

Baccalauréat STI2D et STL

spécialité SPCL

Épreuve de physique chimie

Session de mars 2013
En nouvelle Calédonie

31/08/2014
<http://www.udppc.asso.fr>

Énoncé

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2013

Série ST12D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

pour les REDOUBLANTS

SUJET TRAITÉ EXCLUSIVEMENT PAR LES CANDIDATS AYANT DÉJÀ PRÉSENTÉ LES ÉPREUVES TERMINALES DU BACCALAURÉAT LORS D'UNE PRÉCÉDENTE SESSION.

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1113 à 13/13.

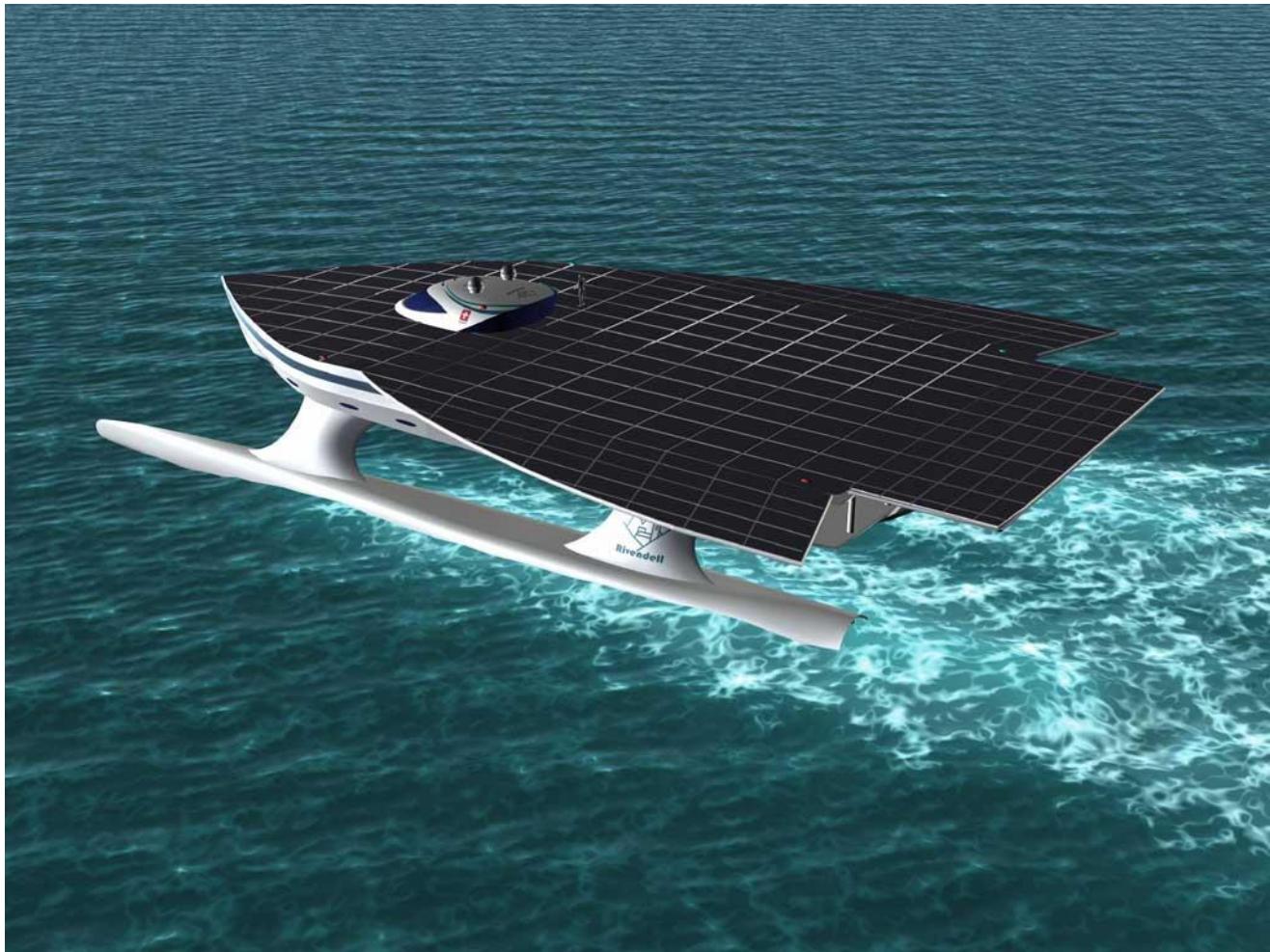
Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

