

Challenge MICROTRANSAT

Yves Briere¹, François Bastianelli², Mickaël Gagneul³, Philippe Cormerais³

¹ENSICA, 1 place Emile Blouin 31056 Toulouse, yves.briere@ensica.fr

²IUT dept SGM-GTE, 2 avenue du Pr. Jean ROUXEL 44475 CARQUEFOU, francois.bastianelli@univ-nantes.fr

³IUT dept GEII, 2 avenue du Pr. Jean ROUXEL 44475 CARQUEFOU, mickael.gagneul@univ-nantes.fr

RESUME L'IUT de Nantes et l'ENSICA de Toulouse développent conjointement un voilier autonome. Ce projet pédagogique collaboratif a permis de concevoir, fabriquer et d'instrumenter un voilier de 2,4m. Notre démonstrateur a pour but de démontrer la possibilité de faire réaliser une traversée transatlantique à un petit voilier autonome. Nous lançons par cet article le challenge « Microtransat » afin de susciter des projets similaires dans d'autres écoles ou universités.

Mots clés : voilier, robotique, pédagogie, challenge microtransat.

1 INTRODUCTION

Est-il possible de réaliser une traversée transatlantique avec un voilier de dimension très réduite entièrement autonome ? C'est pour répondre à cette question que nous lançons le projet **microtransat**.

Les règles seront simples. Tout d'abord une dimension maximale pour le voilier (2,4m). Ensuite la contrainte que le voilier soit effectivement un voilier, c'est-à-dire entièrement propulsé par le vent. Enfin le voilier devra être totalement autonome.

Les défis techniques concernent de nombreuses disciplines : l'architecture navale, les matériaux, l'électronique, l'énergie, etc...

Les deux initiateurs du projet (IUT de Nantes et ENSICA à Toulouse) souhaitent dans un premier temps réaliser conjointement un démonstrateur.

Dans une première partie de cet article nous présentons notre démonstrateur, dans une deuxième partie nous décrivons le challenge proprement dit. Enfin dans la troisième partie nous essayons de montrer en quoi ce projet est un formidable outils pédagogique.

2 LE DEMONSTRATEUR

2.1 Les partenaires

Le département Science et Génie des Matériaux (SGM) de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de Nantes dispense une formation qui répond aux nouveaux besoins des entreprises issus de l'évolution contemporaine des matériaux. L'enseignement couvre le domaine des matériaux métalliques, des matériaux polymères, leurs juxtapositions (matériaux composites) et leurs techniques de mise en œuvre.

Du fait de sa position géographique de nombreux projets d'étudiants sont traditionnellement en rapport avec la mer : cela va de la conception de pagaies pour kayak à la réalisation complète d'un proto pour la minitransat. Durant leur seconde année de formation, les étudiants ont un projet de synthèse à réaliser. Ce projet consiste en une étude de conception et de réalisation d'un produit industriel pour appliquer les connaissances acquises lors de la formation.

Au cours des quatre dernières années, certains projets, également réalisés dans les autres IUT "SGM" de France, consistaient à :

- concevoir et réaliser un voilier télécommandé de 2m40 de long et 3m de mât, utilisant toutes sortes de matériaux (nouveaux ou traditionnels) pour faire valoir leurs performances sur les plans fonctionnels et esthétiques, ainsi que les possibilités de réalisation,
- concevoir et organiser une rencontre universitaire entre les Départements SGM des IUT de France. Appelée Défi SGM, elle permet de réunir l'ensemble des formations universitaires de 1er cycle dans le domaine des Matériaux autour d'une confrontation performante et ludique entre les modèles réduits conçus par chaque formation.

Le défi SGM étant une initiative de l'IUT de Nantes, les deux premières éditions ont eu lieu à Nantes, mais depuis deux ans, les rencontres sont organisées par les autres départements de France (Chambéry 2003, Saint Briec 2004 et en 2005 : Blois).

Le département Génie Electrique et Informatique Industrielle GEII de l'IUT de Nantes a pour mission de former des techniciens supérieurs généralistes dans les domaines de l'électricité, de l'électronique, de l'électrotechnique, des automatismes, des réseaux locaux et de l'informatique industrielle. En complément d'une formation scientifique générale, elle les prépare à mettre en œuvre :

- les composants de l'électronique analogique et leurs applications,
- l'électricité, la distribution électrique, les actionneurs électriques...,
- les automates programmables, et les techniques de régulation des systèmes,
- les circuits numériques programmables, microprocesseurs et leur programmation (langages C et Java), les techniques de communication.

