

D'un point de vue personnel, le stage a été extrêmement enrichissant pour moi autant d'un point de vue managérial et gestion de projet (principalement par rapport à la partie de projet pour le DRASMM) que pour mon expérience sur le prototypage et la robotique pratique au sein du concours ERL.

Ces deux parties sont tout aussi importantes pour moi en tant qu'élève militaire. Une carrière au sein de la DGA est en effet très multi disciplinaire et nécessite à la fois des compétences en management et gestion de projet dès le deuxième poste mais également beaucoup de compétences techniques dès le premier poste.

## CONCLUSION

En conclusion, ce stage d'assistant ingénieur m'a permis de m'initier à différents types de postes et de fonctions, aussi bien dans la gestion de projet que dans la technique. Le seul regret que je pourrais avoir serait de n'avoir pu faire aucun support physique pour le stage du DRASSM. Cependant, ce projet doit encore être continué durant l'année en cours. Il sera donc possible d'améliorer les différents algorithmes et choix effectués tout en commençant à réaliser des essais. En effet, la robotique reste un domaine nécessitant beaucoup d'essais sur le terrain car l'écart entre réalité et simulation peut être important.

Je tiens finalement à remercier l'intégralité du laboratoire robotique de l'ENSTA Bretagne pour ce stage extrêmement intéressant et les nombreux conseils que j'ai pu recevoir. Je ne saurais que recommander à de futurs roboticiens de réaliser l'un de leur stage au sein du laboratoire robotique au vu de la grande diversité de compétences qu'il est possible d'y développer.

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Deploiement d'Ocean One par le Andre Malraux.....	2
Figure 2 - ERL Emergency Robots .....	3
Figure 3 - Ancienne centrale électrique servant de contexte de lieu sinistré.....	4
Figure 4 - Version de ROS utilisée.....	5
Figure 5 - Mesh 3D d'un fond marin.....	6
Figure 6 - Séparation de carte bathymétrique en zones de niveau .....	7
Figure 7 - Schéma de principe .....	7
Figure 8 - Contraction de localisation de rouge vers vert .....	10
Figure 9 - Michel L'Hour devant le André Malraux .....	12
Figure 10 - Schéma de principe de l'infusion .....	14
Figure 11 - Structure de drone avant/après découpage .....	14
Figure 12 - Exemple d'instabilité dans un log de vol (Roll and Pitch).....	15
Figure 13 - Exemple de cartographie 2D réalisée par mosaïque.....	16
Figure 14 - Missing worker trouvé (dans l'ombre du bâtiment) .....	16
Figure 15 - Equipe gagnante .....	17