La page 13/13 où figurent les documents réponses est à rendre avec la copie.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.



© Planet Solar

L'étude suivante se basera, en partie, sur les caractéristiques réelles du bateau Planet Solar. Elle traitera également d'autres technologies, mais pas nécessairement de celles de ce navire, par manque de données.

PARTIE A : ENERGIE SOLAIRE.

PARTIE B : LOCHMETRE.

PARTIE C : STOCKAGE D'ENERGIE.

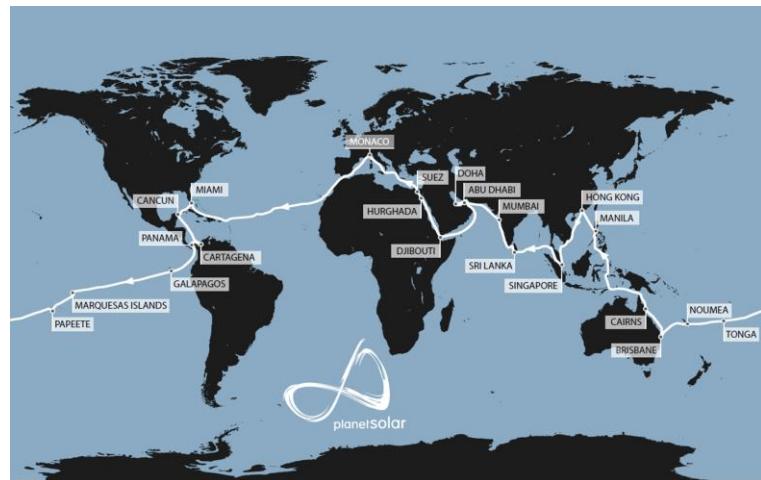
PARTIE A : ENERGIE SOLAIRE.

A.I. Généralités :

A.I.1) Citer les modes d'exploitation de l'énergie solaire, au service de l'habitat

A.I.2) Pour le bateau solaire, Planet Solar :

- a)** Extraire des **annexes 1 et 2 pages 8/13 et 9/13**, les quatre caractéristiques suivantes : longueur du bateau, largeur du bateau, superficie en panneaux photovoltaïques et nombre de cellules.
- b)** Observer le document ci-dessous. Il représente le parcours du Planet Solar. Justifier ce choix de parcours. Vous pourrez, par exemple, matérialiser sur le document la position de l'équateur terrestre.



A.II. Les panneaux photovoltaïques :

A.II.1) On souhaite déterminer expérimentalement le rendement énergétique d'une cellule photovoltaïque.

Décrire une démarche expérimentale possible.

Aucune valeur numérique n'est attendue et les termes suivants peuvent être utilisés : ampèremètre, voltmètre, $W \cdot m^{-2}$, puissance crête, surface.

A.II.2) D'après le **document "application de l'effet photovoltaïque"** en annexe 3 page 10/13 :

- a) Calculer la fréquence minimale du rayonnement permettant de faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction. En déduire la longueur d'onde correspondante.

Données : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

- b) Reporter, sans souci d'échelle, cette valeur sur le **document réponse DR1 page 13/13** et indiquer les zones correspondant à la lumière visible, aux infrarouges et aux ultra-violets.
- c) A quels rayonnements les panneaux photovoltaïques en silicium sont-ils sensibles ?
- d) Schématiser les transferts et les conversions d'énergie mises en jeu dans ce type de panneau en complétant le **document réponse DR2 page 13/13**.