Pour contribuer efficacement à la vie de l'entreprise qui l'emploie, le diplômé doit pouvoir s'adapter à la spécificité et aux méthodes de l'entreprise, travailler en équipe, être capable d'appréhender son domaine d'activité dans ses aspects techniques, économiques et humains.

Les compétences d'un diplômé GEII le conduiront naturellement aussi bien dans les secteurs traditionnels d'embauche (industries électriques et électroniques, appareillages et instrumentation, production et transport d'énergie, télécommunications), que dans les secteurs nouveaux utilisateurs d'informatique industrielle : industries de transformation et manufacturières, agroalimentaire, santé, transports, industrie automobile, aéronautique....

L'ENSICA forme des ingénieurs en mécanique, aérodynamique, propulsion, automatique, électronique et informatique, appliqués notamment aux domaines aéronautique et spatial.

L'ENSICA est impliquée dans le domaine des microdrones depuis 1999 par des recherches propres et des projets d'étudiants. L'ENSICA a ainsi conçu et développé une électronique complète (calculateur, senseurs, actuateurs) permettant à un drone de réaliser des vols stabilisés et autopilotés [1]. Enfin, l'ENSICA a créé et organisé conjointement avec SUPAERO les journées microdrone de 2001 à 2004 [2].

Ces projets ont vu passer des dizaines d'étudiants, principalement en projets d'initiative personnelle (PIP), un projet d'environ 150h que doit effectuer chaque étudiant en deuxième année.

Ces microdrones font partie du domaine de la robotique aérienne. Le projet **microtransat** partage un certain nombre de concepts techniques avec les projets microdrone.

2.2 Le voilier

Le voilier pour la Microtransat devra tout particulièrement mettre l'accent sur la fiabilité puisqu'il devra affronter les conditions du grand large durant plusieurs mois.

Nous aurions pu choisir une architecture pour laquelle la fiabilité prime sur tout et compter sur les vents dominants pour qu'il soit poussé vers l'Ouest. Cela enlèverait beaucoup d'intérêt au projet.

Ce sera un bateau « marin » qui pourra remonter au vent, aller précisément au point voulu et à une vitesse de plusieurs nœuds.

L'architecture choisie pour notre démonstrateur est celle d'un Vor 60 (fig. 1), bateau participant à la Volvo Race, course autour du monde en équipage, à l'échelle 1/8. Un premier exemplaire du modèle réduit réalisé par les étudiants SGM de Nantes en 2004 a déjà fait ses preuves lors du défi 2004 à Saint-Brieuc.



fig 1 : Vor 60 au 1/8^{ème} réalisé en 2004 en navigation (noter le gréement de type Balestron)

Si la coque apporte toute satisfaction, il convient de changer radicalement le pont afin d'assurer une position instable en cas de chavirage, ce qui est forcément à envisager sur un grand parcours, de le doter d'un mât et d'une surface de voilure adaptée au programme, ainsi que de panneaux solaires permettant la commande et le traitement des informations en temps réel.

Un gréement à balestron permet de réduire la puissance consommée et facilite le pilotage automatisé.

Il est insubmersible et auto redresseur.

Robustesse et performances marines passent par le choix de matériaux les plus performants : Carbone/Epoxy, Structures sandwiches, Titane, ...

2.3 Matériaux et procédés (IUT de Nantes)

Outre les choix architecturaux pour lesquelles nos étudiants ne sont pas spécialistes, l'intérêt pédagogique porte sur les choix du triptyque matériaux/procédé de mise œuvre/coût.

La petite taille du voilier permet l'emploi de matériaux haut de gamme tel que du carbone ou du titane mais une fabrication unitaire limite les moyens de production. Ainsi les matériaux composites sont très largement utilisés mais les plus pointus tels que les pré-imprégnés, très utilisés en aéronautique, ne sont présents que pour des formes simples.

Tous les choix sont fonctionnels : l'emploi de carbone pour gagner du poids dans les hauts, le gréement, mais majoritairement de fibre de verre dans la coque pour une meilleure résistance aux chocs.

2.4 Les systèmes (ENSICA Toulouse, IUT de Nantes)

Les systèmes confèrent l'autonomie du système et assurent la communication avec le sol.

Notre système de commande est basé sur un calculateur Infineon C167 [3] communiquant avec ses périphériques par l'intermédiaire d'un bus CAN unique. Le bus CAN a été choisi pour plusieurs raisons : premièrement il est la couche basse du protocole NMEA 2000 [4] partagé maintenant par de nombreux équipements de marine. Ensuite l'utilisation d'un bus unique permet de travailler de manière très modulaire et notamment de pouvoir changer facilement de calculateur. Enfin, dans le cadre d'un projet collaboratif comme celui-ci il permet de travailler depuis des sites distincts.

