

# **Réalisation d'un robot sous-marin autonome pour le concours SAUC-E**

**Compte rendu final pour l'année 2007/2008**

Luc Jaulin, Fabrice Le Bars, Jan Sliwka  
ENSIETA  
2 rue François Verny  
29200 Brest

## ***Résumé***

Dans la continuité de l'année précédente, un robot sous-marin réalisé par des élèves a été présenté pour le concours SAUC'E (Student Autonomous Underwater Challenge – Europe) 2008. La compétition, organisée par le Ministry of Defense (MoD) Britannique et la Délégation Générale pour l'Armement (DGA) a eu lieu cette année du 7 au 11 Juillet à l'IFREMER (Brest). Ce robot, bien que majoritairement basé sur celui de l'année dernière, a subi quelques évolutions, que ce soit dans ses parties mécanique, électronique et informatique grâce à l'expérience acquise lors de notre première participation au concours.

## **Introduction**

Cette année, des étudiants de première, deuxième et troisième année, ainsi que des doctorants ont contribué à l'amélioration du robot de l'an dernier. Les objectifs de cette année étaient simples : nous devions faire mieux que l'année précédente. L'expérience du concours 2007 et des séances d'essais qui l'avaient précédé avaient montré que le robot existant était plutôt fiable, mais que plusieurs points restaient à améliorer pour faciliter son utilisation en toutes conditions. D'autre part, la partie informatique et notamment l'autonomie n'avaient pas été suffisamment développées pour que le robot parvienne à réaliser correctement toutes les épreuves du concours.

## I) Epreuves du concours de cette année

Les épreuves du concours SAUC-E 2008 étaient les suivantes :

- Passer à travers un cadre de 3x2.5m situé à 1m sans toucher ses bords. Le sous marin aura été placé en face à la surface. Le but de cette épreuve est seulement de tester si le sous marin est capable d'aller tout droit et à une profondeur voulue. Le sous-marin est disqualifié s'il ne parvient pas à réaliser cette épreuve avec succès.
- Trouver une boule rouge et aller taper dedans, sans la confondre avec une boule d'une autre couleur (bleue)
- Trouver une cible clignotante située au fond de la piscine et lancer un projectile dessus
- Faire surface dans un cadre de 3m de côté, à la verticale de pneus ou cônes.
- Enregistrer dans un fichier la position de tous les objets repérés.

Au moment du concours, une épreuve supplémentaire de qualification a été demandée: avancer tout droit sur une quinzaine de mètres. Cette épreuve avait pour but d'être un préliminaire à celle du cadre et se déroulait dans un bassin séparé.