A.II.3) D'après **l'annexe 2 page 9/13**, quel est le rendement maximal des panneaux photovoltaïques ? En déduire, sous un ensoleillement de 1000 W.m^{-2} , la puissance électrique maximale récupérable, puissance exprimée en W. Cette valeur est-elle compatible avec les données techniques du bateau ?

PARTIE B : LOCHMETRE.

Le lochmètre est un instrument de mesure donnant accès à la vitesse d'un bateau. Pour ce faire, plusieurs types de capteurs (capteur électromagnétique à effet Hall, capteur à ultrason et capteur hélice ...) peuvent être mis en œuvre.

B.I. Les ondes électromagnétiques :

B.I.1) Citer au moins une différence entre une onde électromagnétique et une onde ultrasonore.

B.I.2) Choisir, parmi les 4 propositions, celle correspondant à la structure d'une onde électromagnétique. Recopier cette proposition sur votre copie :

- Une onde électromagnétique est constituée par un champ électrique et un champ magnétique de directions parallèles.
- Une onde électromagnétique est constituée par un champ électrique et un champ magnétique de directions perpendiculaires.
- Une onde électromagnétique est constituée par un champ magnétique uniquement.
- Une onde électromagnétique est constituée par un champ électrique uniquement.

- B.I.3)** Rappeler l'unité du champ magnétique, et citer deux ordres de grandeur de champs magnétiques courants.

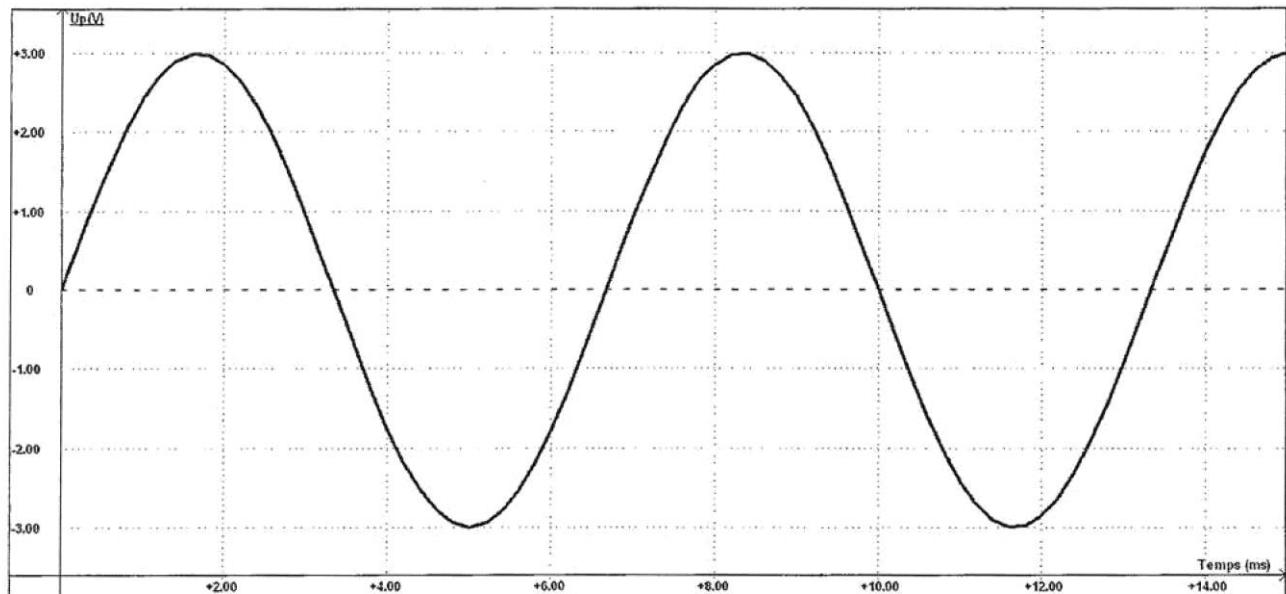
B.II. Le capteur hélice ou roue à aube :

Le capteur de vitesse étudié a une plage de vitesses de fonctionnement allant de 0 nœud à 20 nœuds. La vitesse d'un bateau étant mesurée en nœuds, il faut savoir que 1 nœud équivaut à 1852 mètres parcourus en 1 heure.