Les systèmes d'aide à la navigation embarqués sont : un GPS, un système girouette/anémomètre, une centrale d'attitude (celle-ci fusionne les données de gyromètres, accéléromètres et magnétomètres et fournit les trois angles de l'attitude, les vitesses de rotations selon les trois axes ainsi que les accélérations).

Les systèmes de commande sont les deux actionneurs (safran et balestron) associés à leurs réducteurs, cartes de puissance et asservissements. Un calculateur spécifique, connecté au bus CAN, reçoit les ordres d'angle de barre et de voile et renvoie les angles effectifs. Il assure les asservissements.

Le système de communication est actuellement un radio modem de portée environ 1km.

Le système de contrôle est un ordinateur portable relié à un radio modem. Un protocole de communication simple permet de transférer et d'afficher en temps réel les mesures des différents capteurs de manière à aider le pilotage (vent vrai/vent apparent, incidence du vent sur les voiles, vitesse, position, etc....) Le pilotage du voilier est effectué par un joystick.

L'ENSICA a en charge l'architecture globale du système embarqué. L'IUT GEII de Nantes a développé la carte de puissance, etc...

2.5 L'énergie (ENSICA Toulouse)

L'énergie du démonstrateur provient actuellement d'une batterie 12V classique rechargée en permanence par quatre panneaux solaires. Un projet en cours consiste en la réalisation d'un module de gestion « intelligente » de l'énergie (recharge optimale, mesure des consommations, calcul des réserves énergétiques).

3 ASPECTS PEDAGOGIQUES

Le démonstrateur sommairement décrit dans la partie précédente est déjà un support pédagogique. Il est développé dans le cadre de projets en cours d'étude d'IUT et d'école d'ingénieur. L'approche collaborative qui a été choisie permet aux étudiants de se placer dans un contexte de projet. Ils doivent développer leurs propres systèmes tout en s'assurant de l'interface avec les systèmes développés par les autres équipes.

Les domaines techniques qui ont été visités par les étudiants sont déjà nombreux :

- conception de coque et de gréement de voilier,
- choix et mise en œuvre de matériaux composites,
- choix et intégration d'actionneurs, asservissement de position,
- informatique temps réel, système embarqué,
- protocole de communication par bus CAN,
- etc...

Les domaines non encore abordés sont par exemple :

- la gestion de l'énergie (panneaux solaires, gestion de la charge des batteries),
- la communication longue distance (satellite ?),
- etc...

Notre voilier étant un robot autonome de nombreuses problématiques de la robotique sont applicable à ce

système. Par rapport aux systèmes de robotique mobile souvent utilisés dans l'enseignement notre robot a plusieurs avantages :

- il n'est pas trop petit : pas de problème aigu d'intégration,

- il ne vole pas (!) : la mise en œuvre est beaucoup plus simple et sûre qu'un modèle réduit d'avion.

Nous estimons le coût de notre prototype (somme des équipements installés, achat des matériaux) à environ 9000€. Difficilement envisageable pour un projet développé sur fond propre pour une institution d'enseignement, ce projet a pu voir le jour grâce à notre approche collaborative.

Les utilisations dans l'enseignement sont possible à tous les niveaux : illustration de système complet pour secondaire, étude et réalisation de sous-systèmes pour les IUT, BTS et écoles d'ingénieurs. Les domaines concernés sont nombreux : mécanique, matériaux, électronique, informatique temps réel, énergie, automatique, robotique, etc...

4 LE CHALLENGE

4.1 Objectifs, définition du challenge

Les objectifs de notre challenge sont multiples :

- favoriser la connaissance et l'utilisation des hautes technologies dans l'enseignement supérieur et l'industrie,

- favoriser une approche écologique et pacifique des océans et attirer l'attention sur les sources d'énergie alternatives,

- créer une émulation par une compétition technique, scientifique et amicale.

Pour cela nous proposons trois règles très simples :

I. Le voilier doit être un voilier :

- Pas question de lâcher une bouée et de profiter uniquement des courants dominants !

- le voilier doit être mû uniquement par le vent comme source de propulsion primaire. Les autres sources d'énergie (éolienne, panneaux solaires, etc...) doivent servir uniquement à alimenter l'électronique embarquée, la communication et les actionneurs (voile, safran, etc...)

II. Le voilier doit être autonome :

- Il peut recevoir automatiquement des données et prévisions météorologiques par satellite du moment que celles-ci sont publiques et non commerciales et qu'elles sont traitées automatiquement par le système embarqué.