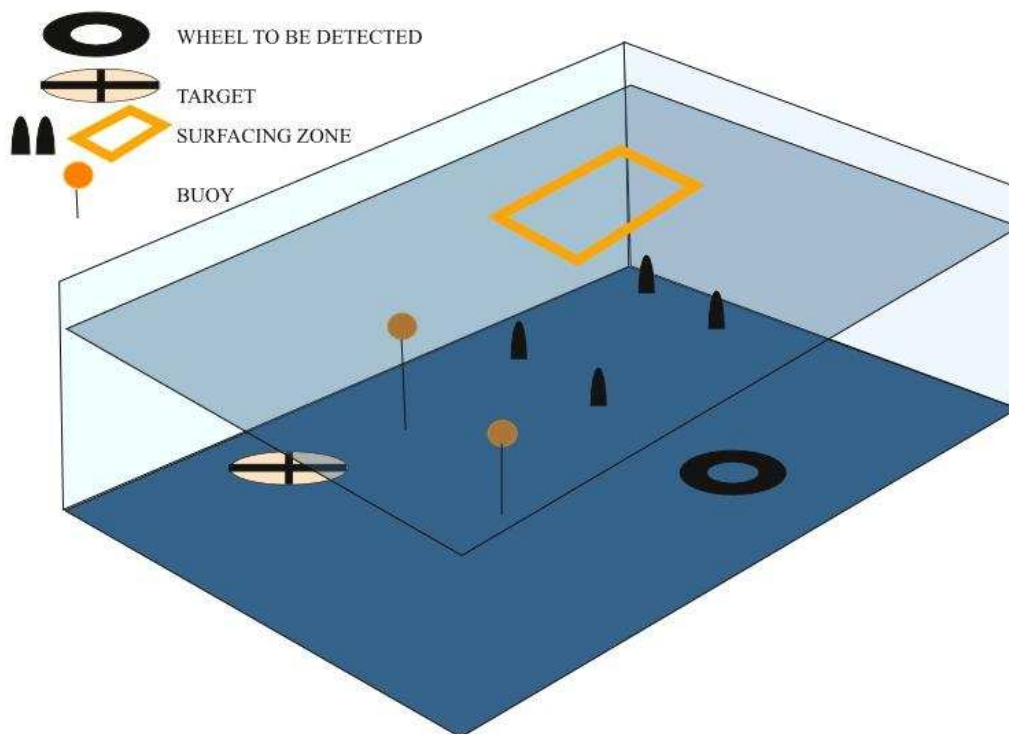


Figure 1: Zone de la piscine destinée au concours

## II) Organisation du travail

Vu que nous ne partions pas de zéro cette année, seule une dizaine d'étudiants a participé activement au développement du robot.

Dès le mois d'octobre, des étudiants de 3ème année qui avaient participé au concours de l'année dernière ont proposé aux étudiants de 1ère et 2ème année intéressés de commencer à prendre en main le robot existant, en leur donnant des « cours » et des « TD » les lundis et mardis soirs permettant de se familiariser avec certaines parties du robot : cours de C sous Windows et Linux, traitement d'images à partir d'images de webcams, découverte d'OpenCV (bibliothèque de traitement d'images), utilisation du boîtier Labjack pour la commande de servomoteurs,... Ceci a permis une première mise à l'eau du robot par des 2èmes année au mois de décembre.

C'est à la fin du mois de Janvier que les projets industriels de 2ème année ont officiellement commencé. Les élèves ont alors eu une journée par semaine à consacrer au robot, jusqu'à la fin de l'année. A partir du mois d'Avril, un élève de 3ème année les a rejoints pour son projet de fin d'études.

Vers la fin de l'année, 2 doctorants ont aussi consacré une partie de leur temps pour aider les étudiants.

A la suite du projet industriel, 2 des élèves de 2ème année ont continués à travailler sur le robot, dans le cadre de leur stage de 2ème année. C'est donc 2 élèves de 2ème année, 1 de 3ème année et 2 doctorants qui ont pu participer au concours SAUC-E 2008.

Tout au long de l'année un enseignant a encadré les étudiants que ce soit pour le projet industriel de 2ème année ou les stages.

### III) Existant

Le robot de l'année 2007 était basé sur un tube d'environ 1m de long et 20cm de diamètre, sur lequel deux propulseurs verticaux et deux horizontaux étaient attachés, ainsi qu'une quille au bout de laquelle se trouvait un sonar (Miniking Tritech) servant à la localisation du robot dans la piscine. Un capteur de pression (Keller P33X) sur la tôle arrière refermant le tube lui permettait de déterminer sa profondeur à tout moment, une webcam orientée vers l'avant et une vers le bas étaient placées sur la tôle avant et une centrale inertielle (Mti Xsens) lui permettait de connaître son orientation. Des connecteurs étanches sur les tôles permettaient aux éléments externes de communiquer avec le PC embarqué (Commell LV-667 avec processeur VIA C3) à l'intérieur du tube. Un point d'accès WIFI (DLink DWLG100AP) équipé d'une antenne externe ressortant à la surface de l'eau permettait au robot de communiquer avec un PC portable de contrôle lors des phases de tests. Le contrôle des propulseurs se faisait par l'intermédiaire d'un boîtier d'entrées-sorties analogiques et numériques (Labjack UE9) envoyant des signaux de commandes à des cartes de puissances selon les ordres du PC embarqué. Des batteries de 12 et 24 V servaient à l'alimentation des différents éléments.