- B.II.1)** Quelle vitesse maximale exprimée en m.s^{-1} , puis en km.h^{-1} , le lochmètre permet-il de mesurer ? Est-ce adapté au bateau Planet Solar ?

- B.II.2)** Le capteur est constitué d'une hélice, un aimant étant moulé dans une de ses pales. Cette dernière, lors du déplacement du bateau, est entraînée en rotation. Cette rotation devant une bobine fixe, induit aux bornes de celle-ci une tension alternative $u_p(t)$. Cette vitesse de rotation est convertie en vitesse d'avancement du bateau.

On donne le chronogramme idéalisé de cette tension $u_p(t)$ pour une fréquence de rotation de l'hélice $n_p = 150 \text{ tr.s}^{-1}$:



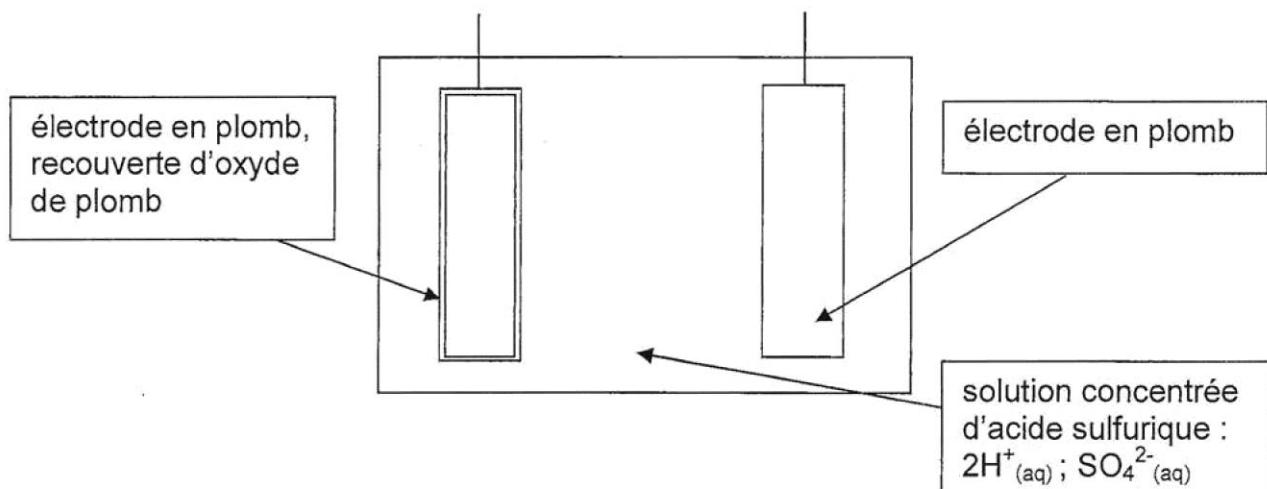
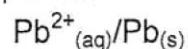
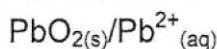
- Déterminer la période T , exprimée en s, de cette tension, puis en déduire sa fréquence f , exprimée en Hz.
- Donner la relation entre la fréquence f (en Hz) et la fréquence de rotation n (en tr.s^{-1}) de l'aimant.

PARTIE C : STOCKAGE DE L'ENERGIE.

C.I. A l'aide du document C.E.A., **annexe 4 pages 11/13 et 12/13**, citer les 5 caractéristiques essentielles des accumulateurs, puis classer les différents modèles d'accumulateurs par ordre chronologique.