- Il ne peut recevoir d'ordres de la terre.

Concernant les liaisons avec la terre le système le plus adapté est semble t'il le système ARGOS qui permet de communiquer une fois par jour la position ainsi qu'un nombre limité de données. Le voilier Microtransat peut ainsi, en plus de participer au challenge, embarquer des systèmes de mesures à fin scientifique. Le système ARGOS est sur le point de mettre en service une « liaison descendante » qui permettrait d'envoyer des don-

nées au voilier. Il nous semble que le pilotage à distance du voilier via ce système est hors sujet mais il sera peut être intéressant de discuter ce point si des participants sont intéressés par le côté « régata ».

III. Le voilier doit traverser l'atlantique.

Si l'idée prend et que des projets se font connaître il pourrait être intéressant et motivant d'organiser des rencontres intermédiaires sur plan d'eau.

Le challenge n'est doté d'aucun prix. Il n'y a pas de date limite.

4.2 Sécurité, aspects légaux

Sur la sécurité plusieurs arguments devront être mis en avant :

- nos voiliers, du fait de leur taille ne seront pas un danger pour la navigation des autres navires en mer. Ils sont assimilables aux bouées dérivantes de mesures océanographiques.

- nos voiliers devront être incapables de créer des blessures à des personnes. Nous pensons notamment aux batteries qui devront être protégées contre l'explosion et au dégagement de produits dangereux (un accident mortel est rapporté en 2001 lors d'une opération de maintenance d'une bouée dérivante [5])

- nos voiliers ne devront pas représenter de risques pour l'environnement.

4.3 Y a-t-il des projets similaires ?

Non. Dans le domaine de la robotique aérienne on trouve un certain nombre de compétitions universitaires pour des microdrones [6], [7] ou moins spécifiquement pour des drones autonome [8]. Dans le domaine maritime, une compétition de drones sous-marin (AUV pour Autonomous Underwater Vehicle) a lieu depuis 1998 [9]. Un projet similaire au notre semble bien exister aux Etats-Unis mais est totalement inactif [10].

5 CONCLUSION

Nous avons présenté notre projet comme un défi sportif. D'autres points de vues auraient pu être présentés, principalement l'intérêt pour la recherche océanographique de disposer de systèmes de mesure actif, à la différence des bouées dérivantes actuellement utilisées [11]. Citons aussi la possibilité de déployer des réseaux de capteurs communiquant [12]. Enfin le voilier peut aussi servir de support de recherche pour illustrer des problèmes de robotique mobile (navigation, planification, décision, etc...).

Dans cet article nous avons uniquement décrit notre démonstrateur de voilier autonome. Nous espérons susciter des vocations pour que d'autres équipes d'étudiants se lancent dans l'aventure. Cet article est aussi le lancement officiel du challenge « microtransat ».

Bibliographie

1. C. Parra, B. SU, J. Bordeneuve-Guibe, Y. Briere, *Development of MAV : from theory to implementation*, UVS-TECH 2002, Brussels Belgium 5-6 dec 2002.
2. <http://www.micro-uav04.net/>
3. Mini module C167 distribué par Phytec, <http://www.phytec.fr>
4. Norme NMEA 2000, <http://www.nmea.org/pub/2000/>
5. Mode of operation and achievements of the DBCP In <http://www.dbcp.noaa.gov/dbcp/index.html> (2005)
6. Concours universitaire de drones miniatures 2005, ONERA, <http://concours-drones.onera.fr/>
7. *2004 International Micro Air Competition* <http://www.engr.arizona.edu/MAVcompetition/>
8. *International Aerial Robotics Competition*, <http://avdil.gtri.gatech.edu/AUVS/CurrentIARC/FutureEventInfo.html>
9. *AUVSI and ONR's 8th International Autonomous Underwater Vehicle Competition*, http://www.auvsi.org/competitions/water.cfm?sub=comp&subnav=comp_water.
10. *Autonomous Model Yacht Racing Competition*, <http://www.amyrc.org/>
11. AROO: The Autonomous Sailing Robot, Mark James Neal, http://users.aber.ac.uk/mjn/Autonomous_Sailing_Robot.htm
12. Jane Tateson, Christopher Roadknight, Antonio Gonzalez, Taimur Khan, Steve Fitz, Ian Henning, Nathan Boyd, Chris Vincent, Ian Marshall, *Real World Issues in Deploying a Wireless Sensor*, Workshop on Real-World Wireless Sensor Networks, REALWSN'05