Figure 2: Première version du robot SAUC-E



Figure 3: Le boîtier Labjack UE9



Figure 4: Le sonar Tritech Miniking



Figure 5: La centrale inertielle Mti de Xsens



Figure 6: Le capteur de pression P33X de Keller

## IV) Evolutions du robot

Bien que le robot présenté au concours SAUC-E 2007 ait démontré une certaine fiabilité comparé à ses concurrents, de nombreux points d'améliorations possibles avaient été identifiés.

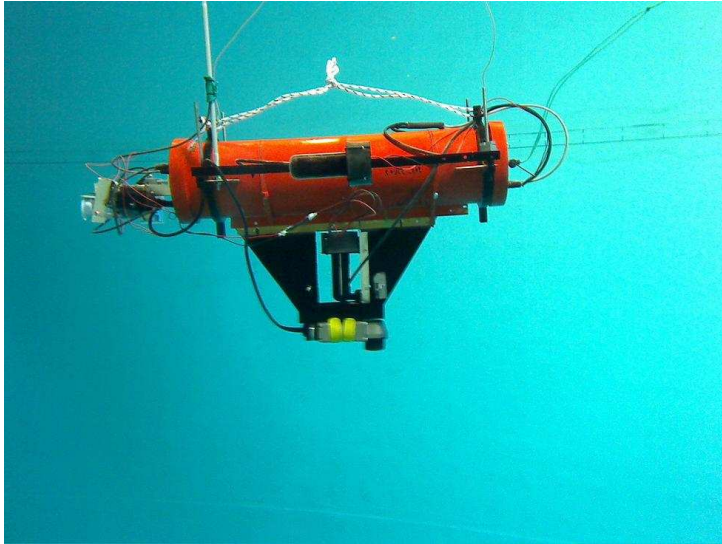


Figure 7: Le robot présenté à SAUC-E 2008

### 1) *Parties mécanique et électronique*

#### a) Réduction du volume du robot

Un des premiers problème qui était apparu lors des phases de tests et du concours était le volume important du robot. Bien que cela ne nuise pas forcément à son bon fonctionnement (les propulseurs étaient suffisamment puissants pour le déplacer correctement), son transport était cependant un gros problème dès qu'il fallait l'amener à une piscine : sa forme peu pratique et encombrante nécessitait d'avoir à notre disposition une voiture avec un coffre suffisamment grand, sa mise à l'eau devait être faite par plusieurs personnes... Bien qu'un chariot spécial ait été mis au point pour les petits déplacements et que l'écartement des propulseurs ait été réduit en cours d'année, ce problème a été la cause de nombreuses pertes de temps. Vu que les éléments embarqués à l'intérieur du tube ne nécessitait pas autant d'espace que prévu, il a rapidement été décidé de le réduire d'un tiers. De plus, le poids du sous-marin rentre en compte dans l'attribution de bonus au moment du concours (avec 24,5 kg nous étions les deuxièmes plus légers, et les plus légers de la phase finale du concours 2008). C'est la première chose qu'ont faite les 2èmes année au début de leur projet industriel.

