



INSTITUT  
NATIONAL  
des SCIENCES  
APPLIQUÉES



Projet de Physique P6-3  
STPI/P6-3/2008 – 11-12



**Nom des étudiants**

Salma ED-DAOUDI	Emilie LINARES	Thomas DURAND
Anaïs LAGESSE	Clément BLONDEEL	Oscar CUEVES
Sonia MADI	Maël LE BAIL	Romain PIQUET
Cerise KALOGRIDIS	Pierre BREQUIGNY	Florie-Anne BAUGE

**Enseignant(s)-responsable(s) du projet**

Jean-Noël LE TOULOUZAN



**BATEAU SOLAIRE**



À TAILLE  
HUMAINE  
À L'ECHELLE  
DU MONDE



Date de remise du rapport : **20/06/08**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2008 – 11-12**

Intitulé du projet :

**Bateau solaire :**

**Conception, dimensionnement, chaîne d'acquisition embarquée et étude comparative...**

Type de projet : **veille technologique / Etude comparative**

Objectifs du projet :

Les objectifs de notre projet se sont très vite révélés divers et variés. En effet, nous avons investigué différentes pistes afin de favoriser la prise d'initiatives, selon notre imagination et créativité. C'est pourquoi, dans le cadre de notre projet, plusieurs idées ont été développées.

D'une part, nous avons essayé de nous inspirer des bateaux solaires déjà construits, afin de concevoir un bateau aussi performant que possible en ayant recours à la méthode de M. Jean-Louis Yaich.

D'autre part, ce bateau s'inscrit dans l'optique d'une course (6h de l'île Lacroix) s'inspirant du modèle des 24h motonautique, et qui a été proposée récemment par notre groupe à la mairie de Rouen.

n° cahier de laboratoire associé : **A 30233**

## REMERCIEMENTS

Nous souhaiterions remercier toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce projet.

- J-N LE TOULOUZAN pour son encadrement tout au long de ce projet, ainsi que pour sa traduction de l'article Wikipédia.
- J-M COURONNE pour son aide lors de la traduction de l'article Wikipedia.
- Le groupe du bilan carbone pour leur travail sur le bateau solaire.
- J-L YAICH pour sa disponibilité et pour les informations qu'il nous a fournies.
- Les membres de l'association CONCEPT HELIOS PROPULSION pour nous avoir rencontrés.
- Mr GRIMA, élu de la mairie de Rouen, pour avoir accepté de nous rencontrer.

## TABLE DES MATIERES

1. Introduction .....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail .....	7
3. Travail réalisé et résultats .....	8
3.1. Frise historique sur les moyens de propulsion.....	8
3.2. Principe du panneau solaire : photovoltaïque... ..	9
3.3. Pôles de Compétitivité.....	10
3.4. Etude comparative de bateaux dont solaires... ..	11
3.5. Conception d'un bateau .....	15
3.5.1. Article Wikipédia.....	15
3.5.2. Bateau à carène sans vague.....	15
3.5.3. Rencontre avec des membres de l'association CHP .....	18
3.5.4. Sur la trace d'un futur bateau .....	19
3.4.4.1. En ce qui concerne la coque... ..	19
3.4.4.2. Quelles dimensions pour notre bateau? .....	20
3.4.4.3. Les périphéries.....	21
3.4.4.4. Optimisation du bateau, quels choix? .....	21
3.6. Panneaux expo CHP et INSA.....	22
3.7. Organisation Défi Solaire : 6h de l'île Lacroix à Rouen.....	23
3.8. Actions de valorisation future : fête de la Science (novembre 2008).....	26
L'intitulé de votre projet (60 caractères maximum, blancs inclus) : EN MAJUSCULE	27
3.9. Contrat CHP / INSA.....	33
Nature de la prestation.....	34
Contenu de la prestation .....	34
4. Conclusions et perspectives.....	36

5. Bibliographie .....	37
6. Annexes.....	38
6.1. Documentation technique.....	38
6.2. Listings des programmes réalisés .....	58
6.2.1. Photos de la rencontre avec l'association CHP, du samedi 24 mai.....	58
6.3. Schémas de montages, plans de conception.....	60
6.4. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé) .....	65

## 1. INTRODUCTION

Le prix du baril de pétrole augmentant chaque jour de façon spectaculaire, il est aujourd'hui difficile de croire que l'or noir est l'avenir dans le transport ou même dans l'énergétique. De même la question du réchauffement de la planète menace notre avenir immédiat, mais aussi notre avenir à long terme. Que laissera-t-on aux générations à venir ? Ceci est la question que beaucoup se posent.

Une autre question qu'il serait intéressant d'aborder en bons scientifiques et futurs ingénieurs est : peut-on trouver une alternative permettant de résoudre la crise énergétique ? Existe-il des méthodes, des sources d'énergie, qui, aujourd'hui inexploitées, constituent pourtant des solutions à part entière ?

Bien qu'il constitue une partie infime de notre consommation à l'heure actuelle, le solaire est très prometteur et a des perspectives resplendissantes. En effet, Représentant près de 10 000 fois notre dépense énergétique actuelle, l'énergie solaire est une énergie « propre », renouvelable, quasiment inépuisable, qui se retrouve au centre de plusieurs recherches ayant pour but d'optimiser les rendements des panneaux solaires, visant à faire du solaire, l'une des principales énergies de l'avenir.

Notre projet explore les possibilités du solaire dans le domaine nautique. D'une part, il nous permet d'étudier les processus d'exploitation de l'énergie solaire, et d'autre part, il nous rapproche d'un secteur que nous ne connaissons que superficiellement. En effet, le recours à l'énergie solaire dans la thermique du bâtiment devient de plus en plus courant ; plusieurs salons se tiennent un petit peu partout en France afin de présenter les dernière évolutions et découvertes dans ce domaine. Tandis que l'utilisation du solaire dans le domaine nautique, et pour l'alimentation des bateaux, plus particulièrement, reste assez limitée, mais toutefois en expansion.

Le travail sur notre projet de physique, s'est tout d'abord fondé sur les exploits de l'association CHP (Concept Hélios Propulsion), qui depuis 1999, a réalisé trois défis solaires, ayant pour but de prouver la fiabilité des bateaux solaires et leur endurance, et d'inciter les français, autrefois réticents vis à vis de l'alimentation des bateaux avec l'énergie solaire, à s'intéresser davantage à cette perspective. Dans cette même optique d'innovation, et de volonté d'évolution, l'association organise un quatrième défi qui consiste à rallier Rouen à Londres uniquement avec des énergies renouvelables.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Comme c'est le cas d'autres projets de physique, deux groupes travaillent sur le projet *Bateau solaire*, un le mercredi et l'autre le vendredi. Ceci présente des avantages mais aussi des inconvénients, suivant le point de vue adopté.

En effet, d'une part, la communication entre les deux groupes n'a pas été évidente, au début, en raison de la différence des créneaux horaires. Bien entendu, il existe le cahier de laboratoire qui a été le premier moyen de communication entre les deux groupes, toutefois, cela s'est vite révélé insuffisant et limité dans la mesure où nous ne pouvions pas noter en détail ce qui était effectué lors de chaque séance. La communication est l'un des points les plus importants dans un projet. Ainsi, pour obtenir une plus grande visibilité lors de l'envoi de mail dans le cadre de prise de contact, et afin de faciliter le partage de nos documents, nous avons créé une adresse mail sous Gmail.

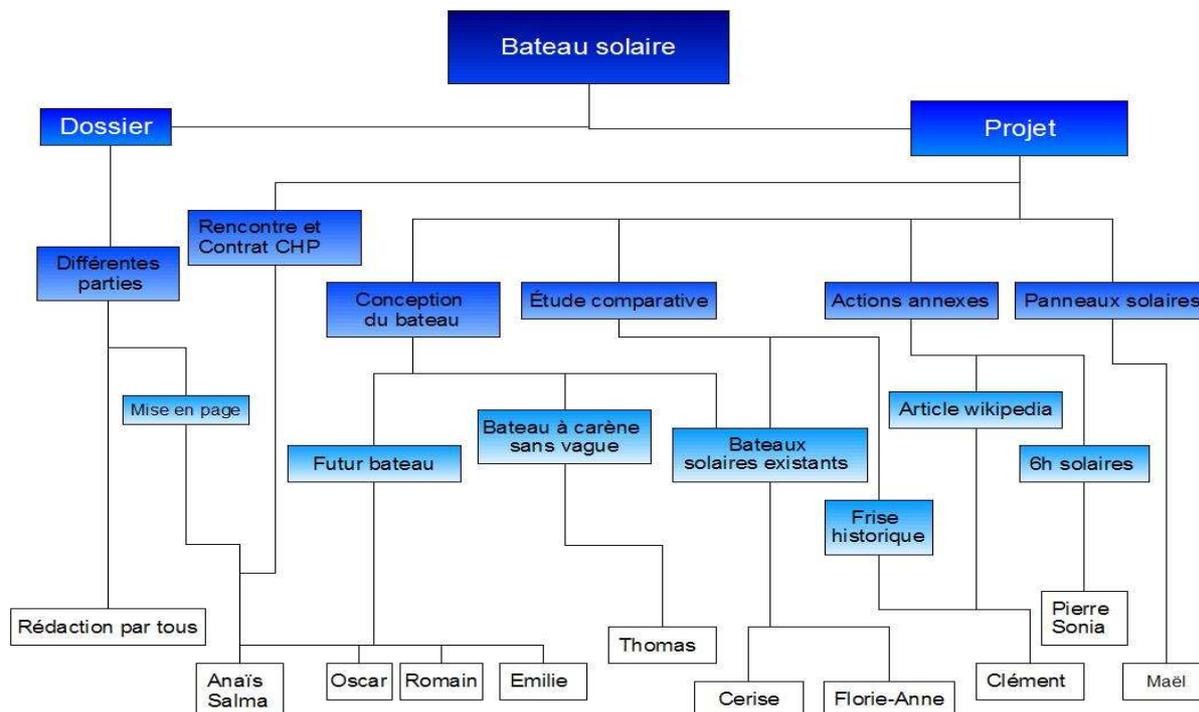
Le choix de Gmail repose sur la qualité des services qu'il propose, nous offrant alors de nombreux avantages :

- Simplicité de création.
- Simplicité d'usage.
- Possibilité de partager des documents.

L'adresse choisie, [bateau\\_solaire@gmail.com](mailto:bateau_solaire@gmail.com), nous a permis d'être tout de suite identifié par nos interlocuteurs. Grâce à cet outil, nous avons également pu partager des documents de manière efficace. Cet échange a maintenu une communication interne plus importante, et a considérablement facilité notre travail de groupe.

D'autre part, nous nous sommes rendu compte que nous étions nombreux (douze) à devoir travailler ensemble, ce qui nécessite une répartition rigoureuse des tâches, afin que chacun se sente impliqué autant que les autres, et fasse de son mieux pour mener à bien le projet.

### Organigramme de la répartition des tâches



### 3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

#### 3.1. Frise historique sur les moyens de propulsion

Notre projet nous amenait à appréhender les notions d'énergie au travers du solaire pour le déplacement d'un bateau.

La première remarque des potentiels acquéreurs de ce genre de bateau, les clubs nautiques ou clubs de loisir sur lac, a été à chaque fois la vitesse de déplacement de celui-ci, trop faible pour plaire au public.

En continuant nos recherches sur tous les moyens de transports que le solaire touche (voitures, avions, bateaux ...), la même remarque tenait toujours de limite : le solaire n'est pas assez performant pour déplacer suffisamment vite l'Homme du vingt et unième siècle, qui est par nature pressé.

D'une démarche personnelle, nous en sommes venu à nous demander si cette légitimité de la vitesse en était vraiment une. Nous avons donc essayé de replonger dans l'histoire de l'humanité pour voir l'évolution des moyens de locomotion au fil des âges.

Après une heure de recherche sur différents sites, nous avons compris que rien n'existait vraiment pour appréhender cette notion d'évolution. On peut trouver facilement les dates de création ou encore les caractéristiques mais une vue globale semble inexistante, d'où une volonté personnelle de faire une frise regroupant les avancées majeures dans l'histoire du transport dans l'humanité. Par problèmes de lisibilité, nous avons vite choisi de diviser nos frises en quatre.

Ce travail qui peut paraître en dehors de notre projet le rejoint dans le sens où il permet d'appréhender l'évolution des technologies et de voir que ce qui nous paraît banal, comme une voiture, n'est en fait que très récent. De même les notions de vitesses et de confort, qui semblent clés de nos jours, ne sont dans les consciences que depuis peu.

Les mêmes remarques concernent tous les moyens de locomotion : l'aviation, les chemins de fer, qui sont présents comme la base de la mobilité pour les grands déplacements ne sont apparus que très récemment. L'aérospatiale, si présent dans notre vie de tous les jours (GPS, télévision, météorologie ...) est lui encore en plein essor.

On voit aussi par exemple que la voiture n'a été inventé qu'il y a un siècle et demi, et que le parc automobile a proprement dit n'existe que depuis les années 50. La voiture, qui nous paraît si présente et si importante n'est en fait rentrée de le quotidien de l'homme que depuis 60 ans, soit très peu dans l'histoire de l'humanité. De plus son existence semble menacée, ou du moins remis en question, à peine 60 ans après sa création (pollution, prix du pétrole...). Est-il donc si inapproprié de se dire qu'on peut faire rouler plus proprement nos voitures, certes moins vite, mais de façon plus durable, en utilisant différentes sources d'énergies ?

Si l'habitude de la vitesse nous est venue si vite, la pseudo lenteur de l'alternatif mettra-t-elle tant de temps à être accepté dans les cas où la vitesse n'est pas primordiale ? Il faut ajouter que la vitesse, ou plutôt rentabilité ou efficacité, provenant des énergies durables s'améliora comme les voitures se sont améliorées. C'est à nous de changer les mentalités, nos mentalités.

On peut noter que ces frises nous montrent encore une dernière chose : les questions d'énergie ne sont apparues qu'après le double choc pétrolier : action-réaction.

Cf. Annexe : frises

### **3.2. Principe du panneau solaire : photovoltaïque...**

La première question qui s'est posée dans le cadre de notre projet est la suivante : Comment fonctionne l'énergie solaire ? En effet, le sujet traité est « le bateau solaire », c'est à dire un bateau qui fonctionne grâce à l'énergie solaire, il nous a semblé alors inévitable d'approfondir, avant toute chose, nos connaissances dans ce domaine.

De nombreuses recherches ont donc été effectuées sur internet ([X] à [X+3]) afin de détailler le phénomène à tous les niveaux : l'effet photoélectrique, l'effet photovoltaïque, le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque, le fonctionnement d'un panneau solaire. Un power point a donc été créé, il explique le fonctionnement des panneaux solaires. Ce document a été réalisé, dans l'optique de mettre en place un outil pédagogique, facilement accessible, pour une vulgarisation du phénomène.

Cf. annexe power point : panneau solaire

### 3.3. Pôles de Compétitivité

Dans la prise de conscience actuelle de la fragilité de notre planète, les technologies des énergies renouvelables trouvent aisément leur place. Ainsi, des pôles de compétitivité sont apparus, accélérant les nouvelles découvertes.

Ces nouvelles technologies sont présentées dans le document annexe [N+1]

« Un pôle de compétitivité se définit comme la combinaison, sur un espace géographique donné, d'entreprises, de centres de formation et d'unités de recherche publiques et privées, engagés dans une démarche partenariale destinée à dégager des synergies autour de projets communs au caractère innovant. »

Ces pôles sont donc importants car de par leurs caractères de compétences et de concurrences, ils sont de vrais « boosters » en recherche et en technologies de pointes.

Concernant notre sujet, nous avons voulu voir les pôles existants ainsi que leurs domaines de prédilections.

On dénombre 4 pôles de compétitivité d'énergie et ce, seulement pour la France : Capenergies, Derbi, S<sup>2</sup>E<sup>2</sup> et Tenerrdis.

- Tenerrdis, situé en Rhône-Alpes, a deux rôles principaux :
  - Développer les énergies renouvelables
  - Optimiser l'utilisation des énergies

Concernant les énergies renouvelables, leurs objectifs sont simples : augmenter la productivité.

Par exemple, concernant les énergies hydrauliques, un chiffre de 5% est attendu.

Pour ce qui est d'optimiser des énergies, leurs buts est de permettre d'optimiser les 70% d'énergies utilisées dans la région Rhône-Alpes par les entreprises.

- Derbi, situé en région Languedoc Roussillon se veut développer « l'innovation, la recherche, la formation, le transfert de technologie, le développement et la création d'entreprises dans le domaine des énergies renouvelables appliquées au bâtiment et à l'industrie. »

On peut citer par exemple le four solaire, le petit éolien ou encore biomasse.

- Capenergie, situé en région PACA, se tourne lui vers les énergies dites « de demain », avec un avantage majeur : le projet fusion à Cadarache.

Sinon les objectifs restent les mêmes avec une volonté d'élargir au maximum, misant ainsi sur la diversité plutôt que la perfection en une matière.

D'une façon exhaustive, on peut trouver sur leur sites les domaines suivants :

- La Maîtrise de la demande en Energie,
  - Le solaire
  - L'éolien
  - L'hydraulique
  - La biomasse et l'hydrogène
  - La fission
  - La fusion
- S<sup>2</sup>E<sup>2</sup> : région centre. S'engageant comme les autres pôles dans le combat de la rentabilité et de la productivité des énergies et surtout renouvelables, on note les mêmes centres de compétences, telles que la conversion d'énergie, les capteurs liés à l'énergie et la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment.

On remarque donc que les 4 pôles travaillent ensemble et sur des projets très proches. Le but étant l'optimisation, toutes avancées dans un secteur intéressent un nombre importants d'acteurs.

On note la tendance à miser sur la pluridisciplinarité comme réponse aux demandes énergétiques de demain. Ce qui semble en accord avec les conclusions de notre dossier.

### **3.4. Etude comparative de bateaux dont solaires...**

Afin d'enrichir notre savoir sur l'énergie solaire et ses applications nous avons voulu mener une recherche sur tous les moyens de transport solaires : bateaux, avions, voiture... . Nous avons estimé nécessaire de mener donc une étude comparative sous forme de tableau (cf. annexe tableau). Nous nous sommes très vite décidé à restreindre l'étude aux bateaux uniquement afin que notre comparaison soit le plus rigoureuse possible (il est difficile en effet, et sans utilité, de comparer la vitesse d'un avion a celle d'une voiture).

Nous avons donc dressé ce tableau selon certains critères précis. Nos premiers critères (longueur, largeur, nature de propulsion, poids et vitesse du bateau) révélaient notre faible connaissance sur le sujet, au début du projet. Cependant au fur et a mesure de nos recherches, notre savoir s'est élargi et nos critères se sont affinés. Nous avons conserve nos critères de départ mais nous en avons ajoute beaucoup d'autres, en général plus techniques :

- tirant d'eau : hauteur de la partie immergée du bateau qui varie en fonction de la charge transportée. Il correspond à la distance verticale entre la flottaison et le point le plus bas de la coque, usuellement la quille
- forme coque : La coque est le constituant premier d'un bateau : il forme le flotteur, c'est-à-dire l'élément assurant la flottabilité et l'étanchéité. Un bateau peut comprendre une seule coque (on l'appelle alors monocoque) ou plusieurs