C.II. Etude d'un accumulateur.

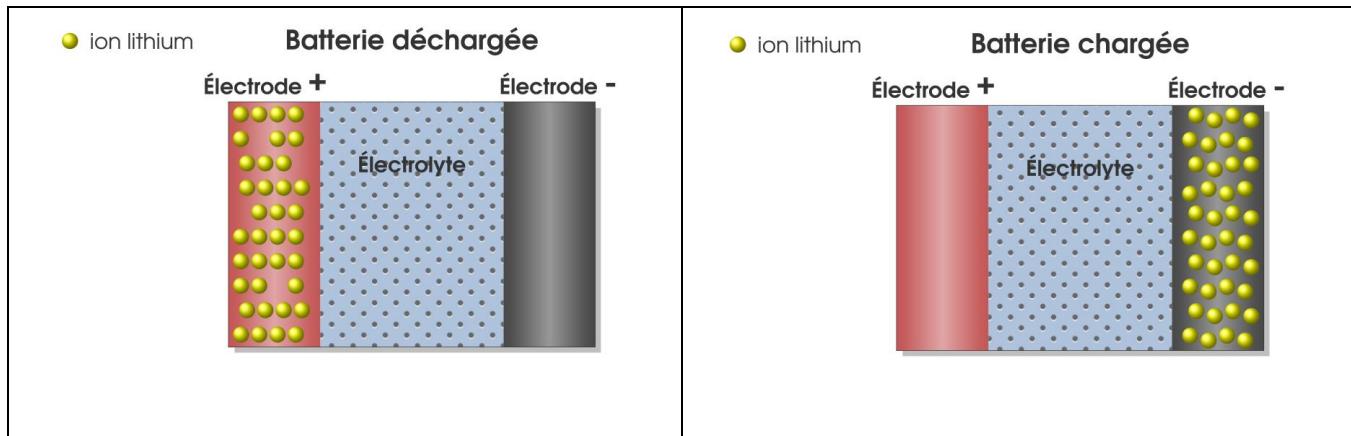
Schéma d'un accumulateur au plomb.



- C.II.1)** Sur le **document réponse DR3 page 13/13**, l'accumulateur fonctionne-t-il en charge ou en décharge ? Justifier.
- C.II.2)** Compléter le **schéma du document réponse DR3 page 13/13**, en faisant apparaître le sens de déplacement des électrons et la borne positive de l'accumulateur.
- C.II.3)** En déduire la demi-équation d'oxydo-réduction au niveau de l'électrode en plomb. S'agit-il d'une oxydation, d'une réduction ?
- C.II.4)** De même, écrire la demi-équation d'oxydo-réduction au niveau de l'électrode en oxyde de plomb. S'agit-il d'une oxydation, d'une réduction ?
- C.II.5)** Quel type de conversion d'énergie se produit-il lors de cette utilisation de l'accumulateur ?
- C.II.6)** Expliquer la différence entre une pile et un accumulateur.

C.III. Ci-dessous, sont reproduits les schémas d'une batterie Li-ions, l'une chargée et l'autre déchargée.

Dans ces batteries, ce sont les ions lithium Li^+ qui se déplacent entre les deux électrodes, sans jamais réagir.



C.III.1) Faire un schéma correspondant à la charge de cette batterie, en schématisant les éléments nécessaires (générateur, sens du courant et des électrons, mouvement des ions lithium dans l'électrolyte).

C.III.2) Faire un schéma correspondant à la décharge de cette batterie, en schématisant les éléments nécessaires (récepteur, sens du courant et des électrons, mouvement des ions lithium dans l'électrolyte).

C.IV. D'après l'annexe I page 8113 et l'annexe 4 pages 11/13 et 12/13, justifier le choix technologique des accumulateurs pour le Tûranor Planet Solar, en citant au moins trois raisons.