#### b) Changement de PC embarqué



Toujours dans un souci de faciliter et accélérer la mise à l'eau du sous-marin, mais aussi et surtout au vu des problèmes de rapidité de calcul identifiés lors du concours, il a été décidé de changer le PC du robot par un PC plus « embarqué ». En effet, la carte Commell LV-667 que l'on utilisait était au format mini ITX (17x17cm), ce qui avait nécessité d'usiner l'intérieur du tube pour qu'elle passe dedans. Son déplacement de l'intérieur du tube était en conséquence toujours délicat, vu qu'il y avait peu de jeu et était en plus cause de nombreux mauvais contacts. D'autre part son alimentation respectait le format ATX (format habituel pour des PC de bureaux), ce qui nécessitait de générer +12V, -12V, +3.3V, -3.3V,... qui étaient produits par une carte spécialement réalisée pour cela. En plus de ces différents problèmes, son processeur VIA C3 était assez peu adapté aux calculs intenses, dont nous avons pourtant besoin pour les traitements d'images, la localisation et le contrôle du robot dans la piscine. Nous nous sommes donc tournés vers un PC de type PC 104, de 10cm x 10cm, permettant d'empiler plusieurs modules les uns sur les autres. En plus d'avoir de nombreux ports (USB, série,...) et de nombreuses possibilités d'extensions, son processeur est meilleur en calculs et l'ensemble consomme peu et n'utilise qu'une seule tension de 5V pour son alimentation. C'est le deuxième changement majeur qui a été mis en place pour le sous-marin, en Mars.

### **c) Nouveaux propulseurs**

Vu qu'à la fin du concours 2007, un des propulseurs avait pris l'eau, il a rapidement été décidé d'envisager d'acheter des propulseurs plus professionnels. L'inconvénient majeur est que le prix augmente vite dès qu'il s'agit d'acheter du matériel étanche de meilleure qualité. Les propulseurs qui ont été choisis sont des Seabotix, qui étaient utilisés par l'équipe d'Heriot Watt (les gagnants du concours 2008) et que l'on a pu se procurer à des prix avantageux. Ces nouveaux propulseurs (ainsi que le fait d'avoir réduit la taille du robot), plus puissants que les précédents ont permis de remplacer les 2 propulseurs verticaux par un seul, situé au centre de la quille.

### **d) Aménagement de la partie électronique intérieure**

La réduction du tube et le changement de PC embarqué ont rendu nécessaire de revoir complètement l'organisation des éléments dans le tube : moins d'espace avec la réduction du tube, mais un PC plus petit ne nécessitant plus une carte électronique supplémentaire pour son alimentation,... Pour faciliter les changements de batteries et de matériel informatique, des connecteurs intérieurs ont été rajoutés et un tiroir contenant les batteries a été mis au point. Ainsi, il est maintenant possible de changer les batteries en ouvrant simplement la tôle arrière, en déconnectant des prises et en tirant le tiroir permettant d'accéder aux batteries. De plus, la suppression de la carte électronique d'alimentation de l'ancien PC embarqué a permis de réduire la partie électronique du robot au minimum.