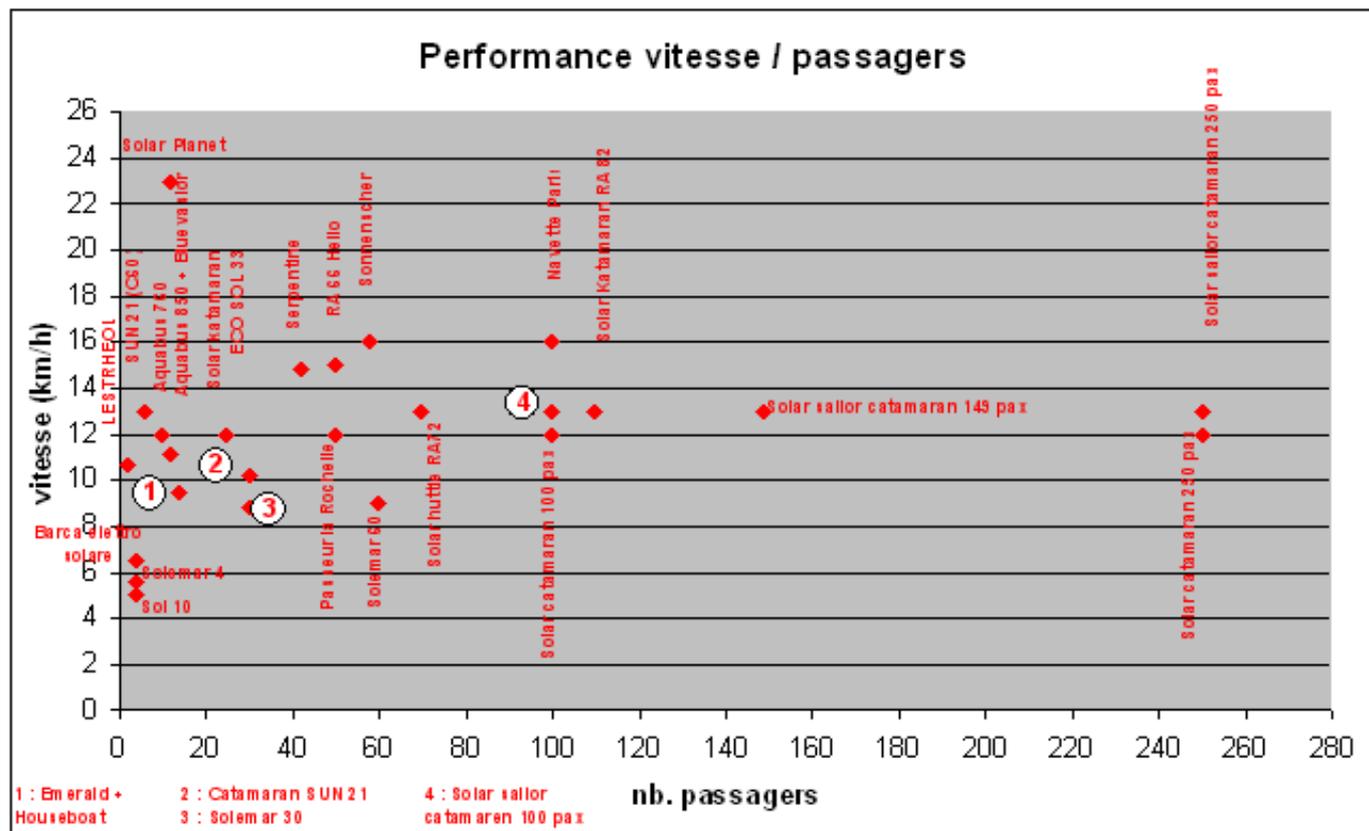
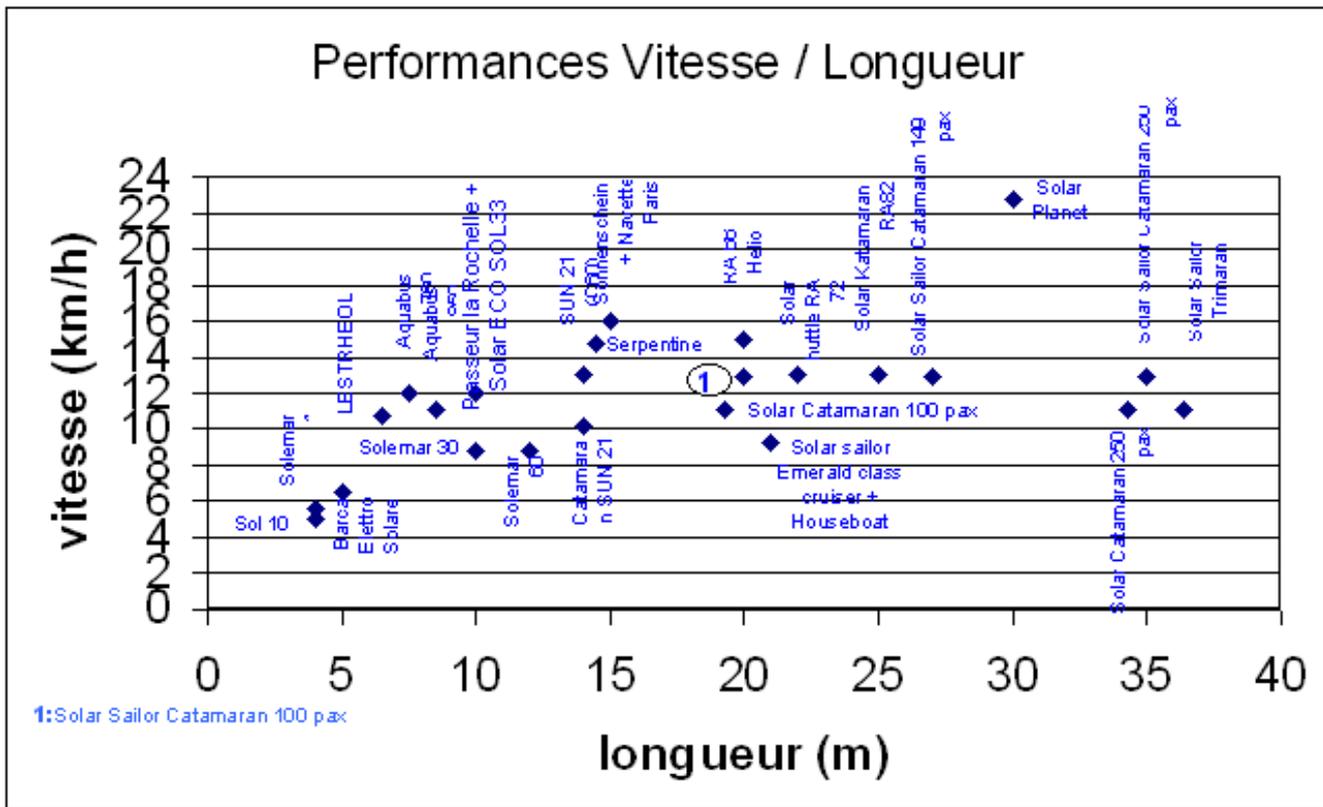
(multicoque) : un catamaran comprend deux coques, un trimaran trois, suivent les quadri marans et les penta marans

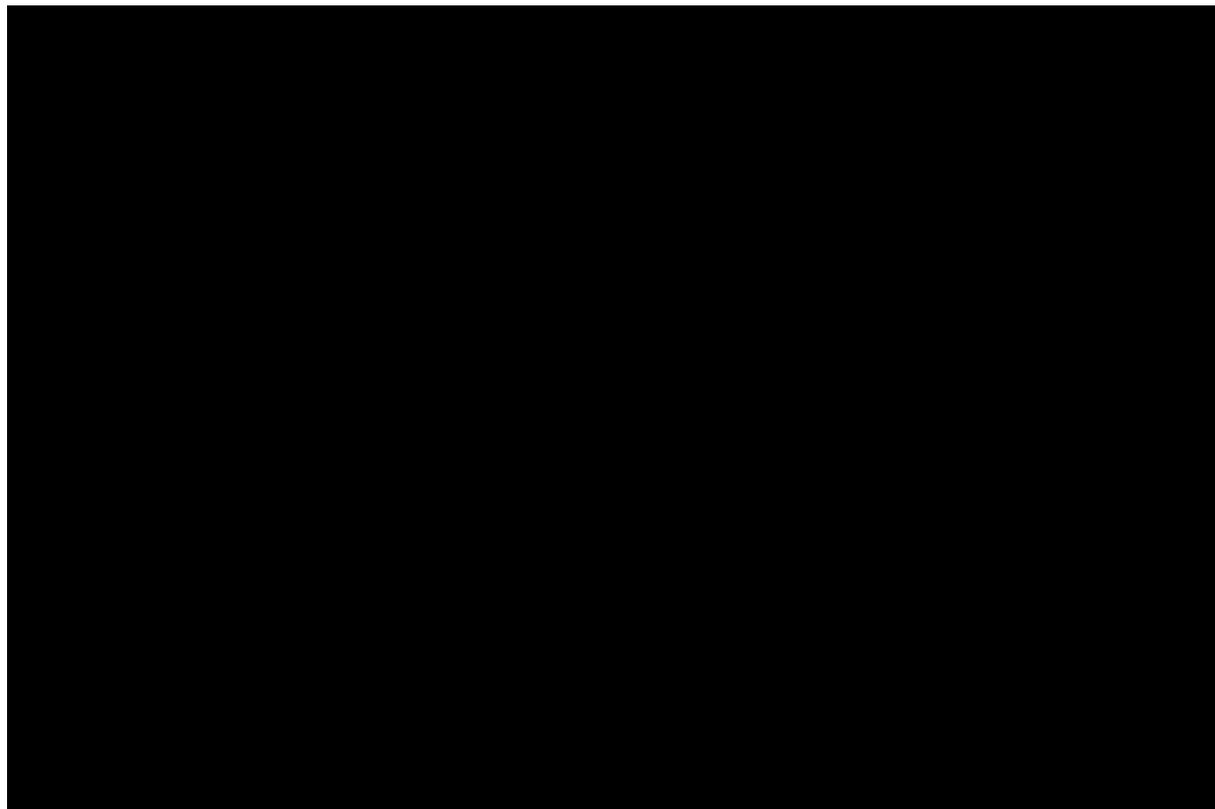
- types panneaux solaires, surface photovoltaïque
- etc.

Finalement nous avons ajoute dans notre comparaison quelques bateaux non solaires, ce qui a entraine l'addition de nouveau critères, comme la surface de la voile par exemple.

Il est important de noter que les données utilisées sont les données fournies par les fabricants.

**Graphiques uniquement réalisés à partir des données constructeurs disponibles.**





Dans l'ensemble les bateaux solaires sont de même « catégorie » seuls quelques bateaux se démarquent.

Le Solar Planet est un exemple de bateau particulièrement rapide (23 km/h) par rapport aux autres bateaux du même poids ou de même longueur mais par contre il fait partie des bateaux pouvant transporter le moins de passagers.

Par contre même s'il est vrai que le Solar Katamaran RA82 par exemple ne fait pas partie des bateaux solaires les plus rapides, malgré son poids nettement supérieur à celui des autres, et sa longueur non négligeable (25 m), il peut quand même se déplacer à une vitesse de 10 Km/h et permet surtout le transport d'une centaine de passagers.

On remarque donc qu'une classification des bateaux solaire en terme de performance car cela dépend surtout de l'usage que l'on veut en faire. Ainsi, le Solar Planet est idéal comme bateaux de course car très rapide et le Solar Katamaran offre quand à lui de très bonnes performances si l'on veut transporter de nombreux passagers.

### 3.5. Conception d'un bateau

#### 3.5.1. Article Wikipédia

Au cours de nos recherches pour la construction théorique de notre bateau solaire, nous avons été amenés à comprendre la notion de coque, et par soucis d'économies de l'énergie, nous nous sommes approchés d'une carène sans vagues.

Ayant été informé par M. Letoulouzan que M. Wegmann travaillait justement sur ce projet, nous avons naturellement pris contact avec ce dernier, dans l'espoir qu'il ait l'amabilité de nous aider.

Il nous a appris l'existence sur Wikipédia d'un article parlant précisément de ses recherches. sous le nom de : Verdraenger und Gleiter (traduire par : Bateaux à carène à déplacement et bateaux à sustentation ou aqua-planeurs).

N'étant pas bilingue, mais comprenant l'intérêt majeur de cet article pour la continuité de notre projet nous avons cherché à traduire article. Les propositions premières de le faire par des étudiants du groupe ont vites été abandonnées par manque de temps et de niveau.

M. Letoulouzan nous est venu en aide, avec une de ses connaissances : M. Jean-Marie COURONNE.

Nous tenons les remercier chaleureusement pour le travail conséquent qu'ils ont fourni.

De par la philosophie de notre projet et l'ambiance du groupe, nous avons voulu rendre ce travail public et donc accessible à tous. Wikipédia nous a semblé le meilleur moyen de mettre ce travail à la disponibilité de tous.

Rappelons que Wikipédia est une encyclopédie libre, où tout le monde est libre de faire partager sa connaissance, sous engagement d'un sérieux minimale et aussi d'une légitimité de l'article (intéressant, non communautariste, compréhensible par tous ...)

Notre travail est encore en attente de validation en ce jour (11 juin 2008) et nous avons bon espoir qu'il soit accepté par la communauté Wikipédia.

Trouvable :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Bateaux\\_%C3%A0\\_car%C3%A8ne\\_%C3%A0\\_d%C3%A9placement\\_et\\_bateaux\\_%C3%A0\\_sustentation\\_%28ou\\_aquaplaneurs%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bateaux_%C3%A0_car%C3%A8ne_%C3%A0_d%C3%A9placement_et_bateaux_%C3%A0_sustentation_%28ou_aquaplaneurs%29)

Cf. annexe pour article complet

#### 3.5.2. Bateau à carène sans vague

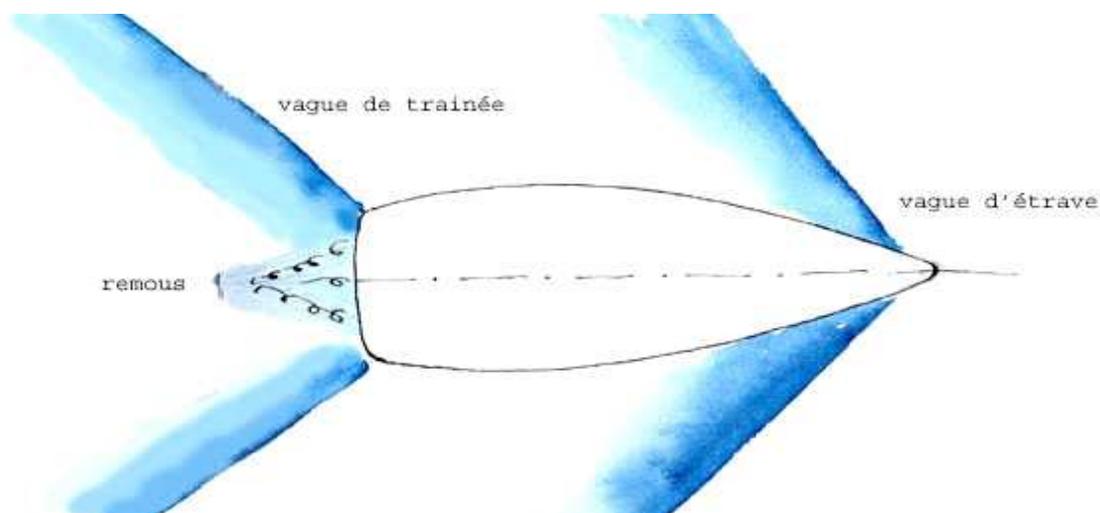
Un des principaux objectifs de ce projet étant la conception d'un bateau, nous nous sommes particulièrement intéressés aux différents types de carènes existants. Ainsi, M. Le Toulouzan, ayant travaillé sur le projet du « Basilik 3 » avec Matthias Wegmann, spécialiste des bateaux solaires, nous a orientés vers les coques à « Carènes sans vague ». En effet,

l'un des futurs projets de M. Wegmann étant la création d'un bateau solaire sans vague, nous avons trouvé ce concept particulièrement intéressant et enrichissant.

Voici tout d'abord une description rapide du fonctionnement d'un bateau à « carène à déplacement » suivi de celui d'un bateau à « carène sans vague ».

#### « Bateaux à Carène à déplacement »

La majorité des bateaux existants aujourd'hui porte le nom de bateaux à « carène à déplacement ». En effet, ce type de bateau a, en général, lorsqu'il est en mouvement, la coque immergée. Ainsi, lors de son déplacement, cette coque déplace exactement la quantité d'eau correspondant à la masse du bateau et l'eau, présente initialement à l'avant du bateau par exemple, se trouve déplacée sur le côté en provoquant la formation d'une vague d'étrave. De la sorte 2 vagues sont produites : une vague d'étrave et une vague de trainée. Voici un petit schéma illustrant ce phénomène :

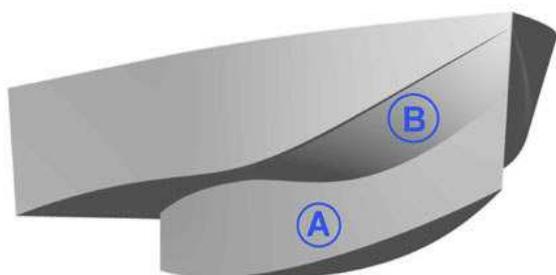


[www.finot.com/ecrits/ecritgroupe/questionmois/bateau\\_plane.htm](http://www.finot.com/ecrits/ecritgroupe/questionmois/bateau_plane.htm)

En raison de son immersion dans l'eau, ce type de bateau rencontre une résistance à l'avancement croissante avec le carré de la vitesse du bateau. C'est la raison pour laquelle ce type de locomotion n'est possible que jusqu'à une vitesse limite appelée « vitesse de carène ». Cette vitesse ne dépend que de la longueur du bateau. Ainsi, elle reste inchangée même avec la plus puissante motorisation.

#### « Bateaux à Carène sans vague »

Le bateau à carène sans vague fut inventé par le physicien autrichien Théodor Eder dans les années 1990. Sa coque « anti-vague » fut baptisée « DG Hull » de l'anglais « Displacement Glider ».

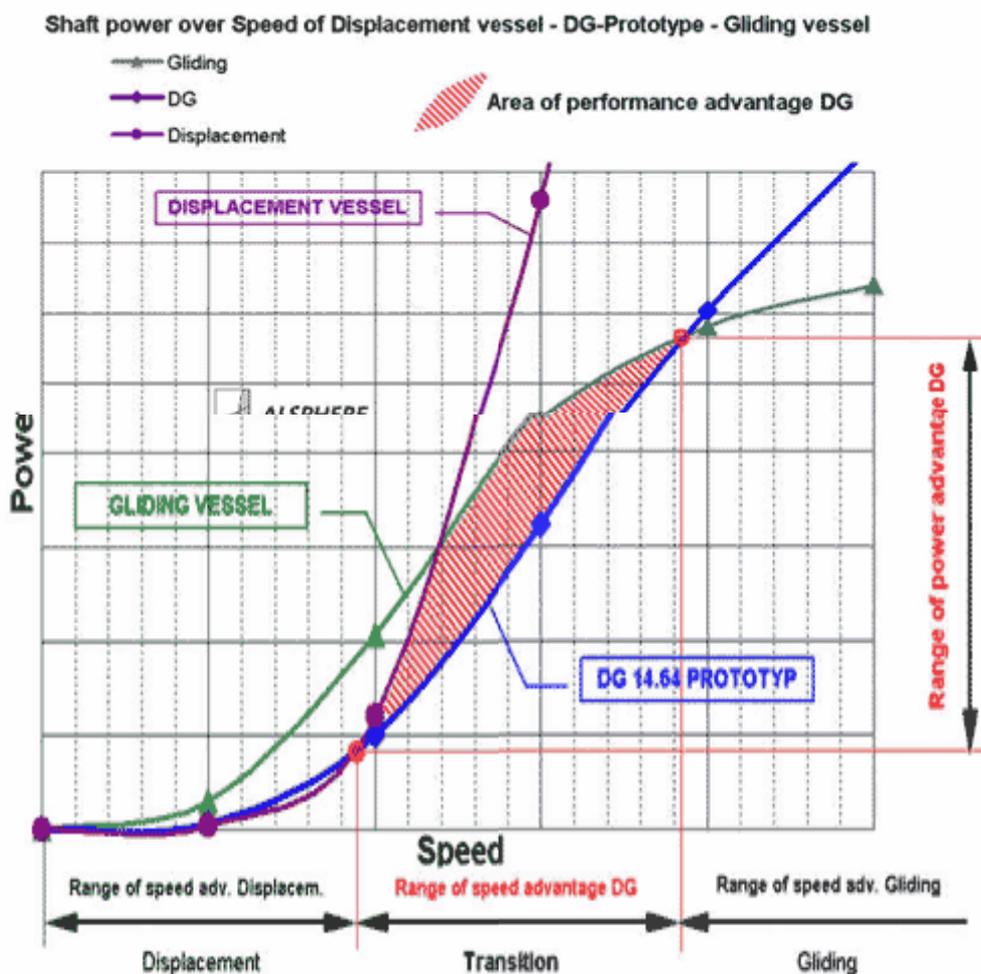


Du point de vue physique, Le bateau à carène sans vague fonctionne comme un bateau à carène à déplacement, sauf que la vague produite par la partie immergée de la coque (A) annule/compense celles provoquées par la proue et la poupe de la partie (B). Le creux de la première correspond à la crête des deux autres.

www.alsphere.at

Etant donné que la formation des vagues de proue et de traînée est la principale cause de la vitesse de carène, les bateaux à carène sans vague n'ont pas de réelle limite de vitesse. De plus, le concept d'Eder réunit les avantages des aquaplaneurs (bateaux à glisse) et des bateaux à « carène à déplacement ». Ainsi, ce type de bateau peut tout en consommant beaucoup moins et avec un moteur moins puissant aller beaucoup plus vite. Cela signifie qu'un petit moteur sur un bateau à « carène sans vague » pourra avoir des performances comparables à un moteur plus puissant sur une coque à « carène à déplacement ». Un gain considérable de place et de poids peut donc être gagné. Ce type de concept peut être utilisé sur des bateaux de toute taille mais son fonctionnement est optimal quand le rapport longueur sur largeur est égal à 4/3.

Voici un graphique permettant de comparer les niveaux de performance (puissance) des bateaux à carène à déplacement (Displacement), des bateaux à « glisse » (Gliding) et des bateaux à carène sans vague (DG). Nous pouvons remarquer dans un premier temps que pour des vitesses faibles, c'est le bateau à carène à déplacement qui est le plus performant. Ensuite, pour des vitesses moyennes, c'est le bateau à carène sans vague qui est le plus compétitif. Enfin, pour des vitesses élevées (bateaux de course), c'est le bateau à « glisse » qui est le plus adapté car c'est celui qui a besoin de moins de puissance. Etant donné l'intérêt écologique de la France et la hausse du prix du pétrole, le bateau à carène sans vague représente l'avenir des bateaux de croisière.



### 3.5.3. Rencontre avec des membres de l'association CHP

Toujours dans l'optique de nourrir d'avantage nos recherches, et de faire avancer plus rapidement notre projet, nous avons décidé de prendre contact avec l'association CHP, par l'intermédiaire de M. J-L Yaich.

Le samedi 24 mai, nous avons rencontré des membres de l'association CHP, qui étaient en train de rénover le bateau Eolios sur le site de Bonsecours. En effet, il s'agit du bateau qui va réaliser le Défi Solaire transmanche au mois de juin prochain. Cette rencontre a été très enrichissante ; de part l'échange que nous avons pu avoir avec Jean-Louis Yaich, mais aussi avec les autres membres de l'association présents sur le site ce jour-là. Ces derniers nous ont expliqué en détail le fonctionnement du bateau, dont nous allons vous parler.

Eolios a été conçu comme un bateau solaire, dès sa conception, une marinisation du bateau est réalisée actuellement pour qu'Eolios puisse affronter le défi solaire Transmanche 2008.

En ce qui concerne le système d'alimentation du moteur, il est constitué d'un résolveur qui permet d'obtenir le déphasage, et un système d'alimentation triphasé. Ce système fonctionne entre 0 et 400Hz. Le moteur est équipé d'une sonde de température.

Le moteur tourne à 3000 tours/min. Il est muni d'une hélice d'un diamètre de 600 mm, qui tourne à 600 tr/min. Le réducteur de vitesse, situé juste après le moteur a donc un rapport de 5. L'ensemble formé par le moteur, le réducteur de vitesse et l'hélice est appelé pod, ce qui signifie gousse de petit pois en anglais, et en d'autres termes l'ensemble est dans une enveloppe étanche. En effet, cette partie est plongée dans l'eau et l'hydrodynamisme (concept important à prendre en considération) est assuré par un profil adapté. Le moteur, de 10 kW, est commandé par un variateur de vitesse électrique, qui est lui-même alimenté par les batteries.