ANNEXE 1 : DESCRIPTION

L'attribut le plus passionnant de cet énorme bateau à double coque ne s'entrevoit que du ciel : des panneaux solaires de la société Solon AG de Berlin sont installés sur le pont, mettant en œuvre des cellules solaires haute efficacité fabriquées par la société américaine SunPower Corporation (San José en Californie). Un total de 825 modules, équipés de 38.000 cellules photovoltaïques individuelles sur une surface totale de 537 mètres carrés (flaps et « ailerons arrière » compris). Ils collectent l'énergie qui sera ensuite stockée dans six blocs de douze batteries chacun (648 cellules fonctionnant selon la toute dernière technologie du lithium-ion sans maintenance de la société GAIA à Nordhausen). Chacun de ces six blocs pèse juste un peu moins de deux tonnes (des batteries au plomb conventionnelles de même capacité auraient pesé sept fois plus pour une durée de vie moindre).

Le TÛRANOR PlanetSolar est dirigé par deux propulseurs en fibres de carbone avec hélices à contre rotation de la société Turbo Marine Composite Technology GmbH à Hohen Luckow, près de Rostock en Allemagne. Le diamètre de chacun de ces propulseurs est de près de deux mètres, le double de ce qui se fait habituellement pour un bateau de cette taille, ce qui rend la propulsion plus efficace.

Lorsque la moitié du propulseur est dans l'air et l'autre plongée dans l'eau, un effet de roue se crée. Il est alors possible de gouverner le bateau sans l'aide du safran. Quatre moteurs électriques qui viennent de Nuremberg, deux par arbre de transmission, délivrent 120 kW et leur efficacité énergétique de plus de 90 % est incroyablement élevée.

En navigation solaire, le défi principal est de combler le temps dépourvu de soleil au moyen d'un dispositif de stockage et d'une propulsion efficace, et c'est à quoi ces nouvelles technologies font face avec succès. « Nous sommes en train de démontrer, à notre façon, que la navigation motorisée peut fonctionner sans carburant », selon les propos succincts d'Immo Ströher, entrepreneur et propriétaire du PlanetSolar TÛRANOR.

ANNEXE 2 : PLANET SOLAR

Données :

Anglais	Yield	Cells	Meters	Power
Français	Rendement	Cellules	Mètre	Puissance

0 Liters of petrol

23 meters
overall width

2 engines per propulsion system: 1 40kW engine and 1 20kW engine

Unlimited Autonomy

6 *Castings*

Average consumption 20 kW
(17 kW motor and 3 kW for life on board)

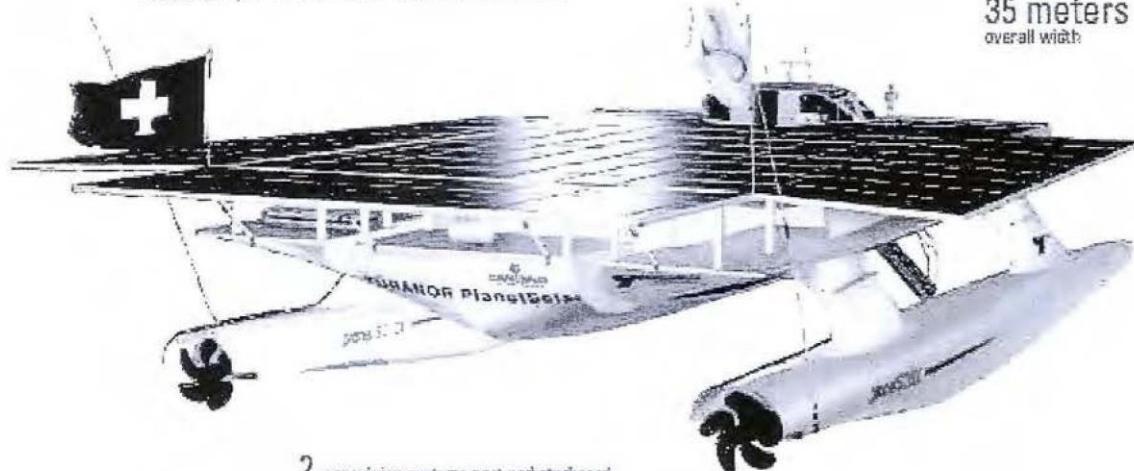
0 CO₂ emission

64 000 hours of work to
build the ship

537 m² of photovoltaic cells, i.e. 38'000 cells
 with a 22,6 % yield
 supplying 8,5 tonnes of lithium-ion batteries