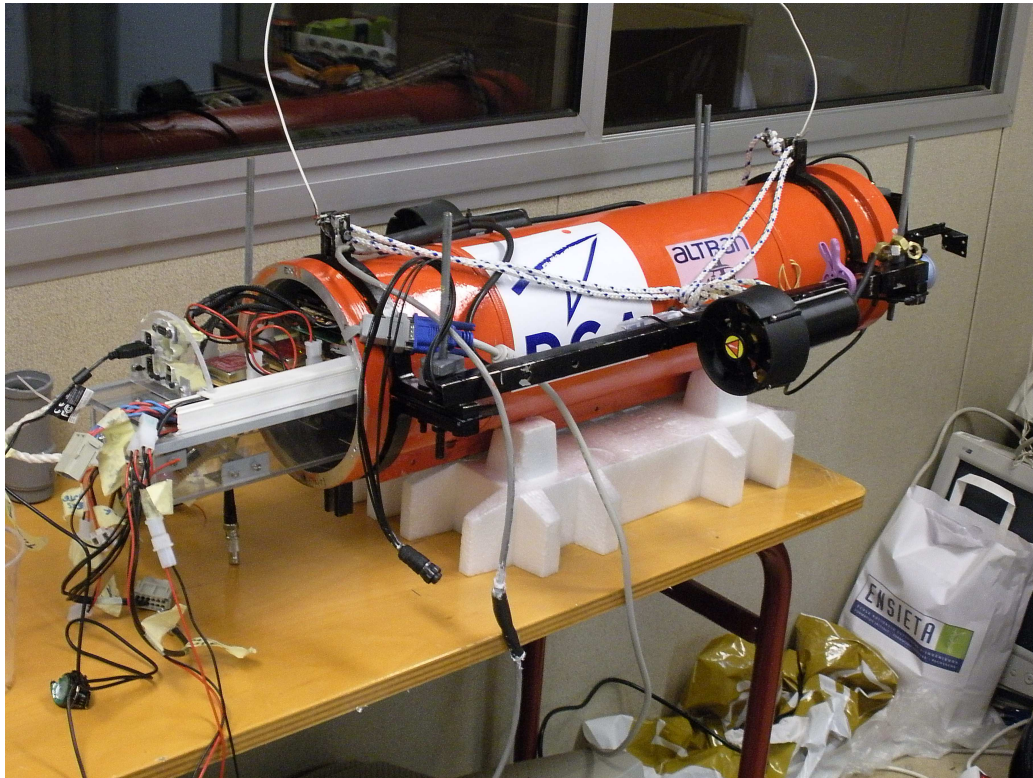


Figure 8: Nouvelle organisation de l'intérieur du robot sous forme de tiroir

### **e) Système de largage de projectiles**

L'année dernière, un système de largage (pour le lancé de projectiles sur la cible) basé sur un électroaimant étanchéifié avait été prévu, mais celui-ci était assez rapidement tombé en panne. Un dispositif permettant de larguer des dés a été refait cette année et a été placé à l'avant du robot.

### **f) Webcams HD (haute définition)**

Nous nous étions rendu compte l'année dernière que les webcams (destinées à identifier les objets dans la piscine) ne devaient pas être choisies au hasard. En effet, beaucoup de webcams bon marché ont dû mal à fournir une image correcte quelles que soient les conditions : luminosité variable, mouvement, air ou eau... La Logitech QuickCam Pro 9000, sortie récemment a été choisie cette année pour sa bonne qualité d'image (peu d'effets de flou, pas d'ondulations dans l'image, peu de déformations,...), ses hautes résolutions (jusqu'à 1600 x 1200), son ajustement automatique en fonction de la luminosité,... C'est probablement l'une des meilleures webcams grand public du moment. De plus, elle semble fonctionner aussi bien sous Linux que sous Windows.



Figure 9: Webcam Logitech QuickCam Pro 9000

## 2) Partie informatique

Les parties bas niveau du code informatique de l'année dernière étaient fonctionnelles et toujours d'actualité (sauf pour la prise en charge des webcams HD) et pouvaient donc être reprises sans problèmes. Par contre les parties de plus haut niveau comme l'interface graphique de contrôle à distance, le simulateur, et les algorithmes liés à l'autonomie devaient être revus. Les algorithmes de localisation et de détection d'objets ont été améliorés et terminés et une régulation en cap a été ajoutée. La bibliothèque OpenCV a été utilisée pour récupérer les images des webcams HD et faire des traitements élémentaires.