Le bateau était équipé de 20 batteries en Plomb, de 6V, montées en série, mais nous avons appris lors de notre visite qu'elles allaient être remplacées par des nouvelles batteries en Cd-Ni, 2.5 fois plus performantes. Ces dernières sont alimentées par l'énergie obtenue par les 20 panneaux solaires, répartis de part et d'autre de la coque principale. Chaque panneau solaire a une puissance nominale de 53 Wc (Watt crête) et une tension de 12V.

La vitesse maximale que peut atteindre ce bateau est 17 nœuds, sachant que 1 nœud = 1852 mètres par heure. L'énergie nécessaire à la réalisation de la traversée de la manche a été estimée à 2000 J/cm<sup>2</sup> d'ensoleillement par calcul.

D'autre part, nous savons que l'orientation des panneaux solaires est réglée en fonction de celle du soleil. C'est pourquoi un système de cordage permet d'adapter manuellement leurs inclinaisons à partir du cockpit, tandis qu'un autre permet de les maintenir et les stabiliser sur l'eau.

Cette rencontre a été très intéressante pour nous, car elle nous a permis de concrétiser nos démarches. En approchant enfin de près un bateau solaire, nous avons compris certains principes qui restaient pour nous très théoriques. De plus, l'échange que nous avons eu avec M Yaich a été très intéressant et tout ce qu'il a pu nous communiquer nous a beaucoup aidés pour la conception de notre futur bateau...

### **3.5.4. Sur la trace d'un futur bateau**

Avant tout, nous avons étudié différents bateaux solaires déjà existant en construisant la première ébauche du tableau comparatif.

#### **3.4.4.1. En ce qui concerne la coque...**

Nous avons ensuite exploré toutes les sortes de bateaux comme les kayaks, les monocoques, les multicoques, les bateaux à voiles, à moteur et à rames. De plus, nous avons étudié les spécificités du bateau sans vague.

C'est ainsi que nous avons déterminé la forme de la coque de notre bateau: un trimaran.

En effet, d'après toutes nos études, le trimaran paraît le type de bateau le plus adapter. Un kayak de mer a pour avantage majeur d'être léger, facilement transportable, et individuel. Cependant, il n'est pas vraiment stable. Deux flotteurs permettent donc une plus grande stabilité sans ajouter trop de poids. De plus, il faut souligner que nous avons trouvé que les flotteurs de canadien sont sans vague. On a pu ainsi à se rattacher à l'étude du bateau sans vague que nous avons fait.

Après avoir déterminé la forme de la coque, il faut imaginer les matériaux utiles pour celle-ci. Encore une fois, nous nous sommes inspirés des kayaks. L'entreprise de kayaks plasmor nous a permis d'avoir la composition du Bélouga trimaran. De plus, nous avons des renseignements complémentaires très intéressants de Jean Louis Yaich, membre de l'association Elios. Nous en avons conclu que la coque devra être construite en résine, souvent polyester et fibre de verre ainsi du PVC.

La conception du bateau a été réalisée en différentes parties: la forme de la coque, les dimensions du bateau et les périphéries.

En ce qui concerne la coque du bateau, il est important de s'intéresser à sa fabrication. En effet, l'échange que nous avons eu avec J-L Yaich a été très fructueux quant aux méthodes à utiliser, pour concevoir la coque d'un bateau solaire, dès sa conception et non pas solariser un bateau dont la coque est déjà construite. Car il est important de souligner que nous travaillons désormais dans l'optique d'un bateau solaire et non plus solarisé. Grâce aux idées de J-L Yaich, innovateur dans la conception de bateau, nous avons pensé à de nouveaux principes, que nous voudrions adapter et appliquer :

Tout d'abord, le choix du matériau est très important : il faut se procurer deux plaques de mousse de PVC (matériel pour bateau), que l'on découpe selon les dimensions et la dynamique du bateau que l'on désire (voir partie centrale du bateau sur maquette, démonstration à l'oral, et dessin Autocad), et que l'on enduit ensuite d'une fibre de verre. Au niveau du maître beau, nous découpons préalablement, de chaque côté, la partie émergente qui nous permettra ensuite d'aménager l'espace pour le pilote. La couche est assez fine à l'intérieur, mais doit cependant être renforcée à l'extérieur, du fait du contact avec l'eau.

On pince ensuite les deux plaques qui formeront l'avant du bateau, l'étrave et on introduit les couples entre celles-ci, pour les maintenir écartées, puis on rejoint les deux autres extrémités situées au tableau arrière du bateau. Il est nécessaire de procéder ainsi, pour pouvoir affiner le bout si les parois ne se collent pas exactement comme prévu. On effectue ensuite le chappage qui permet de donner une forme plus dynamique au bateau.

Vient alors le moment d'ajuster le fond du bateau (plaque similaire aux côtés), de superficie très fine, dans notre cas... Nous remplissons alors de mousse (densité environ 3) de plus en plus douce plus on va vers le centre, ce qui permet d'absorber tous les chocs. Au niveau du maître beau, on colle de chaque côté, les parties de plaques retirées auparavant, de manière à créer une forme évasée, générant ainsi une place plus importante pour les personnes à bord.

On procède de la même manière pour les flotteurs.

Il ne faut pas oublier que l'esthétique est un facteur important de nos jours, surtout sur un produit novateur, comme ces bateaux solaires, qui construisent peut être aujourd'hui l'avenir du domaine naval. C'est pourquoi l'idée de combiner une forme d'avion (vu de dessus), au concept du bateau solaire se justifie bien ici, pour qu'il puisse un jour "s'imposer" sur le marché.

### **3.4.4.2. Quelles dimensions pour notre bateau?**

Le bateau étant dédié à une course mais aussi, à plus longtermes termes, à une utilisation d'amateur de sport nautique, nous avons décidé de faire une coque d'environ 10 mètres. En effet, il sera ainsi rapide et stable, imposant en restant léger.

La largeur du bateau est très importante. Elle déterminera la fonction du bateau, notamment si on reste attaché au genre « kayak » ou si on se rapproche du bateau sans vague.

Premièrement, nous nous sommes inspirés du bateau carène sans vague en dessinant un bateau sur Naval Designer d'un rapport de  $L/l = 8$ . Seulement, un bateau de ce rapport ne sera pas dédié à une course (cf. dessins en annexe).

Il faut donc se décider entre un bateau de course ou de plaisance. Pour respecter notre objectif d'organiser une course de bateau solaire, nous décidons de nous concentrer sur la conception d'un bateau pour une course.

Encore une fois, grâce à l'aide de J.L. Yaich, nous avons pu savoir qu'il faudrait un rapport de  $L/l=25$ . En effet, la coque doit être très fine car plus la coque est fine moins il y a de résistance avec l'eau et donc plus il va vite. De plus, rappelons que le bateau doit être faible en consommation d'énergie puisque celle-ci est fournie par le solaire.

Nous allons donc avoir une largeur de 40 centimètres.

Le creux sera de 70 centimètres avec un tirant d'eau de 10 centimètres.

La place du passager sera conçue comme l'a décrite J.L Yaich, retranscrit dans la partie précédente. Au niveau de la place du passager, la largeur devra être de 70 centimètres pour lui laisser la place de s'asseoir et de piloter.

Les flotteurs seront d'une longueur de 6 mètres. Cette longueur a été décidée de telle sorte que le bateau soient bien stable mais aussi pour une question d'esthétisme. Ils seront à 2 mètres de chaque côté du bateau et seront décalés de 40 centimètres vers l'avant par rapport à la coque principale. Ils seront larges de 15 centimètres et épais de 30 centimètres.

Le reste des dimensions ont été fait uniquement selon l'esthétisme en dessinant le bateau (cf dessin Autocad).

### **3.4.4.3. Les périphéries**

Nous avons commencé par le plus important pour un bateau solaire: les panneaux solaires. D'après notre dimensionnement, ils doivent être de 2 mètres de long sur 4 mètres de large, et ceci deux fois pour chaque coté de la coque principale.

D'après l'étude faite sur les panneaux solaires, les plus appropriés seraient les panneaux photovoltaïques avec des cellules en silicium. Mais rappelons que jusqu'à aujourd'hui, les panneaux solaires ne sont dédiés qu'à l'habitat. Il faudra donc les « bricoler » pour les rendre plus adaptable à leur utilisation sur le bateau.

L'hélice d'un bateau doit être parfaitement adaptée à la forme de la coque, au déplacement du bateau et aux conditions d'utilisation.

C'est pourquoi nous nous sommes particulièrement penchés sur l'étude de l'hélice.

Le pas de l'hélice doit être assez important. En effet, une hélice avec un grand pas et une vitesse de rotation moyenne fournit autant de propulsion qu'une hélice avec un petit pas et une vitesse élevée de rotation. C'est-à-dire que plus le pas de l'hélice est grand, moins l'hélice a besoins de puissance pour tourner. Les hélices à trois pales, les plus courantes ont un bon rendement en statique (force) et en dynamique (puissance). C'est un bon compromis force/puissance. De ce fait, il est préférable, pour le bateau solaire, de choisir une hélice à trois pales avec un long pas.

En ce qui concerne les batteries, il vaut mieux choisir des batteries au Cadmium car elles sont moins cher que celles au Lithium-ion même si celles-ci sont plus performantes (voir paragraphe suivant). Au niveau du poids des batteries, étant donné que le bateau est d'environ 140 kg à vide, il doit être d'environ 5 kg, soit 2 batteries de 2,5 kg.

### **3.4.4.4. Optimisation du bateau, quels choix?**

Il est toujours possible d'optimiser les caractéristiques du bateau en mettant l'accent sur les points positifs, comme la légèreté (poids minimisé) et la finesse (carène fine), et en essayant de réduire au maximum les inconvénients qu'il présente. Cependant, on ne peut améliorer un bateau que si l'on est prêt à payer le prix ! En effet, il est évident que plus les matériaux et équipements choisis sont performants plus leurs coûts sont élevés. Dans l'hypothèse où nous n'avons pas de budget, nous allons rester dans la démarche théorique de l'amélioration potentielle du profil de notre futur bateau.

En premier lieu, nous avons pensé aux alimentations en énergie : d'une part les batteries et d'autre part les panneaux solaires. Concernant les batteries, elles sont

constamment perfectionnées, et de nos jours il en existe plusieurs types : à l'origine conçues au Plomb, on trouve maintenant des batteries au Cadmium, 2.5 fois plus performantes que les premières, mais également celles au Lithium-ion dont les performances sont multipliées par 4 par rapport au Pb. Quant aux panneaux solaires, les critères d'optimisation reposent sur le poids, et les matériaux utilisés. En effet, les panneaux utilisés dans le domaine naval restent ceux du bâtiment, et ne sont donc pas conçus dans l'optique la légèreté. La photopile seule pèse environ 1g, pourtant le cadre en aluminium et le verre qui recouvre les cellules photovoltaïques font que le poids d'un seul panneau de 0.5 m<sup>2</sup> atteint 7.2kg. Si les constructeurs de panneaux s'intéressent un peu plus à ce domaine, il existera bientôt des panneaux correspondant aux attentes des navigateurs. Le verre est lourd et absorbe la luminosité pourrait être remplacé par du plastique.

D'autre part, les caractéristiques de l'hélice ont un rôle déterminant dans la propulsion du bateau. Il faut savoir que la puissance du moteur, et donc la vitesse de l'hélice n'est pas l'unique facteur déterminant la performance. En effet, Nous avons remarqué qu'une hélice qui tourne très rapidement génère beaucoup de pertes. Le choix d'une hélice plus grande tournant moins vite (autour de 1000 tours) est donc plus judicieux que celui d'une petite hélice combinée avec un moteur très puissant. Par ailleurs, un rendement supérieur de 30 % est garanti grâce à un long pas de l'hélice.

Enfin, nous avons également investigué dans le système avec queue de 20 à 30 battements par minutes qui paraît très prometteur dans la mesure où il permet d'assurer un bon rendement à basse tension.

### 3.6. Panneaux expo CHP et INSA

Comme cela a été souligné auparavant, le travail sur notre projet de physique a été constamment relié aux projets futurs de l'association CHP (Concept Hélios Propulsion), mais aussi aux étapes déjà franchies par cette dernière, tel que la réalisations des défis, et le combat mené dans le but d'élargir l'utilisation des bateaux solaires à la fois dans les courses, mais aussi dans la navigation de longue durée.

L'association avait effectué, au préalable, un panneau d'affichage mettant en avant les principales caractéristiques d'Eolios (le bateau de l'association), et indiquant les chiffres clés se rapportant à ce dernier.

Ce panneau, placé dans la salle des projets de physique, devait toutefois être actualisé afin de tenir compte de l'évolution récente d'Eolios, et surtout de la préparation du transmanche de juin 2008 ; projet qui a vu le jour grâce à l'association, et auquel Eolios doit participer.

De ce fait, nous avons décidé de prendre part dans l'organisation de ce défi, en réalisant un nouveau panneau d'affichage pour l'association, permettant, ainsi, de mieux la faire connaître au sein de l'INSA.

Ce panneau a été réalisé grâce à la coopération de certains membres de notre groupe, qui ont collecté les informations récentes auprès de M. Letoulouzan, et qui ont pris la bonne initiative de proposer des modifications esthétiques.

### 3.7. Organisation Défi Solaire : 6h de l'île Lacroix à Rouen

Tout le monde connaît les 24h motonautiques, un évènement culturel qui fait parti intégrante du patrimoine rouennais. Cette course est évidemment très populaire, puisqu'elle réunit environ 350 000 visiteurs chaque année.

Cependant, à notre époque, où les questions sur le respect de l'environnement et le gaspillage des ressources telles que le pétrole, sont l'une des grandes priorités de nos gouvernements. L'avenir des 24h motonautiques, appelés aussi les 24h de pétrole par certains, est donc remis en cause.

Et c'est là que notre projet entre en course. En effet, on garde l'idée d'un évènement sportif et populaire qui ravit la ville et les visiteurs, et on améliore le coté respect de l'environnement. Pour se faire quoi de plus écologique, et innovateur que des bateaux solaires.

De plus, au-delà de l'aspect environnemental et sportif, une dimension pédagogique, scientifique et technique sera également mise en place. En effet, les étudiants seront autorisés et même encouragés à inscrire leurs propres bateaux. De ce fait la course serait à la fois un évènement sportif mais également un moyen de présenter les nouvelles avancées en termes d'énergie solaire.

Dans une première partie, nous verrons pourquoi il est intéressant de remplacer ou de compléter les 24h motonautiques par une course de bateaux solaires. Puis dans une deuxième partie, l'idée de notre projet ainsi que son avancement à savoir les différentes prises de contacts avec les personnes influentes....

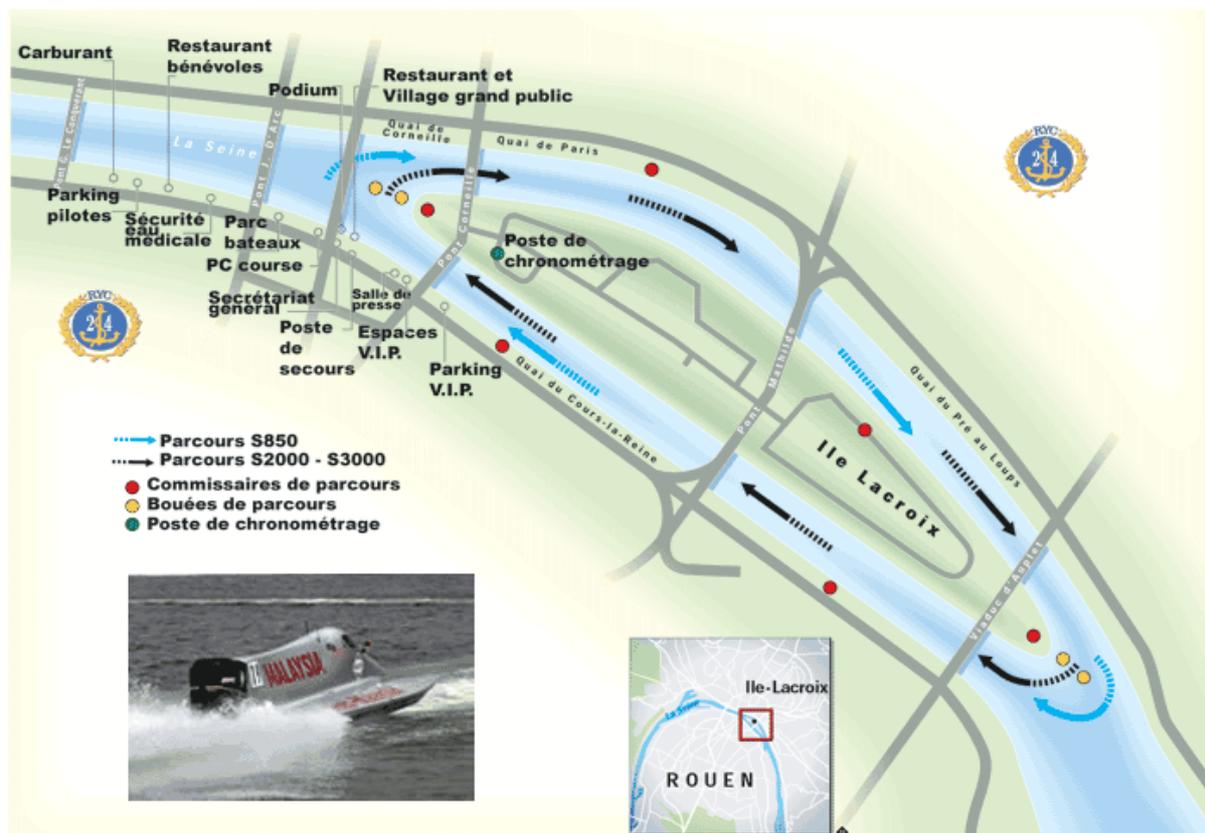
Si vous avez lu les journaux, ou surfé sur internet, vous avez forcément constaté la polémique qui sévit sur cet évènement sportif, les 24h motonautiques. Une partie de la population voit cet évènement comme une manifestation importante pour le patrimoine culturel rouennais. Une compétition riche en émotions, en petites histoires, et, surtout, un véritable exploit sportif pour des pilotes et des équipes qui donnent tout ce qu'elles ont, les unes pour finir en tête, les autres pour finir tout court. Cet évènement a dépassé le cadre rouennais et qui s'est étendu au-delà de l'agglomération, et de la région.

D'autres ne négligent pas l'aspect polluant des 24h motonautiques. 55 000 litres d'essence ont été consommés pendant la dernière édition, sans oublier les rejets de CO<sub>2</sub>, alors que nous sommes dans une période où l'écologie est de rigueur et que tous les moyens sont bons pour limiter la dégradation de notre environnement et le gaspillage du pétrole, denrée devenue très chère. N'oublions pas non plus la nuisance sonore de cette course qui dérange les habitants de l'île Lacroix.

Vous l'aurez compris, les 24h motonautiques ne font plus l'unanimité. C'est pourquoi nous avons eu l'idée d'une course de bateaux solaires dans la lignée de cette manifestation. L'idée est de conserver les aspects compétitifs, sportif et innovation technologique en ajoutant une dimension plus écologique grâce à l'utilisation non plus du pétrole mais de l'énergie solaire, comme moyen de propulsion.

Les écoles de la France entière seront invitées à faire participer leurs bolides. L'esprit de l'évènement sera sportif, pédagogique, technologique et écologique de quoi satisfaire les plus réfractaires.

Pour aller plus dans le détail du déroulement de la course, nous nous sommes beaucoup inspirés de courses déjà existantes aux USA et aux Pays-Bas telles que SOLAR SPALSH. La course se déroulerait autour de l'île Lacroix.



Bien évidemment l'utilisation des bateaux solaires impose de prévoir cette course en période ensoleillée.

En outre, ce projet n'est possible que par la présence et l'investissement de sponsors. Mais cet aspect du projet n'est que la suite de l'obtention de l'accord des personnes chargées des divertissements culturels de notre ville.

Par ailleurs, la compétition pourra présenter plusieurs épreuves telles que : rapidité, endurance, etc. Nous envisageons que la course soit ouverte à tous les prototypes solaires de toutes catégories confondues. Concernant l'organisation de la course, elle serait planifiée par l'association CHP (Concept Hélios Propulsion), et des étudiants de l'INSA serviraient de relai entre l'association et les participants des autres écoles.

Afin de lancer l'idée de cette course dans la ville de Rouen, nous avons pris contact avec plusieurs institutions régionales. Les premiers courriels ont été envoyés au Conseil Général, et à l'agglomération de la ville de Rouen. La première réponse est venue du département qui nous a alors recommandée de prendre contact avec la mairie de Rouen qui mène actuellement une réflexion sur les 24h motonautiques. Nous avons donc pris contact avec la mairie sur leur site internet, et nous avons reçu une réponse défavorable de la part

de la direction Jeunesse et Sport. Par la suite, nous avons tenté de relancer l'agglomération par l'intermédiaire des vice-présidents, en particulier M. Frédéric Sanchez chargé du développement durable et M. Dominique Hardy chargé de la politique sportive. Nous avons écrit à leurs mairies respectives (Petit-Quevilly et Sotteville-lès-Rouen) mais aucune réponse. Nos courriers n'ayant aucun résultat, nous nous sommes déplacés à la mairie de Rouen pour tentés de rencontrer des élus potentiellement intéressés par un tel projet, mais une fois encore ce fut infructueux car il n'y avait personne à la direction Jeunesse et Sport susceptible de nous répondre.

La seule réponse positive est venue de M. Guillaume Grima, Conseiller Municipal Rouen Verte et Solidaire. Nous avons pris contact par courrier électronique, puis nous avons eu un entretien téléphonique et obtenu un rendez-vous avec lui pour le vendredi 20 juin à la mairie de Rouen. Nous évoquerons cette rencontre lors de la soutenance.

D'autres actions ont été menées en parallèle. En effet, dans le but de découvrir comment s'organise un tel projet, nous avons participé à une réunion de l'association CHP (Concept Hélios Propulsion) qui finalisait son défi Transmanche (traversée de la manche avec un bateau solaire). L'ordre du jour de cette réunion présentait notamment :

- Le Bilan des Partenaires du Défi Transmanche, et Préparation du bateau « Eolios »,
- Le Plan de communication,
- Et le Planning de détail des fonctions de l'opération Transmanche.