6.10 meters high

35 meters
overall width



Empty weight: 85 000 kg including 20 600 kg of carbon fiber and 23 000 kg of epoxy resin 10 000 kg of material and supplies on board during navigation including 500 liters of fresh water and 500 liters of salt water

2,5 tons of electronic control systems and battery support as well as 648 cells of 3,7 volt each totaling 385 volt

Maximum speed 10 knots or
roughly 18.5 km/h

at least 4 crew members

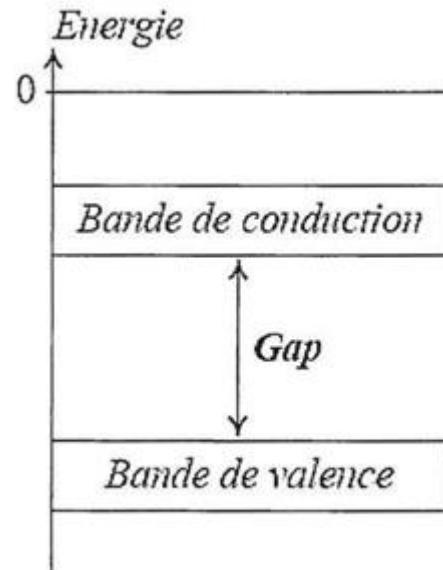
Average speed 5 knots or
roughly 9 km/h

2 propellers with 5 tapered blades for 2 meters in diameter, turning between 100 rpm / max 160 rpm

ANNEXE 3 APPLICATION DE L'EFFET PHOTOVOLTAIQUE

Le soleil est une source d'énergie inépuisable, l'exploitation de son rayonnement pour produire de l'électricité a été possible par la compréhension de l'effet photovoltaïque : un panneau photovoltaïque convertit une partie de l'énergie lumineuse du Soleil en énergie électrique.

Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour la fabrication de panneaux photovoltaïques. Il fait partie de la famille des matériaux semi-conducteurs dont le diagramme d'énergie des électrons est du type schématisé ci-contre.



En effet, en physique du solide, les bandes de valence et de conduction modélisent des valeurs d'énergie que peuvent prendre les électrons d'un semi-conducteur à l'intérieur de celui-ci. De façon générale, ces électrons n'ont la propriété de ne prendre que des valeurs d'énergie comprises dans certains intervalles, lesquels sont séparés par des "bandes" d'énergie interdites. Cette modélisation conduit à parler de **bandes d'énergie**.

La *bande de valence* est la dernière bande de basse énergie contenant des électrons.

La *bande de conduction* est la première bande de haute énergie vide d'électrons.

Pour le silicium, l'énergie nécessaire minimum (*Gap*) pour faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction est de 1,12 eV.

L'effet photovoltaïque illustre l'interaction de photons avec la lumière ce qui entraîne l'émission d'électrons.

ANNEXE 4 : DOCUMENT C.E.A.
(Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)

Les données caractéristiques d'un accumulateur :

Les principales caractéristiques d'un accumulateur sont les suivantes :

- La tension, exprimée en volts (V), correspond au potentiel d'oxydo-réduction entre les deux électrodes de la batterie.
- La charge électrique est la quantité d'électrons que peut contenir l'accumulateur, elle se mesure en ampère-heure (A.h). La capacité de charge électrique correspond à la charge maximale fournie par l'accumulateur, c'est-à-dire entre le moment où il est chargé à sa pleine capacité et le moment où il est complètement déchargé (cycle complet de décharge) ; pour certaines technologies employées, cette capacité diminue progressivement au fur et à mesure des cycles de l'accumulateur (vieillissement).
- Alors que la charge électrique n'est comparable que pour des tensions égales, la notion d'énergie stockée permet de comparer différents types d'accumulateurs ou batteries de tensions différentes ; elle se mesure en watt-heure (W.h).