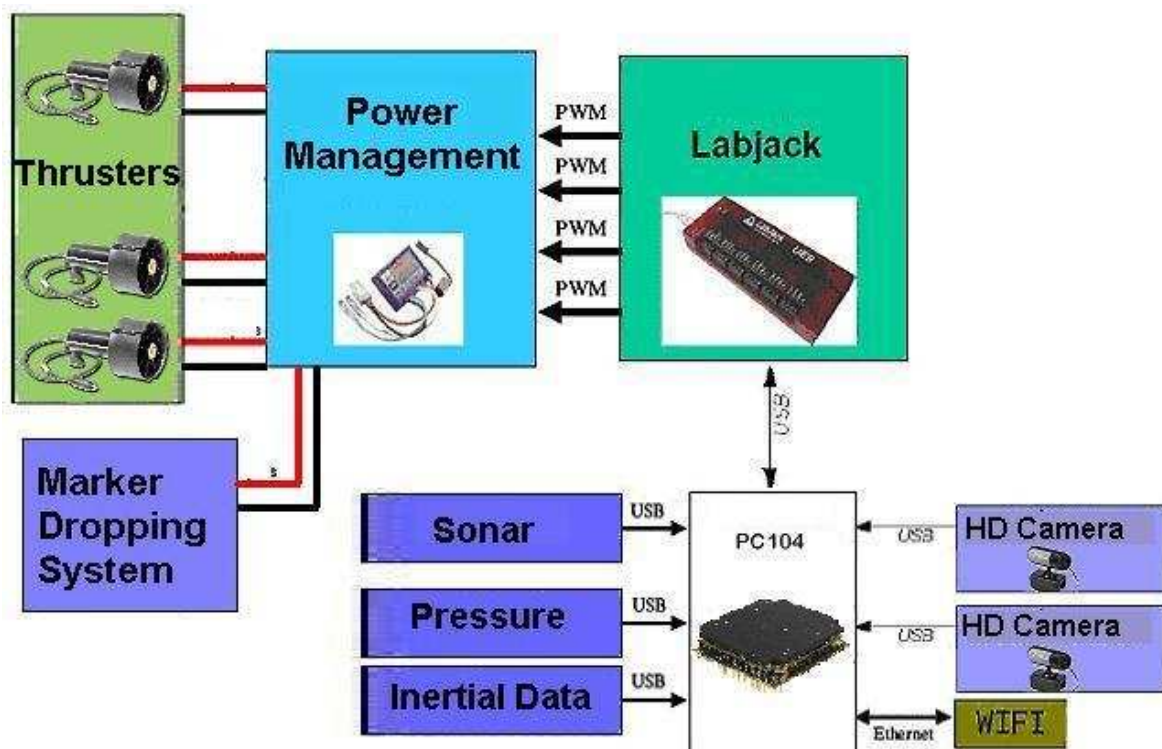


Figure 10: Schéma résumant la nouvelle architecture électronique

## **V) Les résultats du concours**

Au moment du concours, deux piscines étaient à notre disposition : la première servait de bassin de test et la seconde était celle dédiée à la compétition. Nous avons été la deuxième équipe à réussir à aller tout droit sur une quinzaine de mètre dans le petit bassin, grâce notamment à notre régulation en cap, ce qui nous a donné le droit d'utiliser la piscine de compétition. Les différents tests que nous avons pu effectuer nous ont permis de valider les algorithmes de localisation et de traitement d'image, mais ont aussi montrés que les codes gérant l'enchaînement des missions n'étaient pas au point. Nous avons donc pu montrer au jury que les différents capteurs fonctionnaient très bien, que nous parvenions à nous localiser dans la piscine à quelques dizaines de centimètres près et que nous détectons les différents objets dans la piscine avec nos webcams.

Notre équipe a réussi à obtenir la deuxième place du concours SAUC-E 2008, ex aequo avec l'université de Bath. L'université d'Heriot-Watt a accompli un parcours sans faute le jour de la compétition, et a ainsi obtenu la première place.

## **Conclusion**

Bien que basé en grande partie sur celui de l'année dernière, le robot présenté au concours SAUC-E 2008 a subi quelques changements améliorant sa fiabilité, son aspect pratique et sa maintenabilité au point que peu de modifications semblent aujourd'hui nécessaires concernant ses parties mécanique et électronique. Bien que les algorithmes de localisation dans la piscine et de traitement d'images soient aujourd'hui fonctionnels, des améliorations dans l'organisation de la partie informatique et notamment dans les codes liés à l'interface graphique de contrôle à distance, l'autonomie et le simulateur paraissent encore nécessaires et seront mises en place dans l'année à venir.