De cette réunion, nous avons retenu plusieurs choses. Tout d'abord, l'obtention de subvention et de sponsors pour un tel projet n'est pas aisée. Certes les subventions des collectivités locales sont importantes mais pas suffisantes, et il faut faire de nombreuses démarches auprès des entreprises afin de ne pas être en déficit. Dans un deuxième temps la répartition des tâches de chacun est une des clés de la réussite. En effet, nous avons constaté que chaque membre de l'association présent lors du défi avait un rôle bien précis et clairement défini. Enfin dans une telle association, les mésententes existent, et l'écoute, la prise en comptes des avis de chaque membre est nécessaire pour faire avancer les projets. Ainsi cette réunion a été très riche d'informations et d'enseignements.

Dans un second temps, nous avons voulu prendre contact avec d'autres écoles pour savoir si cette course susciterait un intérêt chez les étudiants. Nous avons ainsi utilisé le réseau BNEI (Bureau National des Elèves Ingénieurs). Des réponses en provenance de Grenoble et Clermont-Ferrand nous sont parvenus. Ces réponses sont fournies en annexe et laissent de bons espoirs quant à la mobilisation des étudiants pour un tel projet.

En conclusion, la création d'une course de bateaux solaires à Rouen nous a tout d'abord paru absurde pour notre projet du fait de sa courte durée. Certes nous n'avons eu que peu de résultat du côté des administratifs, mais il reste le rendez-vous avec M. Grima. En outre le monde étudiant semble plutôt ouvert à un événement de ce type et avec un bon plan de communication, il sera certainement possible d'attirer des participants. Pour ce qui est de l'organisation de la course en elle-même, cela semble difficile pour des étudiants seuls, mais l'appui d'une association expérimentée comme CHP peut être très profitable, puisque cette dernière bénéficie d'une certaine renommée. Ainsi, d'ici quelques années, nous verrons une course de bateaux écologiques sur les bords de Seine créée à l'initiative de

CHP et de l'INSA de Rouen et qui sait un bateau INSA participera peut-être à cet événement.

### 3.8. Actions de valorisation future : fête de la Science (novembre 2008)

R E G I O N H A U T E - N O R M A N D I E

**17<sup>ème</sup> édition**



*fête* de la  
**SCIENCE**  
 du 17 au 23 novembre 2008

**APPEL A PROJET 2008**

*à retourner pour le 15 mai 2008*

[www.scienceaction.asso.fr](http://www.scienceaction.asso.fr)



**VOTRE IDENTITÉ****ORGANISME : ... CONCEPT HELIOS PROPULSION****SITE WEB : ... <http://www.bateauxsolaires.org>****Le Responsable de l'organisme**

Nom : MULOT.....Prénom : René.....Fonction : Président

Adresse : 13 allée Aliénor d'Aquitaine.....

Code postal : 76240 .....Ville : BONSECOURS.....

Tel : 02 35 80 29 77...Fax : 02 35 80 29 77.....E-mail : conceptheios@hotmail.com

**Le Responsable du projet**

Nom : LE TOULOUZAN Prénom : Jean-Noël.....Fonction : Vice-Président.....

Adresse : 94 allée Richard Wagner.....

Code postal : ...76960.....Ville : NOTRE DAME DE BONDEVILLE.....

Tel : 02 35 75 41 93 et 06 70 23 94 08..Fax : .....Email : jn.letoulouzan@wanadoo.fr

**Dans quelle catégorie situez-vous votre organisme ?** Éducation Nationale Entreprise\* Association Musée Université Institutionnel Autre (préciser) : .....**VOTRE PROJET****L'intitulé de votre projet (60 caractères maximum, blancs inclus) : EN MAJUSCULE**

P	R	E	S	E	N	T	A	T	I	O	N		B	A	T	E	A	U	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	--

S	O	L	A	I	R	E		T	R	A	N	S	M	A	N	C	H	E	
V	O	I	T	U	R	E		A		H	Y	D	R	O	G	E	N	E	

**Quel type d'événement comptez-vous mettre en place ?**

- Stand                                       Conférence  
 Sortie / Découverte                       Exposition  
 Portes ouvertes                               Autre (préciser) :

Présentation bateau solaire « Transmanche 2008 » 9 m long 4 m de large

Animations avec voiture à hydrogène, modèle réduit.....

**Sous quelle(s) forme(s) souhaitez-vous le décliner ?**

- \* Panneaux / posters Défis solaires Concept Hélios Propulsion  
 Parcours historique sur les différents modes de propulsion au cours des ages  
 \* Matériel d'exposition (maquette, objets statiques...)

Préciser : ...panneaux, photos et vidéos

- \* Matériel de démonstration (machine, moteur...)

Préciser : Présentation bateau solaire « Transmanche 2008 » 9 m long 4 m de large ... ..

- Manipulations, ateliers interactifs (outils pédagogiques, jeux, expérimentation chimique...)

Préciser : ... Animations avec voiture à hydrogène, modèle réduit .....

- Autre : .....

**Choisissez dans cette liste le thème de votre manifestation :**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Archéologie                 | <input type="checkbox"/> Astronomie              | <input type="checkbox"/> Chimie / Biologie        |
| <input type="checkbox"/> Espace aérien               | * <input type="checkbox"/> Énergie / Combustion  | <input type="checkbox"/> Mécanique                |
| * <input type="checkbox"/> Environnement             | * <input type="checkbox"/> Histoire des sciences | <input type="checkbox"/> Informatique             |
| <input type="checkbox"/> Médecine / Santé            | <input type="checkbox"/> Nature                  | * <input type="checkbox"/> Nouvelles technologies |
| <input type="checkbox"/> Robotique / Électronique    | * <input type="checkbox"/> Transport             | <input type="checkbox"/> Mathématique             |
| <input type="checkbox"/> Son / Image / Communication | * <input type="checkbox"/> Physique              | <input type="checkbox"/> Sciences Humaines        |

**Participez vous à une des filières régionales suivantes :**

Automobile Logistique Aéronautique et spatiale Maîtrise des risques Chimie / Biologie / Santé Autre : laquelle ? Agro-industrie**Pensez-vous présenter vos métiers ?** Oui\*  Non**Si oui, sous quelle forme ?** Stand Conférence Démonstration**Votre projet intègre-t-il une dimension européenne ?** Oui\*  Non**Si oui, sous quelle forme ?** Partenariat Financement Inscrit dans un réseau européen Autre : organisation par CHP en 1999, d'un défi solaire européen sur la Seine et Canal de Tancarville entre Le Havre et Rouen.....**Vous prévoyez votre action sur le(s) village(s) suivant(s) :** Elbeuf Evreux \* Rouen Le Havre Dieppe Autre village des sciences (préciser le lieu)

.....

 Hors village (préciser le lieu et l'adresse de votre manifestation) :

.....

.....

**Précisez le(s) jour(s) de présence sur l'événement :**

A chaque village correspondent des dates d'ouverture spécifiques. Se renseigner auprès des coordinations locales.

17/11     18/11     19/11    \*  20/11    \*  21/11    \*  22/11    \*  23/11

**VOTRE ÉQUIPE / VOS PARTENAIRES****Précisez les moyens humains envisagés dans le cadre de votre projet :**

- nombre de personnes participant à l'élaboration du projet : ...10.....

- nombre de personnes présentes pendant la durée de la Fête de la Science : 8.....

- nombre de personnel de recherche mobilisé : néant.....

**Avez-vous des partenaires associés à votre projet (entreprises, associations, collectivités) ?**

\*  oui     non

Si oui, le(s)quel(s) : Insa de Rouen, Conseil Général, Agglomération de Rouen, Ville de Bonsecours, Ville de Dieppe, Diren, Jeunesse et Sport.....

.....

**COMMUNIQUER AUTOUR DE VOTRE ACTION**

Merci de nous faire parvenir tout document de promotion (photos, vidéos, plaquettes) nous permettant de communiquer de manière attractive sur les supports d'information mis en place dans le cadre de la Fête de la Science (site internet, plaquette, promotion presse).

Photo bateau Eolios, vidéos sur les derniers défis solaires organisés par CHP

**Prévoyez-vous d'éditer des supports d'information et/ou de communication autour de ce projet ?**

oui     non

Si oui, le(s)quel(s) : Peut-être mais idée pas encore

aboutie.....

.....

---

## ÉVALUER LES CRITÈRES

---

### Critère scientifique :

(précisez en quoi votre projet présente un intérêt scientifique)

- ✓ Présentation d'un bateau à propulsion uniquement solaire de taille importante 9 m de longueur qui se sera confronté au « défi transmanche 2008 » c'est à dire à la traversée de la Manche entre Dieppe et Newhaven courant deuxième quinzaine de juin 2008, avant l'Armada 2008 de Rouen.....
- ✓ Présentation d'une voiture à hydrogène (modèle réduit) comportant une pile à combustible.....

.....

.....

.....

### Critère d'attractivité :

(précisez en quoi votre projet présente une réelle dimension attractive pour le grand public)

Solaire photovoltaïque appliqué à la propulsion de bateaux

Pile à combustible et moteur à hydrogène appliqué à un véhicule en modèle réduit.....

.....

.....

**ESPACE RÉSERVÉ À LA PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE VOTRE PROJET**

---

- ✓ Sensibilisation du jeune public aux énergies douces dans le cas de la propulsion de bateau équipé d'un moteur électrique alimenté par l'énergie solaire avec un système photovoltaïque et une batterie de stockage.

Le bateau en présentation « Eolios » mesure 9 m de longueur à la flottaison

- ✓ La présentation d'une voiture à hydrogène (modèle réduit) comportant une pile à combustible montre une des voies de recherche actuelle pour les véhicules à hydrogène. Le temps de production en hydrogène réalisé par panneau solaire ou pile électrique auxiliaire met le doigt sur ce temps de charge en hydrogène du réservoir du véhicule. Le modèle réduit fonctionne avec le courant crée par la pile en combustible qui alimente un moteur électrique et entraîne donc le mouvement du véhicule, modèle réduit

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### 3.9. Contrat CHP / INSA



#### L'Institut National des Sciences Appliquées de Rouen

Etablissement Public à Caractère Scientifique Culturel et Professionnel

Place Emile Blondel – BP 08

76131 MONT SAINT AIGNAN CEDEX

Numéro SIRET : 197 601 651 00015 - Code APE : 803Z

Rouen, le 08 avril 2008

Association CONCEPT HELIOS  
PROPULSION, M. René MULOT,  
13 allée Aliénor d'Aquitaine 76240  
BONSECOURS

#### DEVIS n° /1

Nos Ref :

Dossier suivi par : Karine LOUETTE

REF. CLIENT : CONCEPT HELIOS PROPULSION

LABORATOIRE : PHYSIQUE (STPI) INSA ROUEN (J.N. LE TOULOUZAN)

À l'attention de : M. René MULOT, CONCEPT HELIOS PROPULSION, 13 allée  
d'Aliénor d'Aquitaine 76240 BONSECOURS

Monsieur,

#### Objet :

Nous vous prions de trouver, ci-joint, en deux exemplaires, notre meilleure proposition pour la réalisation, au profit de votre association, d'une « **Etude technique et comparative de bateaux solaires** »



## NATURE DE LA PRESTATION

- **Etude technique et comparative de bateaux solaires**
- **Conception et réalisation d'un panneau d'exposition concernant le bateau Eolios de C.H.P.**
- **Coefficient de performance (COP) de panneaux solaires**
- **Bilan carbone bateau solaire Eolios**

## CONTENU DE LA PRESTATION

- **Tableau comparatif de bateaux solaires**
- **Eléments maquette pour panneau exposition**
- **Dossier concernant coefficient de performance panneaux solaires et bilan carbone bateau solaire Eolios**

### Propriété industrielle

Les résultats de l'ETUDE expérimentale sont la propriété de la l'Association CONCEPT HELIOS PROPULSION.

Le savoir-faire mis en œuvre par le LABORATOIRE pour réaliser l'ETUDE reste la propriété de l'INSA, en conséquence, toute amélioration du savoir-faire demeurera la propriété de l'INSA .

### Conditions financières

En contrepartie des prestations fournies par le LE LABORATOIRE DE PHYSIQUE DE L'INSA, l'Association CONCEPT HELIOS PROPULSION, versera une somme totale de **550** HT répartie de la manière suivante :

**500** Euros HT hors frais de gestion

**55** Euros de frais de gestion

Echéancier :

- **450** € H.T. à la commande dont **55** euros de frais de gestion
- **100** € H.T. à la remise du rapport final dont **0** euros de frais de gestion

Les règlements seront effectués sur présentation de facture, par virement à :  
 Trésor Public  
 Agent Comptable de l'Institut National des Sciences Appliquées  
 Place Blondel  
 BP 8  
 76131 Mont-Saint-Aignan

Données bancaires :

Identification nationale de compte bancaire - RIB

Code banque	Code guichet	N° de compte	Clé RIB	Domiciliation
10071	76000	00001000151	50	TPROUEN TG

Compte de référence (à rappeler lors du règlement) :

Vous remerciant de bien vouloir nous retourner, pour confirmation de commande, un exemplaire de la présente revêtu de votre signature,

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

Bon pour Accord  
 Le Président C.H.P.

Le Directeur de l' INSA ROUEN  
 Jean-Louis BILLOËT

#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les énergies renouvelables sont au cœur de l'actualité et elles sont solutions de nombreux problèmes écologiques. Le remplacement de la motorisation des bateaux par un système alimenté grâce à l'énergie solaire permet de limiter la pollution, de diminuer considérablement le bruit et de mieux exploiter cette énergie renouvelable. Une nouvelle voie vers l'utilisation des énergies renouvelables ?

La réponse n'est pas si simple que ça, cependant ce projet de physique nous a permis d'étudier cette énergie, son utilisation, et de comprendre le concept du « bateau solaire ».

En effet, ce projet s'est construit suivant plusieurs grands axes :

- Une étude chronologique afin de montrer l'évolution des bateaux au fur et à mesure du temps jusqu'à la conception de bateaux solaires.
- La conception d'un tableau comparatif entre les différents bateaux solaires et hybrides dans le cadre d'une étude comparative permettant d'estimer et le potentiel et les limites du solaire.
- L'étude de panneaux solaires, notamment photovoltaïques, dans le but de comprendre le mécanisme permettant la transformation du rayonnement solaire en électricité.
- La proposition d'un projet « Défi solaire » afin de répandre et propager le concept de « bateaux solaires » dans le cadre d'un monde plus écologique, axé sur la valorisation des énergies renouvelables, une alternative prometteuse et indispensable pour notre société.
- La conception d'un « bateau solaire » dans l'optique de la course (défi des 6 heures), le plus performant possible.

Outre le fait de nous avoir permis de nous rapprocher et de nous intéresser à un sujet d'actualité, l'UV projet physique nous a permis :

D'une part, de nous investir personnellement, dans un projet et d'effectuer plusieurs recherches intéressantes se rapportant à celui-ci. D'autre part, d'acquérir encore plus d'expérience au niveau du travail en groupe et de la gestion de ce dernier.

Peut espérer avoir une planète plus « propre » à l'avenir grâce à l'énergie solaire ?

C'est possible, notamment dans le domaine nautique où il y a eu d'énormes progrès ces dernières années. En effet, l'idée de bateau solaire est de plus en plus répandue à travers le monde, plusieurs défis sont organisés, et les innovations se succèdent, à mesure que les gens prennent conscience des menaces du réchauffement climatique.

La poursuite de ce projet à long terme permettra peut être d'arriver à convaincre la mairie de Rouen, mais aussi d'autres villes, de la légitimité et l'importance du défi solaire de l'Île Lacroix.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

[1] Article de journal :

- "S'extraire du pétrole", Rechercheu, n° spécial, A vril 2008.
- "L'avion solaire", Le Monde, Mercredi 23 mai 2007.
- "L'avion solaire", Science et avenir, mai 2004.
- "Vivre sans pétrole", Ça m'intéresse, Novembre 2007.
- "Un projet en phase de décollage", Innovation, n° 0, p.18, Septembre-Octobre 2007.

[2] Liens internet :

- [http://tpesolaire.bonnet-ribeau.net/panneau\\_solaire\\_fonct.htm](http://tpesolaire.bonnet-ribeau.net/panneau_solaire_fonct.htm) (valide à la date du 14/06/2008).
- <http://www.e-scio.net/comment/solaire.php> (valide à la date du 14/06/2008).
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Photo%C3%A9lectrique> (valide à la date du 14/06/2008).
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule\\_photovolta%C3%AFque](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovolta%C3%AFque) (valide à la date du 14/06/2008).
- <http://www.techboat.com/Composants/calculsP.asp?page=La+propulsion> (valide à la date du 19/06/2008)
- Wikipedia : article sur les bateaux, sur les batteries.
- Logiciel Autocad.
- <http://www.plasmor.fr> (valide à la date du 19/06/2008)

## 6. ANNEXES

### 6.1. Documentation technique

#### 6.1.1 Article Wikipédia

## « Bateaux à carène à déplacement et bateaux à sustentation ou aquaplaneurs »

Article : Wikipédia «Verdränger und Gleiter »

traduit par Jean-Marie COURONNE et Jean-Noël LE TOULOUZAN

On appellera bateau à carène à déplacement, un bateau dont la carène pénètre l'eau qu'elle déplace et l'éloigne de la coque. A l'inverse, le bateau aquaplaneur déjauge progressivement avec la vitesse pour glisser sur l'eau. Ceci n'est toutefois possible qu'avec une certaine forme de coque et nécessite une puissance de propulsion compatible avec la taille et surtout avec le poids du bateau. Il existe en outre des bateaux semi-aquaplaneurs, qui sont intermédiaires entre ces deux types.

Un bateau construit avec une coque conçue pour rester immergée ne peut pas, même en augmentant à loisir la puissance de propulsion, être transformé en bateau aquaplaneur, dans l'absolu uniquement.

### 1. Principes généraux

Tout véhicule aquatique (radeau, hydravion, avion muni de flotteurs, véhicule amphibie, petit ou grand bateau) lorsqu'il flotte, sans aucune vitesse relative par rapport à l'eau, est « à carène à déplacement », puisque tout corps plongé dans un liquide subit une force correspondant à la masse d'eau déplacée, selon le principe d'Archimède.

Les différences entre bateau à carène à déplacement et à aquaplaneur ou semi-aquaplaneur, n'apparaissent que lorsque le bateau se met en mouvement. Il faut, dès la conception de la coque, tenir compte du mode de propulsion, de la charge et de l'utilisation future car, une fois le bateau construit, il sera impossible de modifier par la suite le mode de déplacement du bateau.

#### 1.1. Surfer

Il peut arriver que même de gros bateaux à carène à déplacement se mettent à glisser, « surfer » de la crête vers le creux de la vague lorsque la mer est très forte, ce qui n'est évidemment pas souhaitable : alors le bateau pique dans le creux de la vague et est menacé de destruction et de naufrage. L'énergie développée par le front de la vague, quand

elle heurte directement et très rapidement un objet, est capable de le détruire, même s'il est constitué de l'acier le plus résistant, comme la proue d'un bateau. Dans le pire des cas, le bateau à carène à déplacement qui se met à planer ainsi ne remonte pas sur le flanc de la vague suivante, mais plonge et coule. La seule possibilité d'éviter cette sustentation est de réduire sensiblement la vitesse, si nécessaire, en utilisant des ancrs « flottantes ».

## 2. Bateaux à carène à déplacement

En règle générale, un bateau lent avance avec la coque immergée. La coque déplace alors exactement la quantité d'eau correspondant à la masse du bateau. Si la vitesse augmente, la résistance à l'avancement augmente en raison de son propre sillage de poupe. C'est pourquoi ce type de locomotion n'est possible que jusqu'à une vitesse limite appelée « vitesse limite de carène ».

### 2.1. Vitesse limite de carène

Aucun bateau à carène à déplacement ne peut avoir un sillage de poupe qui dépasse (double en remontant vers l'avant du bateau) son propre sillage de proue. Dans la pratique, ce problème se constate quand la face avant du sillage de poupe, en remontant légèrement vers l'avant, atteint la face arrière du sillage de proue; les deux systèmes de sillage proue et poupe se mettent alors à interagir. Grâce à des constructions extrêmement élancées (voir l'article « catamaran »), c'est à dire à partir d'un rapport longueur / largeur d'environ 8 : 1, ces systèmes de sillage ne peuvent plus interagir. Mais, même dans ce cas, le sillage de poupe ne peut pas « doubler » le sillage de proue. En pratique, cela signifie qu'avec une coque courte et large, il faut augmenter la puissance de propulsion pour égaler la vitesse atteinte par une coque étroite de même longueur.

Toutefois, la vitesse limite que peut atteindre un bateau à coque immergée ne dépend que de la longueur de la coque du bateau, mais ni de sa forme ni de sa largeur. Cette vitesse limite maximale, spécifique à chaque coque, est appelée « vitesse limite de carène ».

La vitesse limite d'une carène à déplacement peut être calculée de façon très exacte et ne peut jamais être dépassée, même avec la plus puissante motorisation. Si par hasard elle est quand même dépassée, en raison de circonstances particulières comme entre deux crêtes de vagues dans une tempête, on se met alors à surfer dangereusement.

Cette notion de vitesse limite est également valable pour les carènes à déplacement conçues pour atténuer les systèmes de vagues, même si cette vitesse limite diffère de celle des coques classiques, étant donné que cette nouvelle vitesse limite est calculée non pas à partir de la longueur ou de la profondeur d'immersion de la carène, mais à partir de l'énergie des particules d'eau. Cette vitesse atteint la valeur de 50 nœuds, de façon asymptotique. Les « hors-bord » allemands « Jaguar » de la série 140/141, ou, pour des bateaux plus volumineux, les destroyers français de la série « le Terrible » représentent de parfaits exemples.

### 2.2. Cavitation

La cavitation contribue aussi à limiter la vitesse d'un bateau à carène à déplacement. Les hélices de bateaux génèrent une dépression sur la face avant de leurs pales. A haut régime, la pression sur la partie concernée de l'hélice diminue tellement qu'elle tombe en dessous de la pression de la vapeur d'eau. Il se forme alors des bulles de vapeur ou de gaz sur l'hélice, qui peuvent très vite causer des dégâts mécaniques. Ce phénomène entraîne une diminution importante de l'efficacité de l'hélice. La cavitation peut être diminuée en réduisant la vitesse de rotation de l'hélice ou en utilisant des hélices spécialement conçues avec une forme particulière. Les sous-marins ont en outre la possibilité d'éviter ce phénomène en plongeant plus profondément, puisque la pression de l'eau augmente avec la profondeur.