Les performances d'un accumulateur, quelle que soit la technologie utilisée, sont pour l'essentiel définies par trois critères :

La densité d'énergie massique (ou volumique), en watt-heure par kilogramme, W.h/kg (ou en watt-heure par litre, W.h/L), correspond à la quantité d'énergie stockée par unité de masse (**ou** de volume) d'accumulateur. Elle va définir son autonomie.

La densité de puissance massique, en watt par kilogramme (W/kg), représente la puissance (énergie électrique fournie par unité de temps) que peut délivrer l'unité de masse d'accumulateur. Ce critère donne une idée de la conductivité intrinsèque de l'accumulateur, qui doit offrir le moins de résistance possible au courant.

La cyclabilité, exprimée en nombre de cycles, caractérise la durée de vie de l'accumulateur, c'est-à-dire le nombre de fois où il peut restituer un niveau d'énergie supérieur à 80 % de son énergie nominale, cette valeur étant celle la plus souvent demandée pour les applications mobiles.

Bref historique des technologies d'accumulateurs :

Jusqu'à la fin des années 1980, les deux principales technologies répandues sur le marché étaient les accumulateurs au plomb (pour le démarrage des véhicules, notamment) et les accumulateurs nickel-cadmium : NiCd. Dans la technologie au plomb, les réactions chimiques impliquent l'oxyde de plomb constituant l'électrode positive et le plomb de l'électrode négative, toutes deux plongées dans une solution d'acide sulfurique qui constitue l'électrolyte.

La technologie au plomb comprend plusieurs inconvénients : poids, fragilité, utilisation d'un liquide corrosif. Cela a conduit au développement d'accumulateurs alcalins, de plus grande capacité (quantité d'électricité restituée à la décharge) mais développant une force électromotrice moindre (différence de potentiel aux bornes du système en circuit

ouvert). Leurs électrodes sont soit à base de nickel et de cadmium (technologie NiCd), soit à base d'oxyde de nickel et de zinc, soit à base d'oxyde d'argent couplé à du zinc, du cadmium ou du fer. Toutes ces technologies utilisent une solution de potasse comme électrolyte. Elles se caractérisent par une grande fiabilité mais leurs densités d'énergie massique restent relativement faibles (30 W.h/kg pour le plomb, 50 W.h/kg pour le nickel-cadmium).

Au début des années 1990, avec la croissance du marché des équipements portables, deux nouvelles filières technologiques ont émergé : les accumulateurs nickel-métal hydrure (NiMH) et les accumulateurs au lithium (Li).

Les premiers, utilisant une électrode positive à base de nickel et une électrode négative constituée d'un alliage absorbant l'hydrogène, toutes deux plongées dans une solution de potasse concentrée, atteignent une densité d'énergie massique de \pm 80 W.h/kg, supérieure d'au moins 30 % à celle des accumulateurs NiCd.

La technologie NiMH, qui équipe aujourd'hui la plupart des véhicules hybrides en circulation - Honda et Toyota notamment -, offre plusieurs avantages par rapport aux technologies précédentes :

- elle ne contient ni cadmium ni plomb, deux matériaux très polluants ;
- elle permet de stocker plus d'énergie que le NiCd.

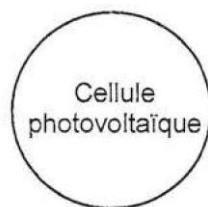
DOCUMENTS REPONSES

(A RENDRE AVEC LA COPIE)

DRI



DR2



DR3 - Batterie au plomb