Une hélice ayant subi la cavitation semble « rongée » ou donne même l'impression d'avoir raclé le fond sous-marin. On parle d'hélice « mangée par la cavitation ».

En outre, la cavitation engendre des vibrations qui nuisent à la propulsion du bateau, voire l'annule.

On peut assez bien calculer le moment d'apparition de la cavitation dans le cas d'un bateau à carène à déplacement. On sait aujourd'hui que tous les bateaux ou navires de surface, quelle que soit la puissance de leur motorisation, quel que soit leur rapport longueur/largeur connaissent une limite asymptotique de vitesse située autour de 50 noeuds lorsqu'ils naviguent avec la coque immergée. Le record de vitesse d'un navire à carène à déplacement navigant en surface (pas en plongée) a été établi en 1940 par le destroyer français « Le Terrible », il atteint exactement la vitesse de 45,6 noeuds. Au cours d'essais dans des chantiers navals on a toutefois pu obtenir une vitesse de 48 noeuds exactement, tant pour Le Terrible avec un équipage réduit à bord que pour le bateau de course « Jaguar » avec un équipement expérimental réduit.

Les bateaux navigant en plongée sont moins sujets à la cavitation parce qu'à chaque mètre supplémentaire de profondeur la pression de l'eau augmente de 99 à 107 hPa, ce qui signifie que quand la profondeur augmente la résistance à l'avancement exercée par l'eau sur la coque peut augmenter assez vite, ce qui évite l'apparition de la cavitation. D'après les calculs, les grands sous-marins nucléaires modernes peuvent naviguer à environ 65 noeuds à une profondeur de 500 m. Mais la cavitation est si bruyante que, pour des raisons tactiques, il serait judicieux de limiter à l'avenir leur vitesse à 40 noeuds... à moins d'augmenter encore la profondeur de plongée.

### 2.3. Supercavitation

On cherche actuellement à provoquer une cavitation à la proue des sous-marins, pour éliminer des calculs le paramètre « résistance à l'avancement de l'eau ». Quoiqu'il en soit, la résistance de l'eau reste 800 fois supérieure à celle de la vapeur d'eau. Ce phénomène de cavitation, créé délibérément et transformé en avantage, s'appelle la « supercavitation ». Des torpilles expérimentales ont ainsi atteint des vitesses supérieures à 400 noeuds (soit 800 km/h), mais elles deviennent alors incontrôlables et foncent droit devant elles. Les études actuelles portent sur les possibilités de propulsion et de contrôle de trajectoire.

En théorie, les bateaux à carène à déplacement utilisant la supercavitation connaissent les mêmes limites physiques que celles des avions.

Les navires de surface, qui ne sont donc pas totalement immergés dans l'eau, ne peuvent utiliser la supercavitation puisque les forces de succion (poussée de bas en haut) disparaissent. D'autre part, on peut calculer que les forces qui apparaissent juste avant le phénomène de cavitation feraient glisser (surfer) tout bateau sur la surface de l'eau. Il est moins coûteux et plus simple de construire directement un bateau aquaplaneur si l'on veut dépasser la vitesse de 50 nœuds déjà mentionnée.

On trouve des bateaux classiques à carène à déplacement dans toutes les catégories: de la simple pirogue creusée dans un tronc d'arbre au Queen Mary 2, en passant par la « Santa Maria » de Christophe Colomb.

### 3. Bateaux aquaplaneurs

Les bateaux aquaplaneurs ont une coque qui, à grande vitesse, leur permet de se soulever sous l'effet de la portance de l'eau. Une fois soulevés, ils glissent sur l'eau. La majeure partie de la masse du navire se trouve alors au-dessus de la surface de l'eau. Puisque le bateau déjauge, la résistance due à la vague d'étrave diminue. Finalement, si le bateau poursuit son accélération, la poupe se met aussi à glisser sur la vague. La résistance à l'avancement étant alors beaucoup plus faible, le bateau peut atteindre des vitesses très nettement supérieures. Le passage de la navigation « carène à déplacement » à la navigation en sustentation est, sur l'eau, l'image équivalente du franchissement du mur du son pour un avion.

Le moment où la sustentation commence s'appelle en allemand « Angleiten » (début de glisse). Si l'on pouvait négliger la résistance de l'air, il n'y aurait aucune vitesse limite. Mais en réalité, tout navire aquaplaneur, à vitesse trop élevée, finit par se soulever sous l'effet de la pression de l'eau et perdre tout contact avec l'eau.

Les paramètres intervenant dans le passage à la glisse sont : la forme de la coque, la répartition des masses, la vitesse du bateau et l'état de la mer. Les planches de surf, les yoles, les petits bateaux à moteur à fond plat et les bateaux « munis d'ailes » pour la glisse se mettent assez facilement à glisser sur l'eau (sauf par très gros temps). Les yachts ne peuvent le faire que par vent arrière, dans des conditions particulières de vent et de vagues. Les coques les plus propices sont longues, à fond plat et à poupe large.

Les aquaplaneurs les plus typiques sont : les planches de surf, les hors-bords, les canots pneumatiques et les petits bateaux plats de transport ainsi que les coques des hydravions et les flotteurs des bateaux amphibies.

#### 3.1. Différents types de bateaux à sustentation

Si la sustentation se limitait jadis aux petits bateaux légers, il concerne maintenant des yachts de trente mètres de long, construits spécialement pour glisser sur les vagues. Mais si l'on installe par exemple une baignoire en marbre par la suite sur ce bateau, il se peut que le bateau ne puisse plus être sustenté, car non seulement le poids et la motorisation doivent être en harmonie, mais le poids et la forme de la coque doivent également être adaptés l'un à l'autre.

Dans le domaine militaire également, la sustentation atteint maintenant une importance surprenante. Les Américains disposent actuellement d'un petit sous-marin individuel qui, une fois en surface, peut se mettre à glisser sur les vagues.

### 3.2. Aspects de la conception

Le problème posé par la conception et navigation d'un bateau aquaplaneur réside tout bonnement dans sa mise en glisse. Cette capacité ne dépend pas seulement de la forme de la coque mais surtout du poids du bateau. Mais quand le bateau s'est mis à glisser, on pourrait théoriquement augmenter sa charge ( à partir d'un hélicoptère ) au-delà de la charge maximale théorique de sustentation.

Un problème réside dans le fait que (très schématiquement expliqué) plus un bateau est lourd, plus il doit aller vite pour pouvoir se mettre à glisser. Si le poids du bateau augmente, il faut augmenter la motorisation pour atteindre cette vitesse minimale de sustentation.

Etant donné que tout bateau à sustentation, tant qu'il n'a pas commencé à glisser, est un bateau à carène à déplacement, et tenant compte du phénomène de la cavitation, il ne faut pas dépasser un poids limite pour le bateau, à moins de recourir à des astuces aérodynamiques comme on les connaît dans les bateaux munis d'ailes portantes ou à l'effet aérodynamique d'un hydravion. C'est pourquoi, en réalité, il n'existe pas de gros bateaux qui naviguent en sustentation.

#### 3.2.1. Le phénomène de l'adhérence

Quand un bateau parvient à glisser, c'est à dire à rattraper son sillage de proue ( c'est à dire lorsque la face avant du système de vagues engendré par la poupe atteint la face arrière du sillage de proue ) sans parvenir toutefois à ce que l'arête de la poupe franchisse le sillage de proue, on parle d'*adhérence*. Dans le cas de l'adhérence, on a, pour une toute autre raison, la même vitesse limite que celle d'un bateau navigant avec carène à déplacement. Avec une approche asymptotique, la limite se situe à 50 noeuds. En mer, on peut avoir une adhérence : on voit alors le bateau avancer au-dessus de l'eau en reposant sur sa vague d'étrave. Ce phénomène s'observe particulièrement avec des bateaux relativement petits. Quand le bateau adhère, la forme de la coque est toujours responsable, il s'agit donc d'une erreur de conception. Pour les petits bateaux, qui devraient avoir des vitesses limites de carène nettement plus faibles pour la navigation à carène à déplacement, l'adhérence permet quand même une bonne vitesse de glisse, mais moins confortable qu'avec une véritable sustentation, dans laquelle la poupe ne se contente pas de rattraper le sillage de proue, mais la dépasse.

Dans le cas d'hydravions et de véhicules marins à effet de sol décollant sur un plan d'eau, une mauvaise conception de la coque peut également entraîner une adhérence, qui n'empêche pas le passage à la glisse, mais rend impossible la sustentation (quand la sustentation a commencé), même à très haute vitesse. Les aviateurs ont souvent observé et consigné ces phénomènes d'adhérence, en particulier avec de gros hydravions et des véhicules marins à effet de sol essayant de décoller sur des plans d'eau calme. Lors des tentatives de décollage sur une eau agitée par le vent et les vagues, on ne note pratiquement jamais d'adhérence, même avec de gros hydravions ou des véhicules marins à effet de sol.

Par gros temps, les petits bateaux qui ont tendance à « adhérer » peuvent réussir à surmonter l'adhérence et à atteindre une véritable sustentation, à condition évidemment que l'état de la mer permette encore la navigation.

Une des astuces les plus courantes pour surmonter le problème d'adhérence consiste à croiser le sillage d'un autre bateau. Cela permet à la poupe de casser la vague provoquée par le sillage de proue. Un hydravion ou un véhicule marin à effet de sol peut procéder de même. C'est ainsi qu'en juin 1931 l'hydravion Dornier Do X, qui tentait un vol autour du monde, a pu enfin décoller en croisant le sillage d'un cargo... après 27 essais infructueux !

Si l'on note sur un prototype de bateau / hydravion / véhicule marin à effet de sol un effet d'adhérence, il suffit souvent, pour y remédier, de modifier la coque de la fabrication en série en ajoutant une arête supplémentaire. Mais, sur les petits bateaux il n'y a souvent pas assez de place pour procéder à cette modification, car les arêtes supplémentaires de la coque nécessitent une longueur de coque minimale en fonction de sa largeur. D'autres solutions consistant à utiliser positivement la couche limite, qui est responsable de l'effet d'adhérence, s'avèrent souvent beaucoup trop coûteuses pour de petits bateaux. C'est pourquoi, malgré les progrès des connaissances et des applications hydrodynamiques, on continue à produire et à commercialiser des bateaux de petite taille qui ont tendance à adhérer quand on veut les utiliser en sustentation.

### 3.3. Bateaux à coussin d'air

Les bateaux à coussin d'air ne sont pas des « aquaplaneurs » puisqu'ils utilisent pendant la navigation l'effet de sol aérodynamique qu'ils produisent eux-mêmes, puisqu'ils ne sont pas en contact avec la surface de l'eau.

## 4. Semi-aquaplaneurs

Puisqu'un bateau en sustentation nécessite (à vitesse égale) beaucoup moins d'énergie pour conserver sa vitesse qu'un bateau à carène à déplacement, l'idée est venue d'économiser de l'énergie en concevant des « semi-aquaplaneurs ». Ceci permet à un yacht d'économiser du carburant ou à un voilier d'aller plus vite tout en ayant moins de vent.

Les semi-aquaplaneurs sont divisés en deux catégories.

### 4.1 Semi-aquaplaneurs classiques

Les semi-aquaplaneurs classiques se divisent en deux catégories :

#### 4.1.1 De type « carène à déplacement ».

Il s'agit d'un bateau à carène à déplacement conçu pour naviguer avec une partie de la coque en sustentation alors que la majeure partie de celle-ci reste immergée et continue à déplacer de l'eau. C'est le principe des grands yachts de pêche. Pendant les années 70, beaucoup de constructeurs de petits bateaux à carène à déplacement (jusqu'à 9 m environ)

se sont mis à élargir et aplatir la partie arrière du bateau (poupe) pour l'adapter à la sustentation. En complément, on donne à la proue une forme qui lui permet, à grande vitesse, de rejeter l'eau des francs bords pour permettre à la partie immergée de la coque de glisser sur l'eau.

#### 4.1.2 De type « aquaplaneur »

Il s'agit d'un aquaplaneur qui possède encore une quille qui déplace l'eau et qui n'émerge pas. Ce type correspond aux grands voiliers de compétition off shore. En théorie, ce groupe comprend aussi les bateaux à « ailes portantes ». Mais pour les plus gros de ces bateaux, la sustentation sur l'eau n'est possible que grâce à la supercavitation qui se produit sur les éléments porteurs situés sur ou dans l'eau.

### 4.2 Semi-aquaplaneurs modernes

Les semi-aquaplaneurs modernes peuvent également être classés en deux catégories et considérés comme tels bien qu'ils fonctionnent comme des carènes à déplacement, étant donné que dans les deux cas on a combiné une coque d'aquaplaneur et une partie immergée à déplacement d'eau.

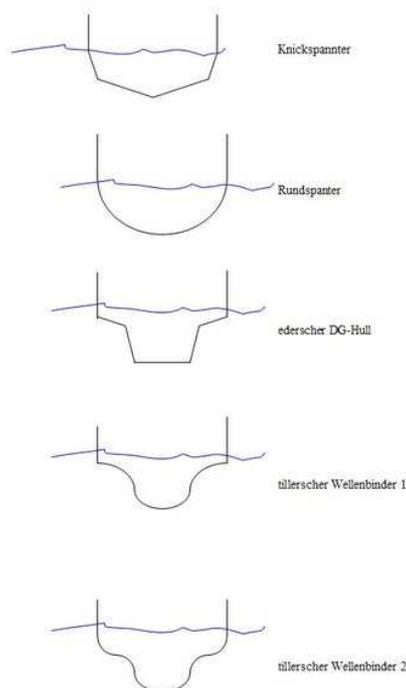
Le bateau d'Eder « DG-Hull »

Le maire de Venise demanda à la fin des années 1990 au physicien autrichien Theodor Eder de mettre au point une coque de bateau qui ne provoque pas de vagues. Elle a été baptisée « DG-Hull », de l'anglais « Displacement Glider ».

Du point de vue de l'hydrodynamique, la vague créée pendant le déplacement du bateau par la partie immergée compense les deux vagues provoquées par la proue et la poupe, le creux de la première correspondant à la crête des deux autres. Le bateau fonctionne parfaitement et navigue depuis 2003.

Si l'on observe de plus près, il s'agit d'un aquaplaneur muni d'une quille présentant toutes les caractéristiques d'une carène à déplacement, ce qui en fait, au plan de la conception, une carène à déplacement sans la vitesse limite de carène propre à ce type de bateau. En effet, si aucune vague n'est créée, il n'y a plus besoin de dépasser cette vague. Ainsi, le bateau d'Eder peut, tout en consommant nettement moins d'énergie, naviguer beaucoup plus vite que ne le permettrait la vitesse limite de carène d'un bateau classique de même taille à carène à déplacement, même avec une motorisation extrêmement puissante. Le concept d'Eder « coque DG » réunit les avantages de l'aquaplaneur et les avantages de la carène à déplacement. Théoriquement, ce concept est applicable à des embarcations ou navires de toutes tailles et pour toutes sortes d'utilisation. Il atteint son fonctionnement optimal quand la coque, au niveau de la ligne de flottaison, est 3 à 4 fois plus longue que large.

La société Alsphère <sup>(1)</sup> possède universellement tous les droits sur ce concept et accorde des licences. Le brevet expirera en 2023.



La coque « sans vague »: illustration des divers types de coques.

De haut en bas :

- coque de forme ronde
- coque d'Eder (DG-Hull)
- coque à bouchains vifs
- coque « sans vague » de Tiller, type 1
- coque « sans vague » de Tiller, type 2

Le « bateau sans vague » fut inventé en 1910 par l'ingénieur et industriel Claus Engelbrecht, puis amélioré au cours des premières décennies du XX<sup>ème</sup> siècle par l'ingénieur naval allemand Arthur Tiller, qui travaillait pour Engelbrecht. Le principe de fonctionnement est le même que pour le bateau d'Eder. Il existe toutefois deux différences importantes :

- Le bateau d'Eder (DG-Hull) est un bateau à coque à bouchains vifs, protégé par un brevet valable au moins jusqu'en 2023. Sa coque, au niveau de la ligne de flottaison, présente un rapport longueur / largeur, soit un coefficient de finesse de la coque, pouvant aller de 3:1 jusqu'à 4:1. Il est considéré comme un véritable semi-aquaplaneur.
- le bateau « sans vague » de Tiller est un bateau à coque ronde dont les brevets ont expiré au cours de la seconde guerre mondiale. Mais, comparé au « DG-Hull » d'Eder, les calculs nécessaires à sa conception sont un peu plus compliqués et sa fabrication est plus onéreuse. Il a été construit avec une coque fine, voire très fine, 5 à 10 fois plus longue que large au niveau de la ligne de flottaison. En outre, le bateau

« sans vague » de Tiller est, de par sa conception et de par la forme de sa coque, plutôt une véritable carène à déplacement qu'un semi-aquaplaneur.

Du vivant de Tiller, on était incapables de calculer les dimensions de la coque : on procédait de façon empirique en réalisant une maquette de grandeur nature.

Par ailleurs, Engelbrecht, Tiller et d'autres industriels de leur époque, tant Européens qu'Américains, avaient des motivations différentes de celles d'Eder. Il ne s'agissait pas pour les physiciens de protéger les installations du rivage des vagues créées par le passage des bateaux, mais ils avaient pour objectif d'optimiser les vitesses des bateaux de plaisance du début du XX<sup>ème</sup> siècle qui étaient faiblement motorisés, pour le plus grand plaisir des propriétaires et utilisateurs.

Un bateau « sans vague », construit par Arthur Tiller, de 18 m de long et d'une puissance de 520 chevaux, aurait atteint -tout juste- 26 noeuds ( 48 km/h ), bien que l'on sache aujourd'hui que sa vitesse limite de carène, même avec la plus forte motorisation, permet tout juste de naviguer à plus de 10 bons noeuds (18 km/h) <sup>(2)</sup>.

Vers 1934, Arthur Tiller introduisit une distinction entre « vrais » et « faux » bateaux « sans-vague » :

- les uns, dont la partie immergée ressemble seulement à celle d'un bateau sans vague, navigant soit comme une véritable carène à déplacement soit, avec une motorisation suffisante, comme un véritable aquaplaneur,
- les autres pouvant effectivement atteindre de hautes vitesses sans passer à la sustentation.

A cette époque, on était incapables, aux stades de la conception ou de la construction, de faire la différence entre « vrais » et « faux » bateaux sans vague. Seule la navigation d'essai apportait la réponse.

Toujours à cette époque, deux raisons faisaient préférer la carène à déplacement plutôt que la sustentation : les aquaplaneurs devaient avoir une très bonne motorisation et être très légers mais les matériaux et motorisations disponibles pour ce type de bateaux étaient incompatibles avec les exigences de confort d'un bateau de plaisance.

On avait toutefois tendance, généralement, à construire les bateaux « sans vague » selon le principe de la coque « sans vague » de Tiller, type 1, parce que ces bateaux, lorsque l'on n'était pas parvenu à réaliser un « vrai bateau sans vague », avaient tendance à se mettre à surfer, ce que l'on considérait comme un moindre mal, tandis que les bateaux de type 2 continuaient à se comporter comme des carènes à déplacement classiques lorsqu'ils étaient mal proportionnés et quelle que fût leur motorisation.

Au moment de la vente, jadis comme aujourd'hui et que ce soit sur le marché de l'occasion ou pour un bateau neuf, on mentionne rarement cette distinction entre « vrais » et « faux » bateaux anti-vague, que ce soit par habileté commerciale ou par méconnaissance. L'embarcation ne peut être classée dans l'une ou l'autre catégorie qu'après des calculs complexes ou une navigation d'essai. Et si les bateaux « sans vague » des années 1910 – 1940, ayant survécu aux outrages du temps, sont déjà des « raretés classiques », ceux d'entre eux qui peuvent être qualifiés de « vrais », sont considérés comme très rares.

Les bateaux postérieurs à l'an 2000 construits avec le look rétro des années 1920 à 1950 ne sont pratiquement jamais des bateaux « sans vague » avec coque immergée, alors

que le XXI<sup>ème</sup> siècle offrirait pourtant la possibilité de concevoir, dès la table à dessin, des bateaux qui, une fois construits, fonctionneraient bien selon les principes de Tiller.

### 4.3 Les faux bateaux des années cinquante

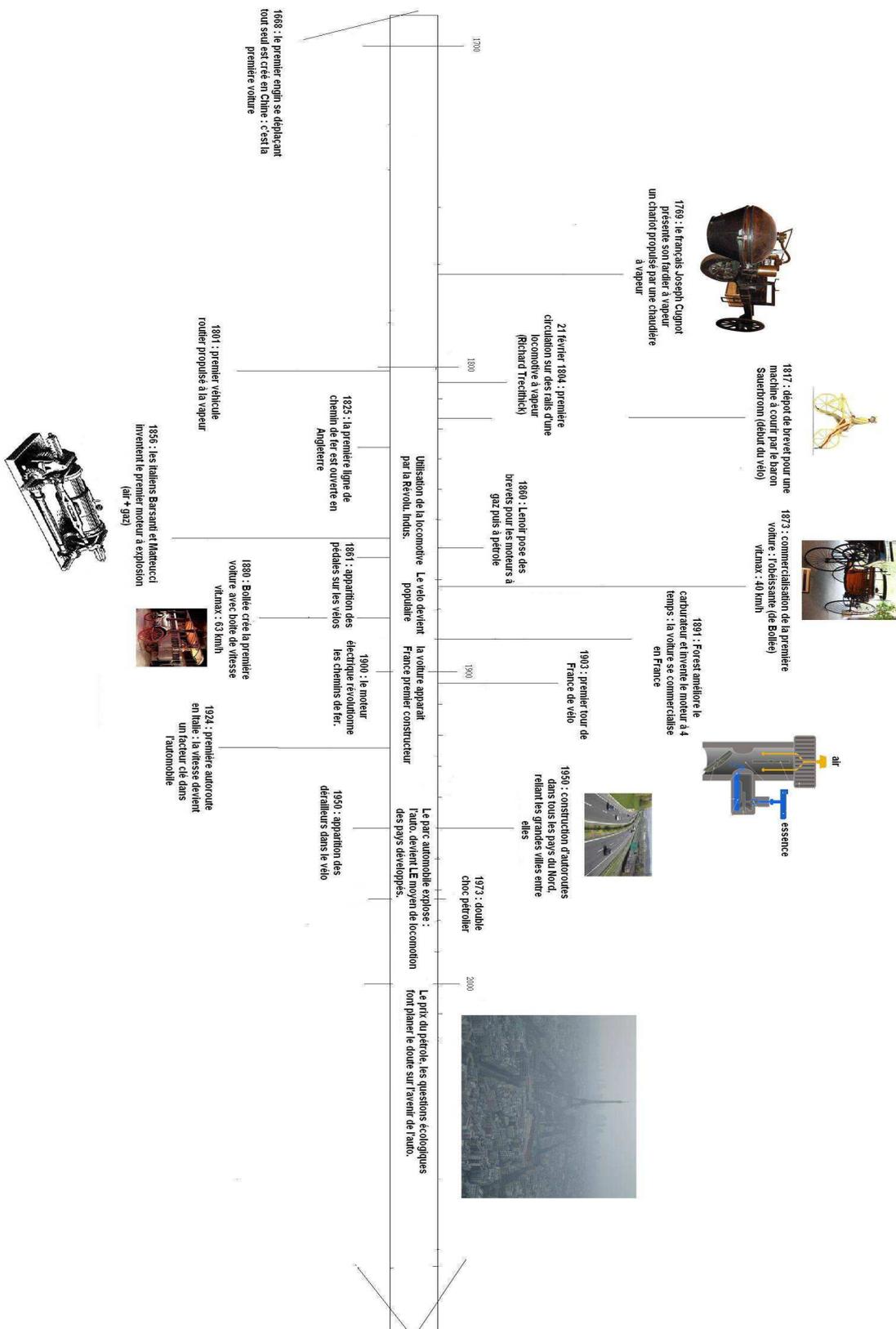
Depuis les années cinquante existent de petits bateaux de sport, souvent munis de moteurs hors-bord, pour lesquels on a redécouvert le terme de bateaux sans vague. Ils ont été conçus comme de grands canoës dits « canadiens » avec un tableau arrière plat, munis de moteurs hors-bord, d'un volant et d'un pare-brise. Rapidement, ils ont pris une forme et une dimension très semblables à celles des canots automobiles et « limousines » de la construction navale des années 1920.

Considérés de plus près, il s'agit bien de petits canots automobiles, à ceci près que le moteur des canots automobiles se trouvait à l'intérieur du bateau. Ces bateaux « sans vague » des années 50 et 60 n'ont rien à voir avec ceux de Tiller et Engelbrecht. Ils n'ont même pas la coque concave-convexe d'un vrai bateau sans vague, mais ce sont, en ce qui concerne la coque, d'authentiques aquaplaneurs à coque à bouchains vifs et aux parties immergées effilées. Ce qui les rapproche des « vrais » bateaux sans vague est leur bonne tenue du cap et leur très bonne manoeuvrabilité, même quand ils naviguent comme carènes à déplacement. Ces « faux bateaux des années cinquante » sont devenus très populaires au moment du « miracle économique allemand » vers les années 1948 - 1955, parce que tout un chacun doté d'un peu de sens pratique pouvait les construire chez soi, dans l'entrée, dans un jardin ouvrier ou dans un garage.

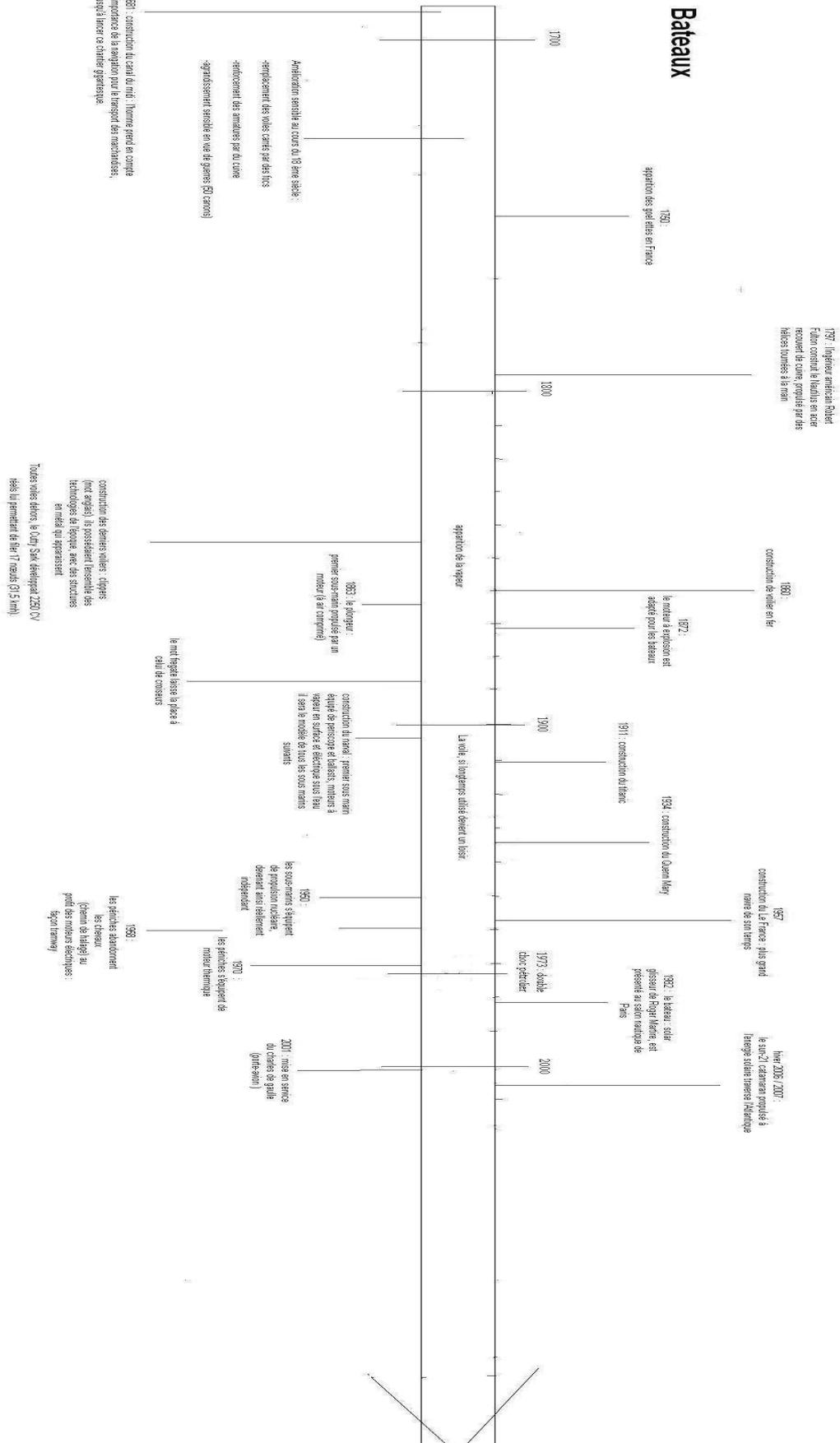
Ce type de bateau redevient à la mode car il s'agit d'authentiques et élégantes petites embarcations pour plusieurs passagers, que l'on peut tracter avec un simple permis de conduire automobile, à condition de démonter le moteur hors bord et de le mettre dans le coffre de la voiture. Il existe actuellement de nombreuses associations consacrées à la construction, l'acquisition et l'entretien de bateaux de sport « sans vague » du type de ces « faux bateaux des années cinquante ».

- (1) Alsphere GmbH, Inhaber aller Rechte am (Knickspant-) Rumpf, der keine Wellen wirft (english)
- (2) Die Yacht , Jahrgang 1935, Heft, Seite 11

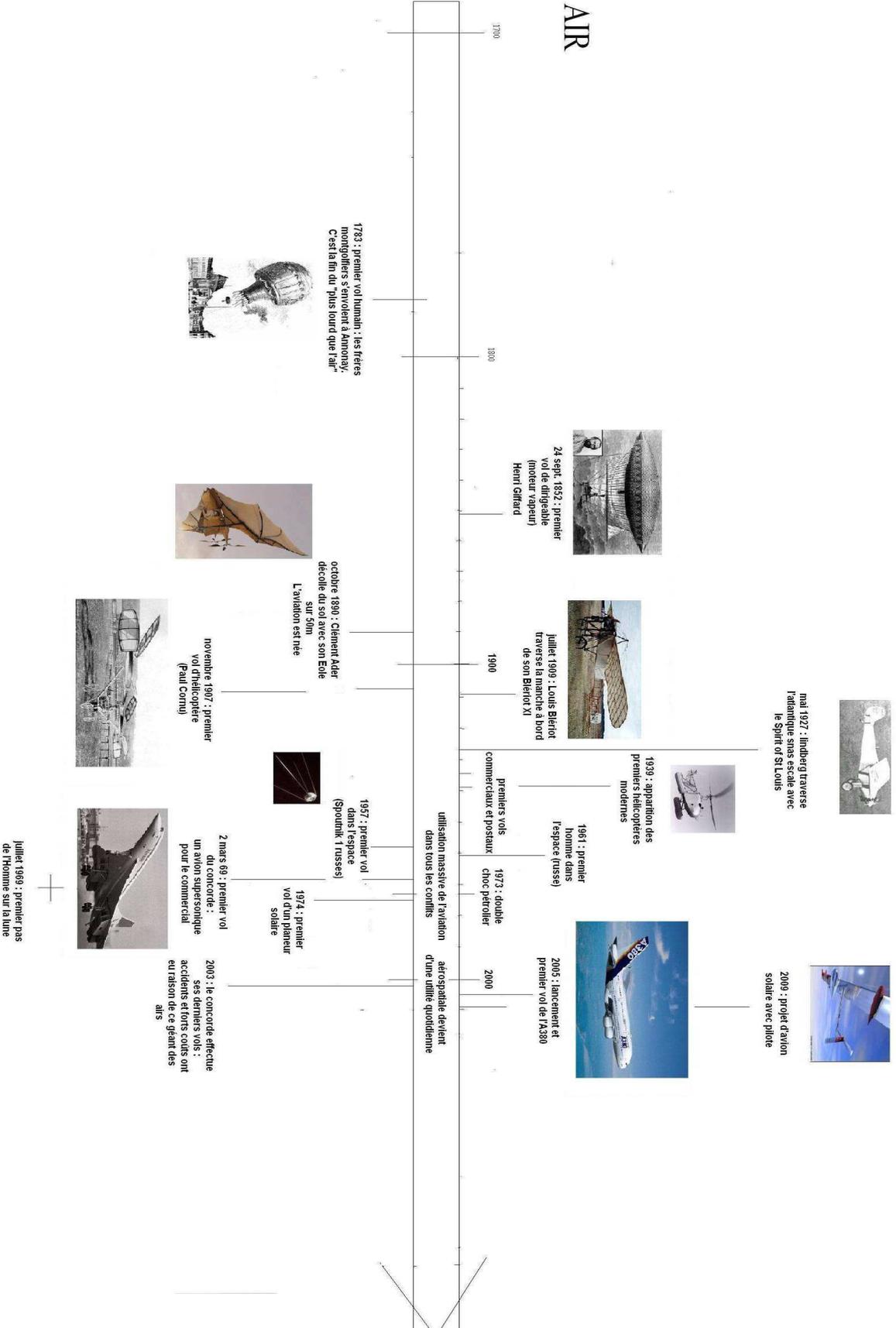
### 6.1.2. Frises Historiques

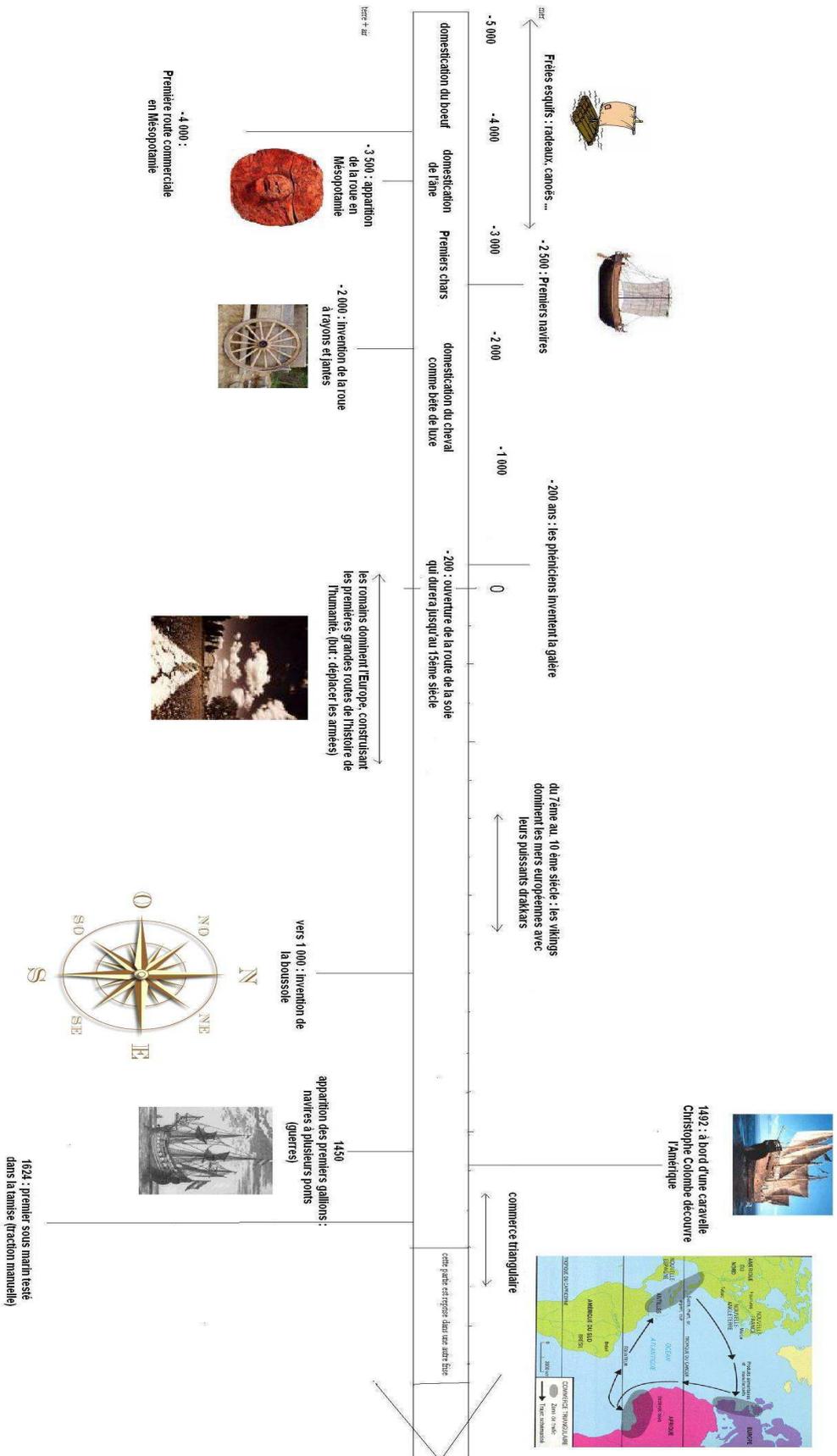


# Bateaux



# AIR





### **6.1.3. Technologies du solaire**

#### **6.1.3.1. Pôles de compétitivité**

Les pôles de compétitivités des énergies se multiplient de plus en plus, ce qui crée une concurrence qui va permettre l'accélération de la recherche et donc des découvertes concernant ces énergies.

Au niveau du solaire, les récentes évolutions peuvent être divisées en quatre catégories : les découvertes de nouveaux procédés, l'utilisation de nouveaux matériaux, de nouvelles surfaces ou encore une amélioration physique de la cellule.

Le document qui suit est un découpage de plusieurs sites internet. Le but est de présenter les différentes technologies voyants le jour dans le monde du solaire.

## I - PROCÉDES :

### 1) Multi jonction

Une cellule multi-jonction est une cellule constituée de plusieurs semi conducteurs. Chaque type de semi-conducteur est caractérisé par une longueur d'onde maximale au delà de laquelle il est incapable de convertir le photon en énergie électrique. D'un autre côté, en deçà de cette longueur d'onde, le surplus d'énergie véhiculé par le photon est perdu. D'où l'intérêt de choisir des matériaux avec des longueurs aussi proches les unes des autres que possible (en multipliant leur nombre d'autant) de manière à ce qu'une majorité du spectre solaire soit absorbé, ce qui génère un maximum d'électricité à partir du flux solaire. L'usage de matériaux composés de boîtes quantiques permettra d'atteindre 65% dans le futur (avec un maximum théorique de 87%). Les dispositifs à multijonctions GaAs sont les cellules les plus efficaces. Spectrolab a obtenu 40.7% d'efficacité (déc. 2006), un consortium (dirigé par des chercheurs de l'université du Delaware) a obtenu un rendement de 42.8 (sept. 2007). Le coût de ces cellules est de l'ordre de USD 40 \$/cm<sup>2</sup>.

source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule\\_photovolta%C3%AFque#Cellule\\_multi-jonction](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovolta%C3%AFque#Cellule_multi-jonction)

### 2) Monocristallin

Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme.

source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule\\_photovolta%C3%AFque#Cellule\\_multi-jonction](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovolta%C3%AFque#Cellule_multi-jonction)

### 3) Polycristallin

Pendant le refroidissement du silicium, il se forme plusieurs cristaux. Ce genre de cellule est également bleu, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux.

source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule\\_photovolta%C3%AFque#Cellule\\_multi-jonction](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovolta%C3%AFque#Cellule_multi-jonction)

### 4) Cellule photovoltaïque amorphe

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est gris très foncé ou marron. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites "solaires".

**Avantages :**

- Fonctionnent avec un éclairage faible
- Bon marché par rapport aux autres types de cellules
- Moins sensible aux températures élevées

**Inconvénients :**

- Rendement faible en plein soleil (environ 60 Wc/m<sup>2</sup>), les cellules en couche mince nécessitent une surface plus importante pour atteindre les mêmes rendements que les cellules épaisses
- Durée de vie courte (+/- 10 ans), performances qui diminuent sensiblement avec le temps.

[source : http://www.ecosources.info/Types-de-cellules-photovoltaïque](http://www.ecosources.info/Types-de-cellules-photovoltaïque)

**II - DIFFERENTS MATERIAUX :****1) plastique**

Les cellules photovoltaïques en plastique sont des cellules photovoltaïques qui sont composées non pas de cristaux de silicium, mais de matière plastique comme leur nom l'indique.

Elles ont un rendement compris entre 4 et 5% et elles restent encore très fragiles car elles sont sensibles à l'oxygène et à l'humidité. La recherche vise à améliorer l'encapsulation et à en diminuer le prix : actuellement ce prix est de l'ordre de 2 €/watt-crête, c'est-à-dire environ le double de la technologie basée sur le silicium.

*source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule\\_photovolta%C3%AFque\\_en\\_plastique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_photovolta%C3%AFque_en_plastique)*

**2) Cellule sur couche mince**

Les cellules CIS représentent la nouvelle génération de cellules solaires sous forme de films minces, de type cuivre-indium-sélénium (CIS). Les matières premières nécessaires à la fabrication des cellules CIS sont plus faciles à se procurer que le silicium utilisé dans les cellules photovoltaïques classiques. De plus, leur efficacité de conversion énergétique est la plus élevée à ce jour pour des cellules photovoltaïques en couche mince.

**Avantages :**

- Permet d'obtenir les meilleurs rendements par rapport aux autres cellules photovoltaïques en couche mince
- Permet de s'affranchir du silicium
- Les matériaux utilisés ne causent pas de problème de toxicité
- La cellule peut être construite sur un substrat flexible

**Inconvénients :**

- Les cellules en couche mince nécessitent une surface plus importante pour atteindre les mêmes rendements que les cellules épaisses

[source : http://www.ecosources.info/Types-de-cellules-photovoltaïque](http://www.ecosources.info/Types-de-cellules-photovoltaïque)

### III - DIFFERENTES SURFACES : SPRAY, FILM PLASTIQUE

#### 1) Peinture

Le groupe de l'Université de Swansea collabore depuis de nombreuses années avec l'industrie sidérurgique britannique, notamment avec le groupe Corus (qui possède d'ailleurs deux usines à proximité de Swansea, à Llanelli et Port Talbot). C'est en travaillant sur la durabilité de l'acier et de ses revêtements, et notamment des peintures à base de pigments de dioxyde de titane, que les chercheurs gallois ont eu l'idée de créer une peinture qui fonctionne comme une cellule solaire sensibilisée à colorant. Ils souhaiteraient exploiter la même technologie que celle actuellement utilisée en aciérie par Corus et qui consiste à peindre les feuilles d'acier en les passant entre des rouleaux. Les scientifiques espèrent atteindre ainsi un rendement compris entre 30 et 40 m<sup>2</sup> par minute.

Un financement de recherche, alloué par le Welsh Energy Research Centre (WEREC, le Centre gallois de recherche en énergie) du gouvernement de l'Assemblée galloise, a permis à l'équipe galloise d'étudier, en collaboration avec Corus, la faisabilité d'un tel système. Les résultats obtenus ont mené à un financement de plus de 1,5 million de livres (environ 1,9 million €) accordé par le conseil de recherche Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) à un consortium composé de l'Université de Swansea, de l'Université de Bangor, de l'Université de Bath et d'Imperial College London.

Toutefois, l'application continue de cellules solaires sensibilisées à colorant sur des feuilles d'acier pose d'importants défis scientifiques, au moins dans quatre domaines:

- le développement de couches sensibilisées actives de dioxyde de titane nanostructuré présentant de bonnes propriétés d'adhésion et compatibles avec une application à grande vitesse;
- le développement d'un électrolyte approprié et qui élimine les composants volatils et les problèmes d'étanchéité associés;
- l'optimisation de l'efficacité de collecte et du design de la contre-électrode;
- la durabilité et la compatibilité des matériaux afin d'assurer une durée de vie opérationnelle raisonnable en extérieur (ceci inclut en particulier le développement de couches barrières appropriées pour prévenir la corrosion du substrat d'acier). [...]

Les installations de revêtement de Corus Colors, la division spécialisée du groupe Corus, produisent un million de tonnes par an de produits à base d'acier peint, ce qui correspond à environ cent millions de m<sup>2</sup> de toits et de bardages. **Les chercheurs gallois estiment que, en revêtant cette surface de matériel photovoltaïque et en supposant un taux de conversion de 5%, on pourrait générer une puissance annuelle de 450 GWatts, soit l'équivalent de 50 fermes éoliennes.**

L'équipe est déjà parvenue à peindre de petites cellules de démonstration sur un substrat acier et espère être en mesure de produire une cellule commerciale dans les deux ans et demie à venir.

#### Les cellules solaires sensibilisées à colorant ou cellules de Graetzel

Ces cellules solaires portent le nom de leur Co-inventeur, Michael Graetzel, professeur de chimie physique à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Elles sont caractérisées par le fait que, à la différence des cellules classiques, les processus

d'absorption de la lumière et de séparation des charges électriques sont différenciés. Leur fonctionnement est en fait inspiré du processus de photosynthèse des plantes au cours duquel la chlorophylle à la surface des feuilles absorbe la lumière et distribue des électrons, dont l'énergie est utilisée ailleurs dans la plante.

Une cellule de Graetzel est composée d'un assemblage de nanocristaux d'oxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ ), bien connectés entre eux, sur la surface desquels est greffé un colorant, le sensibilisateur. Les photons incidents absorbés par le sensibilisateur provoquent l'éjection d'électrons ; ces électrons sont absorbés par les nanoparticules d'oxyde de titane et transportés vers une couche transparente conductrice située sous la couche de  $\text{TiO}_2$ . Pour éviter que les électrons éjectés soient tout de suite récupérés par le colorant et s'y recombinent, une solution électrolytique contenant des ions iodure et conductrice de trous, fournit des électrons au colorant. Ce phénomène de régénération est alors beaucoup plus rapide que le phénomène de recombinaison. Dans une cellule complète, les trous et les électrons créés au niveau des molécules de colorant sont donc transférés séparément vers les électrodes externes.

Les cellules solaires sensibilisées à colorant présentent l'avantage d'être moins coûteuses que les cellules classiques à base de silicium et d'être efficaces à l'extrémité basse fréquence du spectre de la lumière solaire (rouge visible et infrarouge). Leur taux de conversion maximal (environ 11%) reste toutefois inférieur à celui des meilleures cellules photovoltaïques.

source : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/54015.htm>

## 2) Film plastique

### ***Des cellules solaires imprimées sur film plastique à tapisser comme du papier peint:***

Dai Nippon Printing Co., Ltd. a développé une cellule solaire organique de type Graetzel avec une efficacité de conversion de 7,1%, réalisée sur film plastique par impression.

Selon la société nipponne, le coût de fabrication du produit est "faible" et le rendement élevé est obtenu grâce à l'utilisation d'un gel comme conducteur électrique. Celui-ci remplace un électrolyte liquide dont l'évaporation trop rapide posait problème.

### **Un produit en partie "bio"**

Conçu à partir de matières organiques, le produit est en partie bio. Dai Nippon Printing travaille actuellement sur la fabrication d'une unité de production d'énergie photovoltaïque entièrement constituée de matières organiques. Ainsi, une énergie renouvelable serait produite avec un matériel 100% bio. Ce papier peint est destiné à produire de l'énergie solaire depuis l'intérieur du logement. Il ne peut donc fonctionner que dans des maisons et des appartements dont l'architecture est optimisée pour récupérer l'énergie solaire

Les cellules solaires réalisées sur films souples ont généralement une faible efficacité car ce support ne permet pas de traitements à haute température, ce qui limite les possibilités d'élaboration. Une étape sous vide est de plus requise pour former l'électrolyte, ce qui limite la productivité.

Dai Nippon Printing Co., Ltd. a développé une technique dans laquelle la couche active est déposée sur un substrat métallique (ce qui permet de s'affranchir des contraintes de la haute température) puis transférée sur le film plastique. L'étape sous vide a par ailleurs été supprimée en utilisant un électrolyte sous forme de gel, déposé par un procédé d'impression propre à l'entreprise. La couche active utilise du dioxyde de titane  $\text{TiO}_2$ .

Le prototype mesure  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  pour 250 microns d'épaisseur et a une efficacité de 7,1%. Des tests ont montré qu'il fonctionnait correctement pendant au moins 1.000 heures à 65°C.

Le constructeur indique qu'il pense pouvoir améliorer le rendement jusqu'à 10%.

Ces innovations permettent à l'entreprise de fabriquer à bas coût ces cellules solaires. De plus, la technologie d'impression permet d'ajouter de la couleur et des motifs, pour par exemple réaliser des papiers peints d'intérieur générateurs photovoltaïques.

Les échantillons devraient être disponibles en 2008. L'entreprise a fixé ses prévisions de vente pour 2010 à 700 millions de yens (4,7 millions €).

source : <http://resosol.org/SolPV/autres/graetzelActu.html>

#### IV – CELLULE A STRUCTURE COAXIALE

Une autre voie intéressante est proposée par une équipe de chercheurs de Wake Forest University, qui consiste à remplacer la structure planaire utilisée habituellement par une structure coaxiale réalisée à partir d'une fibre optique multimode. Une fine couche conductrice d'ITO (Indium Tin Oxide) transparente est tout d'abord déposée par un procédé sol-gel sur le cœur de la fibre dont on a préalablement supprimé l'enveloppe. Un premier film polymère est déposé sur l'ITO par trempage dans une solution du précurseur, et après séchage, un deuxième film polymère du deuxième composant est réalisé par la même méthode de trempage. Les deux films polymères donneur et accepteur ont une épaisseur totale d'environ 300 nm.

L'ensemble est ensuite recouvert par évaporation thermique d'une couche conductrice (Al/LiF) très mince (environ 300 nm) qui joue le rôle de deuxième électrode. On obtient ainsi une structure coaxiale, dans laquelle la jonction p/n est radiale. Sous illumination dans l'axe de la fibre, les photons se propagent le long du cœur de la fibre et au cours des multiples réflexions, pénètrent dans la partie organique électro active où ils génèrent les paires électron-trou. Les photons non absorbés traversent le polymère et sont réfléchis sur la couche conductrice extérieure et dirigés à nouveau sur l'hétérojonction polymère, où ils peuvent encore être absorbés. On augmente ainsi sensiblement le taux de génération des excitons, ainsi que la surface d'interaction.

Pour l'instant, avec cette technique, les chercheurs ont obtenu un rendement de conversion de l'ordre de 6%, mais ils espèrent atteindre un rendement maximal de 14%.

source : <http://resosol.org/Sol>

#### 6.1.3.2. Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Cf. : fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.pdf

## 6.2. Listings des programmes réalisés

### 6.2.1. Photos de la rencontre avec l'association CHP, du samedi 24 mai.



Bateau Eolios en rénovation à Bonsecours



Discussion et explication au sujet du fonctionnement





Anciennes batteries en Plomb



Système d'alimentation moteur



Système de cordage pour orientation des panneaux solaires



Bateau solaire conçu et construit par  
J-L Yaich

### 6.3. Schémas de montages, plans de conception...

#### 6.3.1. Ancienne piste de travail : logiciel Naval Designer

Concept : Réaliser un défi « solaire » sous la forme d'une course de bateaux fonctionnant à l'énergie solaire. En parallèle, réaliser le dimensionnement d'un bateau type afin de le faire participer à ce défi solaire.

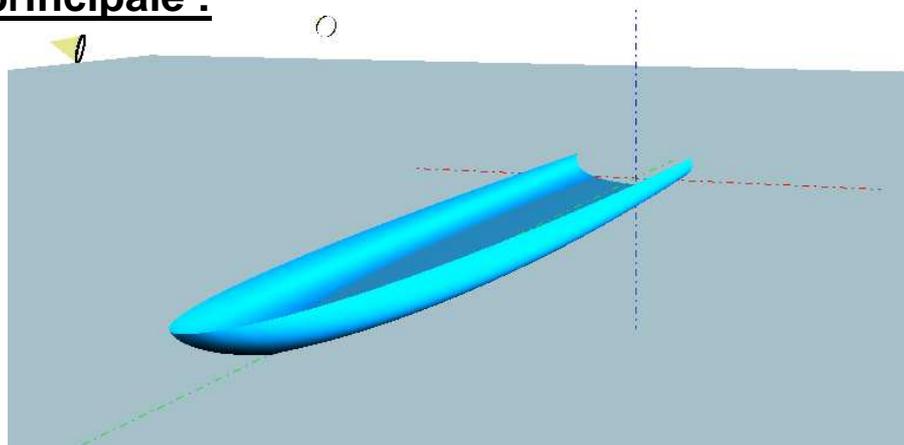
But : Toucher le plus de personnes possibles afin de répandre l'idée des énergies renouvelables et notamment l'énergie solaire dans le domaine naval.

Projet : Dimensionnement et forme d'un bateau solaire tel qu'il puisse glisser sur l'eau le plus possible. Recherche sur le « bateau sans vague » ou bateau à carène ».

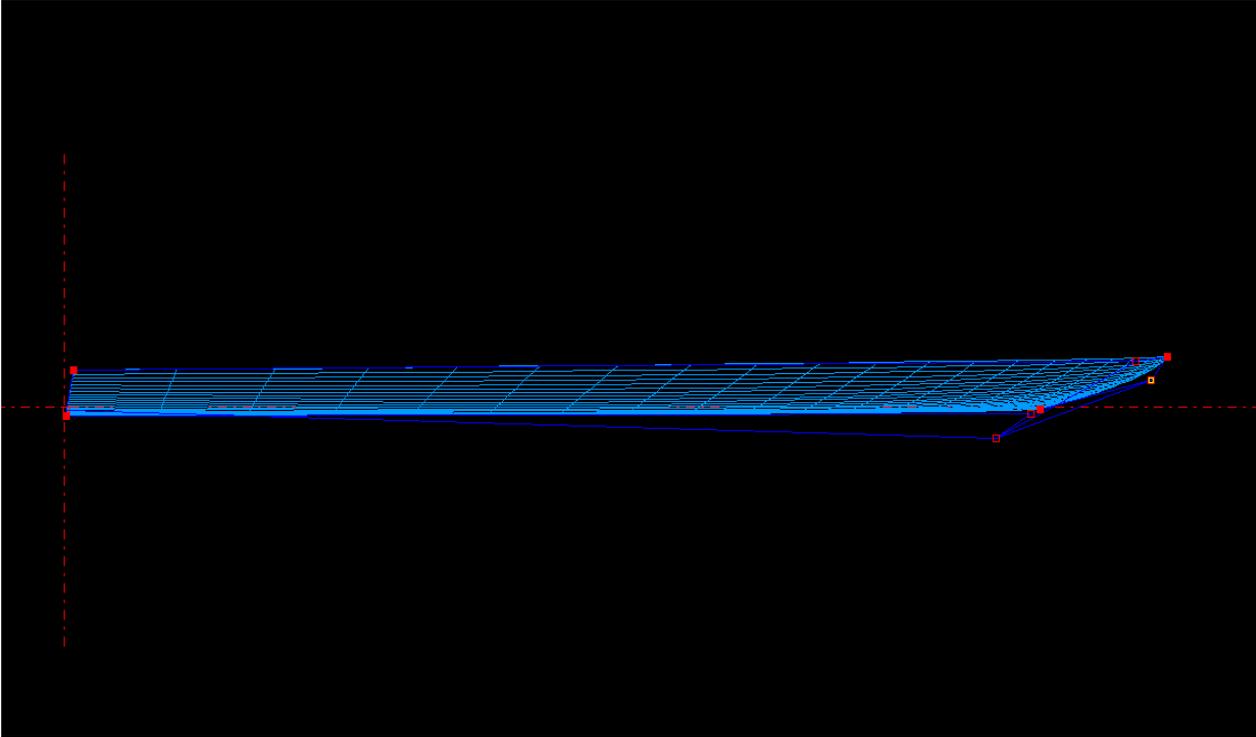
- Forme : - Trimaran sur le modèle du « BELOUGA Trimaran ».
  - Coque principale longue, à fond plat et à poupe large pour le glissement sur l'eau.
  - Flotteurs (2 coques secondaires) de la forme des coques des hydravions.
- Dimension : Longueur coque principale : ~ 5,80 m
  - Largeur principale : 0,720 m
  - Longueur flotteurs : ~ 4,50 m
  - Diamètre flotteur : ~ 0,350 m
  - Autres dimensions non déterminées

#### Coque principale :

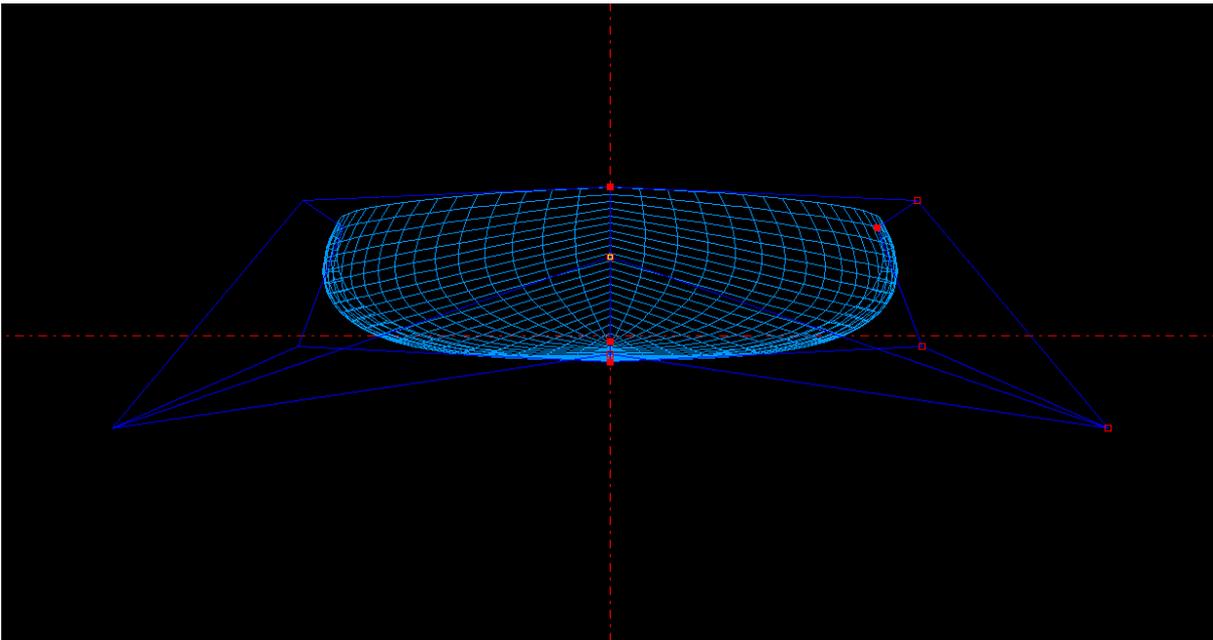
##### • Studio :



- Vue de profil :

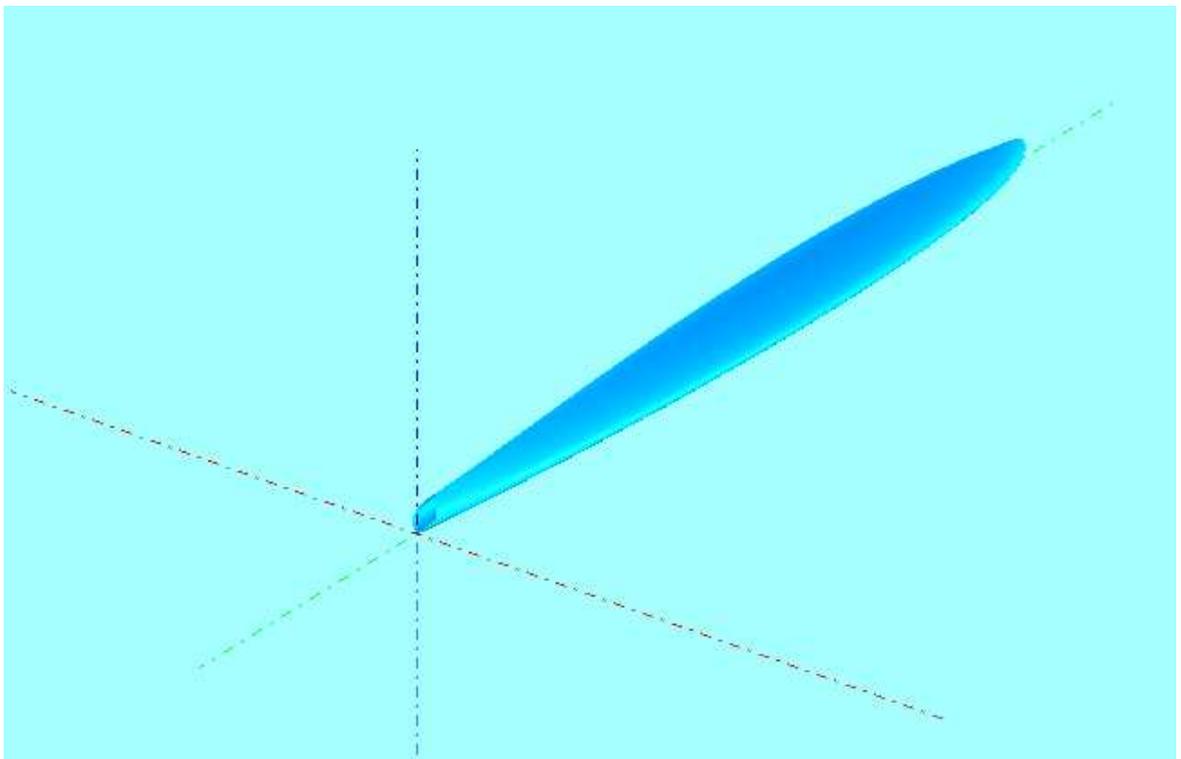
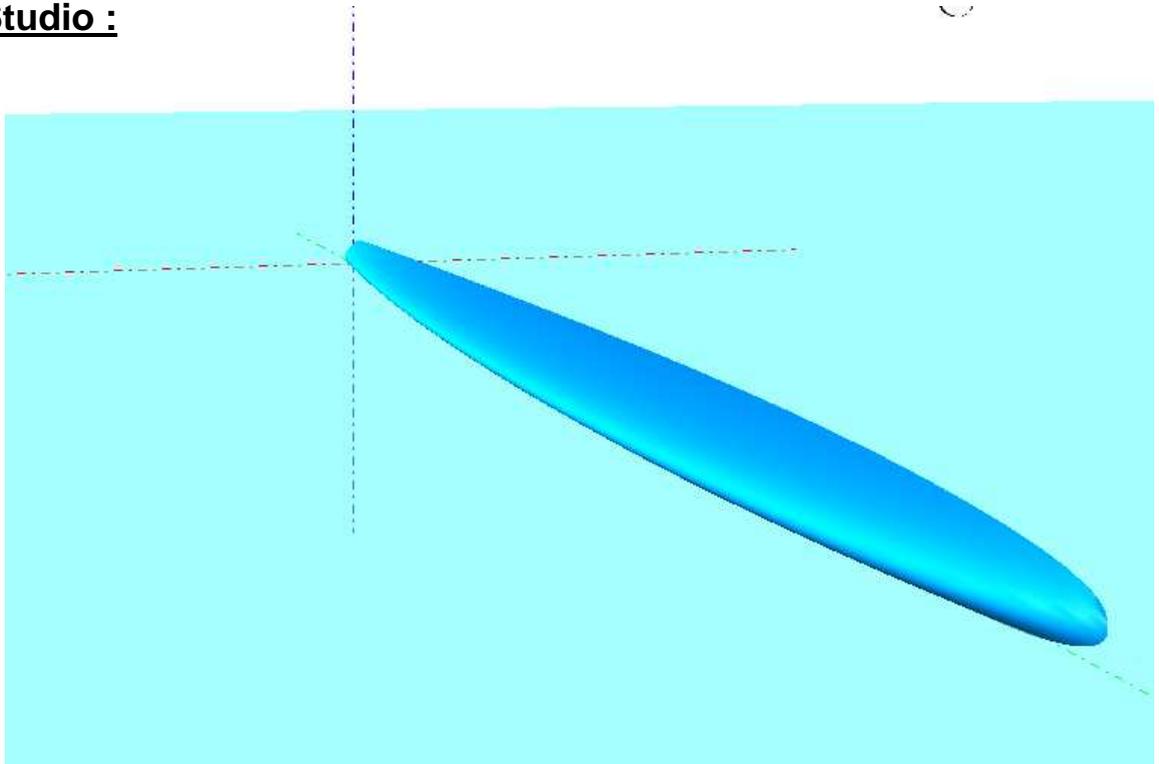


- Vue transversale :

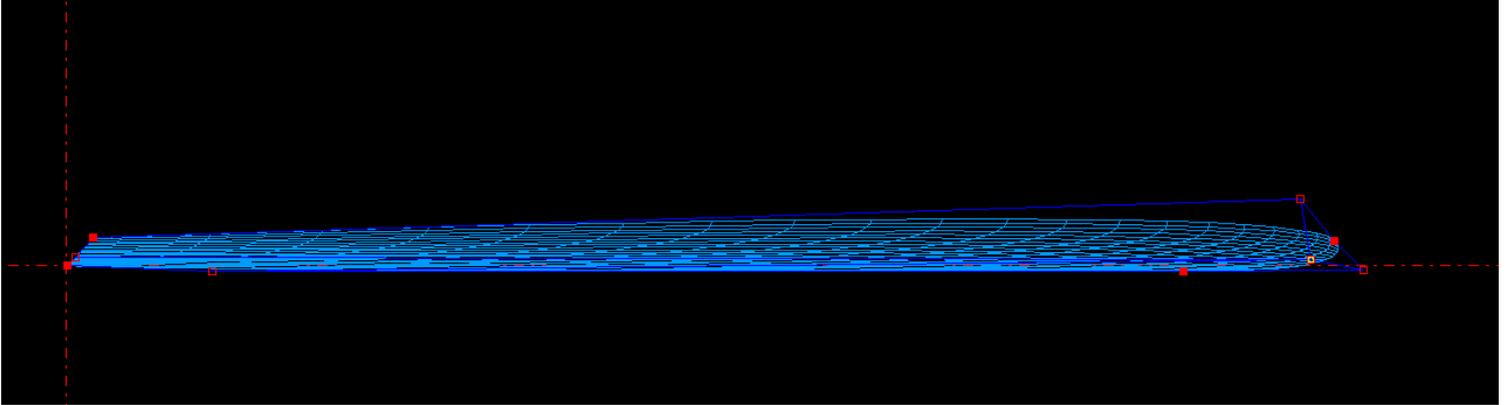


## ✚ Flotteurs :

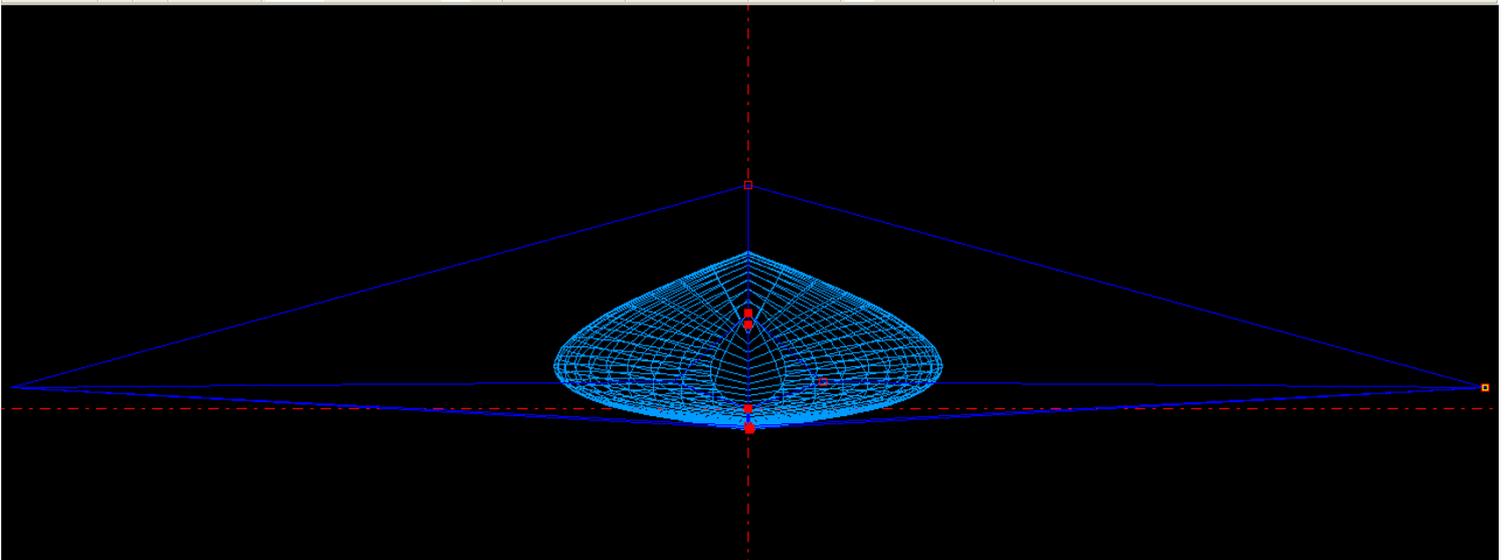
- Studio :



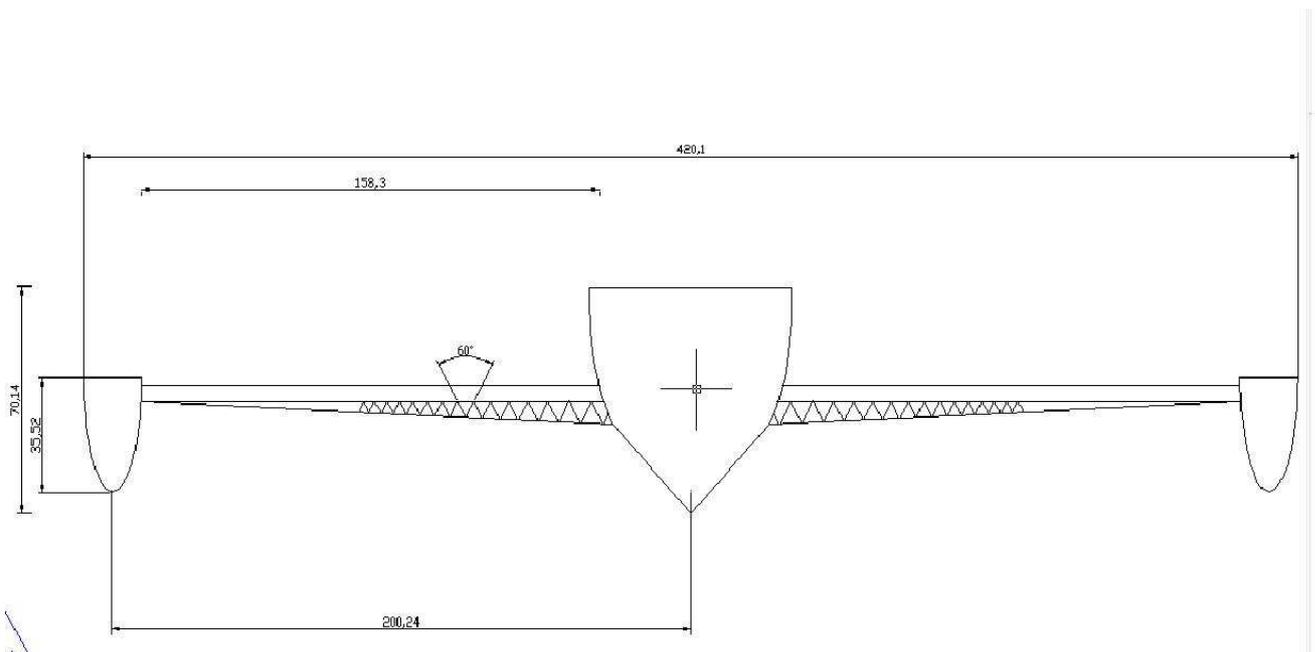
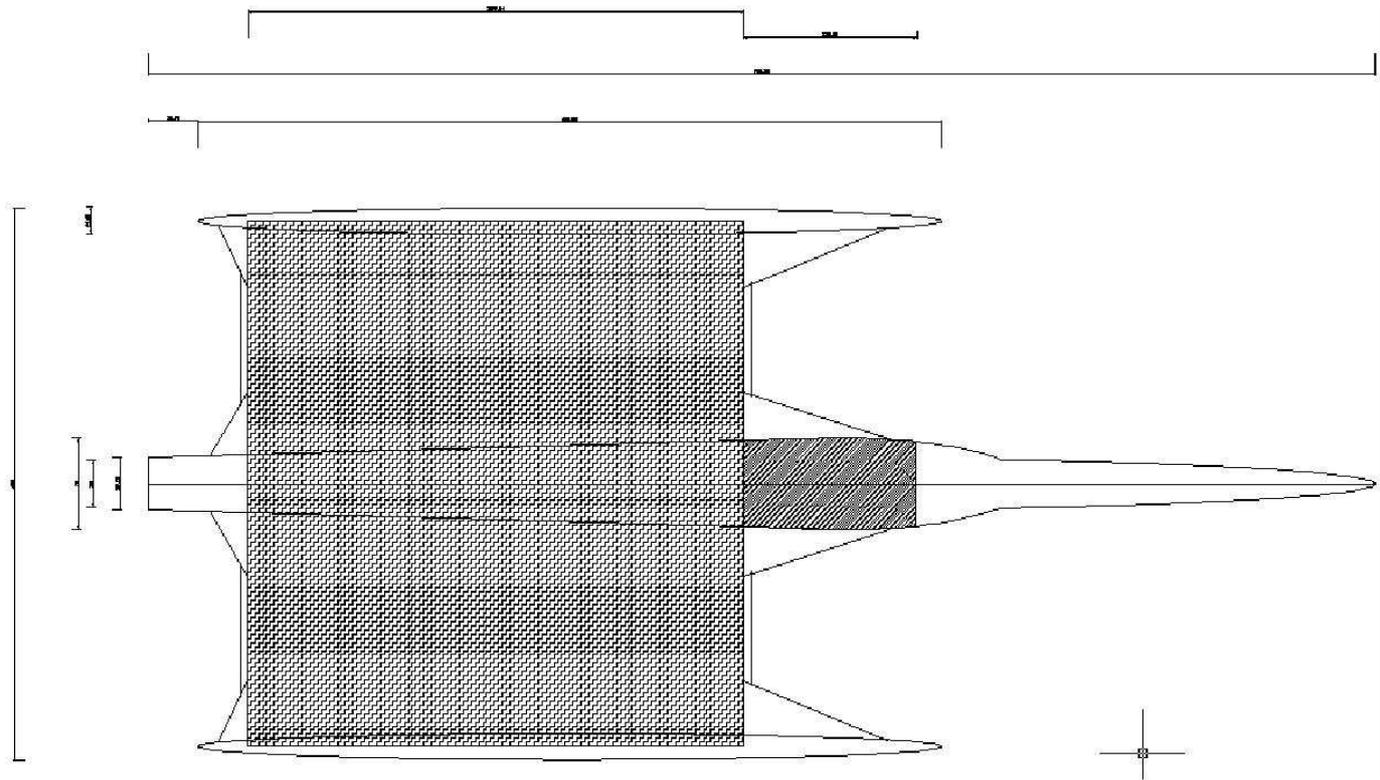
- Vue de profil :



- Vue transversale :



Travail final sur le logiciel Autocad :



#### **6.4. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé)**

Dans le futur, nous pourrions envisager la construction d'un bateau solaire en se basant sur notre travail sur le dimensionnement.

De plus, en fonction des résultats de l'entretien avec la mairie de Rouen, du vendredi 20 juin, à propos du projet des 6h de l'île Lacroix, il serait possible de poursuivre et d'arriver à la réalisation de cette course.



## 6h Solaires De ROUEN





L'ensoleillement annuel en FRANCE varie  
de 1800 heures à 3000 heures

La NORMANDIE reçoit de 400 à 1000 Wh/m<sup>2</sup> ;

ils peuvent être captés par des Panneaux  
Photovoltaïques, et Produire une Puissance

de 60 à 100 Wh/m<sup>2</sup>

Parallèlement aux applications HABITUELLES  
UTILISONS L'ENERGIE SOLAIRE pour nos LOISIRS  
Et FAISONS PROGRESSER LA TECHNOLOGIE par la  
COMPETITION

Participons à la Naissance des :

« 6h Solaires De ROUEN »



## « CONCEPT HELIOS PROPULSION »

Association pour l'étude et le développement des utilisations électro-solaires

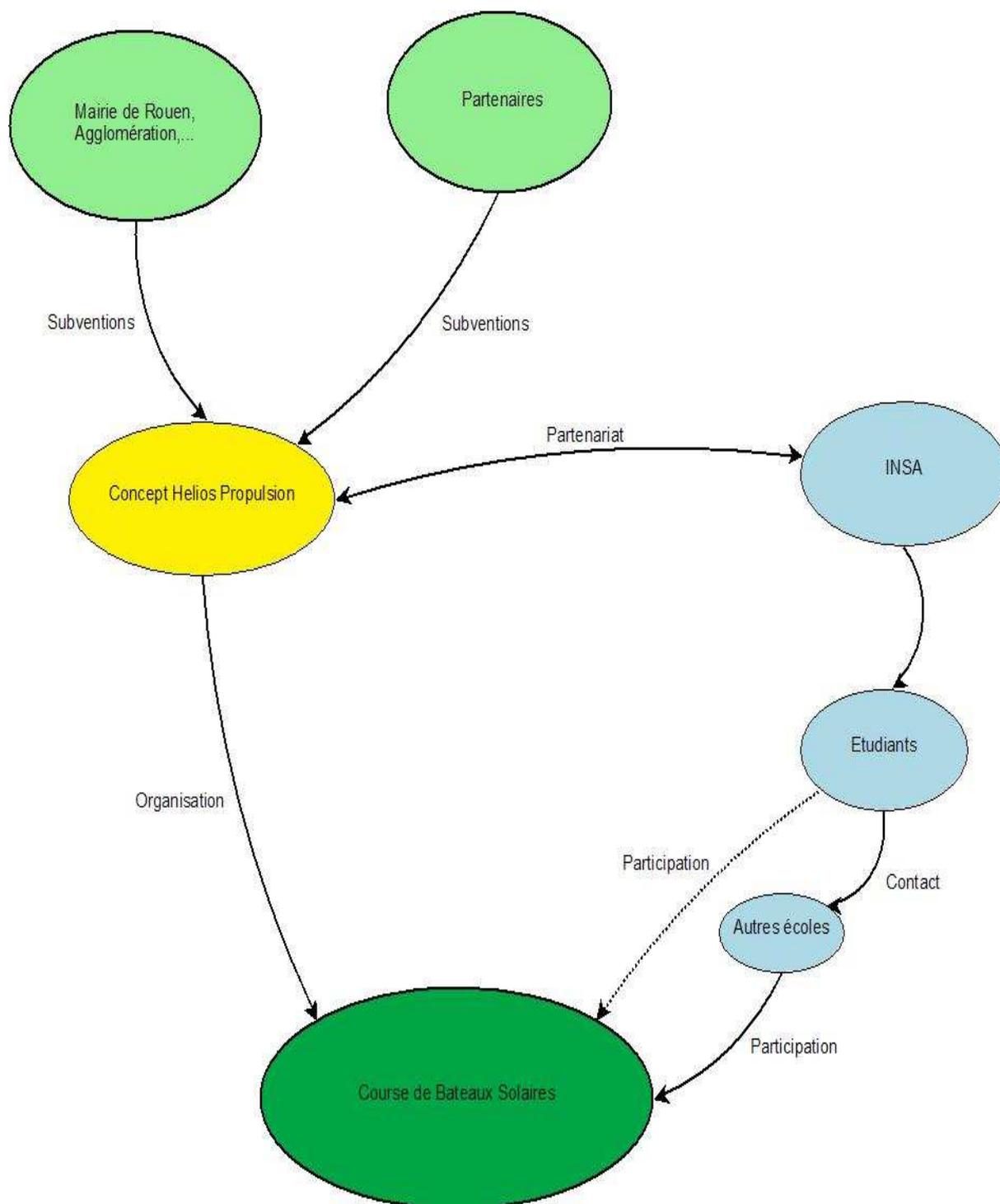
Et l'INSA de ROUEN

Institut National des Sciences Appliquées, premier réseau de France d'écoles publiques d'ingénieurs.

Lancement un DEFI

Une course  
autour de l'île Lacroix à Rouen  
en Navires à Propulsion Électro-solaire.

# ORGANISATION



# Contacts

Pour plus d'informations contactez :

## Concept Hélios Propulsion

Son président :

René MULOT

13 Allée Aliénor Aquitaine

76240 Bonsecours

Tel : 02 35 80 29 77

<E-Mail : PBoegner@aol.com>

## 6.5 Communication

Ci-dessous le mail envoyé par l'intermédiaire du réseau BNEI, et les quelques réponses que nous avons reçues.

**Objet:** [infobnei] projet solaire  
**De:** Blondeel Clément <clement.blondeel@insa-rouen.fr>  
**Date:** Mer 4 juin 2008 16:49  
**À:** infobnei@yahogroupes.fr  
**Priorité :** Normale  
**Messagerie :** SquirrelMail/1.4.7-4.fc5  
**Options:** [Afficher l'en-tête complet](#) | [Voir la version imprimante](#) | [Télécharger en tant que fichier](#)

Bonjour,

Nous sommes un groupe d'étudiants de l'INSA de Rouen, et nous envisageons de créer une course de bateaux solaires autour de l'île Lacroix dans notre ville à l'image des 24h motonautiques.

Nous sommes en partenariat avec l'association CHP (Concept Helios Propulsion) qui travaille depuis 12 ans avec l'énergie solaire en organisant des défis de bateaux solaires. L'association travaille d'ailleurs sur un défi Trans-manche.

La course présentera plusieurs épreuves telles que : rapidité, endurance, etc. Nous envisageons que la course soit ouverte à tous les prototypes solaires de toutes catégories confondues.

Cette manifestation consisterait en une approche aux énergies alternatives autour d'une compétition ludique et enrichissante.

Que pensez-vous de l'idée ? Connaissez vous des personnes susceptibles de participer ?

Merci d'avance

le groupe projet bateau solaire de l'INSA de Rouen.

**Objet:** Infos pour le projet Bateaux solaires

**De:** "SILVEIRA Ugo" <ugo.silveira@gmail.com>

**Date:** Mer 4 juin 2008 18:16

**À:** clement.blondeel@insa-rouen.fr

**Copie à:** laura.m.dang@gmail.com

**Priorité :** Normale

**Options:** [Afficher l'en-tête complet](#) | [Voir la version imprimante](#) | [Télécharger en tant que fichier](#)

Bonjour Clément,

Je te transmets ci-dessous une réponse de Laura de Grenoble INP. Je ne la

laisse pas passer sur Infobnei pour éviter de "spammer" les gens avec une

réponse qui n'est qu'à ta destination, mais néanmoins vous voici désormais

en contact (elle est en copie de ce mail).

Tenez-moi au courant de l'évolution de ce projet, je suis grandement

intéressé.

Associativement.

\*Ugo SILVEIRA\*

\*Président du BNEI\*

[president@bnei.org](mailto:president@bnei.org)

---

Subject: Re: [infobnei] projet solaire

L'année prochaine, il y aura une nouvelle école du groupe Grenoble INP :

L'ENSEEE (eau énergie environnement).

Nous bossons sur les énergies alternatives...

Je te mets en contact avec le BDE de notre école :  
[cercle.ieg@gmail.com](mailto:cercle.ieg@gmail.com)

Contact aussi l'administration : [direction.ense3@grenoble-inp.fr](mailto:direction.ense3@grenoble-inp.fr)

Bon courage

Laura

**Objet:** Re: [infobnei] projet solaire

**De:** benjamin.py@ifma.fr

**Date:** Jeu 5 juin 2008 17:30

**À:** infobnei@yahogroupes.fr

**Priorité :** Normale

**Messagerie :** Internet Messaging Program (IMP) 3.2.6

**Options:** [Afficher l'en-tête complet](#) | [Voir la version imprimante](#) | [Télécharger en tant que fichier](#)

Salut,

Bon projet, ici à clermont-ferrand, il y'a une école qui s'occupe d'un  
voiture

solaire très performante, donne moi un peu plus de précisions et je  
verrais

avec l'association en question :)

Bonne soirée

Corporativement et associativement

Mr Pye

**Objet:** Re: [infobnei] projet solaire

**De:** Félix Roux <froux@cust.univ-bpclermont.fr>

**Date:** Ven 6 juin 2008 9:25

**À:** infobnei@yahogroupes.fr

**Priorité :** Normale

**Messagerie :** Microsoft Windows Live Mail 12.0.1606

**Options:** [Afficher l'en-tête complet](#) | [Voir la version imprimante](#) | [Télécharger en tant que fichier](#)

Bonjour,

Je suis étudiant à Polytech' Clermont-Ferrand et je fais partie du groupe qui

s'occupe de la voiture solaire du projet Belenos. Pour ma part, je pourrais t'enseigner sur notre projet en tant que tel mais pour tout ce qui est des courses,

il vaudrait mieux que tu en parles directement avec des organisateurs. Notre voiture

a participé à la course Phébus dernièrement dont voici les contacts :

<http://www.phebus-ariege.org/contact.htm>

Il existe une autre course qui se déroule en France, en Savoie : le Solar Event :

<http://www.solar-event.com/> que tu peux aussi contacter je pense.

Voilà pour les infos, n'hésite pas me contacter si tu veux plus d'infos

Amicalement

Félix

**Objet:** Re: Infos pour le projet Bateaux solaires

**De:** "SILVEIRA Ugo" <ugo.silveira@gmail.com>

**Date:** Dim 8 juin 2008 22:50

**À:** clement.blondeel@insa-rouen.fr

**Copie à:** laura.m.dang@gmail.com

**Priorité :** Normale

**Options:** [Afficher l'en-tête complet](#) | [Voir la version imprimante](#) | [Télécharger en tant que fichier](#)

Bonjour Clément,

Ci-dessous les coordonnées des personnes du club dont Laura (qui est en copie) voulait te communiquer le site.

"voici le club en question:

<http://c-velec.etu.inpg.fr/>

ils sont sur des prototype de vehicules solaires et thermiques"

Associativement.

\*

Ugo SILVEIRA\*\*

Président du BNEI\*

[president@bnei.org](mailto:president@bnei.org)

Ci-dessous le modèle du mail envoyé aux différents organismes de la régions tels que , l'agglomération, le conseil général, ou encore la mairie de Rouen.

Objet: proposition de projet bateau solaire  
De: "pierre brequigny" <[pierre.brequigny@insa-rouen.fr](mailto:pierre.brequigny@insa-rouen.fr)>  
Date: Ven 21 mars 2008 13:56

À: [web@agglo-rouennaise.fr](mailto:web@agglo-rouennaise.fr)

---

Madame, Monsieur

Actuellement étudiant à l'INSA de Rouen, je fais parti d'un groupe de projet travaillant pour l'association Concept Hélios Propulsion. Dans ce cadre, nous aimerions lancer l'idée d'une course de bateaux solaires à Rouen, à l'image des 24h motonautique.

Ce projet, est à la fois innovant et s'accorde tout à fait aux nouvelles idéologies concernant la protection de l'environnement. En effet, l'utilisation d'une nouvelle énergie renouvelable permet une économie non négligeable des milliers de litres de kérosène gaspillés. Le fonctionnement silencieux des ces bateaux enchantera les habitants de Rouen. Et n'oublions pas le respect de l'environnement, une manifestation sans conséquences pour l'air et l'eau.

Par ailleurs, nous aimerions vous solliciter dans le but d'obtenir des renseignements sur les subventions possibles, les services et personnes à contacter.

Dans l'attente de vous lire prochainement, veuillez agréer mes sincères salutations.

Pierre Brequigny  
STPI 2