

SESSION 2015

---

**CAPLP  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

**SECTION : MATHÉMATIQUES – PHYSIQUE-CHIMIE**

**ÉPREUVE ÉCRITE SUR DOSSIER DE PHYSIQUE-CHIMIE**

Durée : 4 heures

---

*Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.**

Thème d'étude

## Un voilier entièrement autonome d'un point de vue énergétique

### Contexte pédagogique du sujet

Le voilier Acciona « ecopowered » conçu pour naviguer uniquement avec des énergies renouvelables a fait l'objet d'un projet mené par deux enseignants de Lycée Professionnel l'un professeur de Mathématiques et Sciences physiques et le second, enseignant de la discipline professionnelle.

Ce voilier, conçu pour naviguer sans utiliser d'énergies fossiles, a participé au dernier Vendée Globe (Tour du monde en solitaire et sans escale), ce en parfaite autonomie d'un point de vue énergétique.

Les enseignants à l'initiative de ce projet ont programmé des séquences pédagogiques permettant d'aborder de nombreux thèmes du programme de lycée professionnel en proposant à leurs élèves un enseignement contextualisé autour du voilier.

Ils ont profité du dispositif d'accompagnement personnalisé pour permettre aux élèves d'étudier les différents systèmes de conversion et de stockage d'énergie du voilier et de suivre, tout au long de la course, l'évolution de l'énergie (d'origine renouvelable) convertie par le voilier Acciona.

### Structure du sujet

Le sujet est structuré autour d'un « Dossier documentaire » et d'un « Travail à réaliser par le candidat », adaptés à l'enseignement de la physique-chimie en lycée professionnel. Il permet au candidat :

- de montrer sa maîtrise d'un corpus de savoirs disciplinaires et didactiques;
- de mobiliser ces savoirs dans le but de présenter, analyser et critiquer des solutions pédagogiques répondant à des situations données;
- de montrer ses capacités à s'approprier et analyser les informations fournies ;
- de montrer sa capacité à communiquer par écrit de manière précise et adaptée, tant dans l'utilisation de la langue française que dans l'utilisation du langage scientifique (utilisation d'un vocabulaire précis et adapté, maîtrise de l'écriture des résultats numériques).

### Le « Dossier documentaire »

Il est organisé autour de trois « collections » de documents :

**Collection 1** : Documentation technique liée au thème du sujet ;

**Collection 2** : Textes réglementaires et officiels ;

**Collection 3** : Documents supports à l'enseignement et productions d'élèves.

### Le « Travail à réaliser par le candidat »

Structuré en différentes parties et sous-parties indépendantes les unes des autres, il s'appuie sur un questionnement permettant au candidat de mobiliser des savoirs disciplinaires et didactiques.

Les références au « Dossier documentaire » peuvent être précisées ou non dans le questionnement. Le cas échéant, le candidat indique dans ses réponses les références des documents sur lesquels il s'appuie.

Le candidat rend un ensemble de copies et d'annexes qu'il convient de numéroter et dans lesquelles il précise intégralement la référence des questions auxquelles il répond.

# DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 1 – Documentation technique

## Document 1.a - matériel de production et de stockage de l'énergie électrique du voilier ACCIONA

### Production d'énergie

|                          | Nombre ou surface         | Puissance ou énergie fournie                  |
|--------------------------|---------------------------|---|
| Eolienne                 | 2                         | 400 W l'unité à 25 nœuds de vent              |
| Hydrogénérateur          | 2                         | 450 W l'unité à 12 nœuds                      |
| Panneaux photovoltaïques | environ 13 m <sup>2</sup> | 9 kWh par jour dans les meilleures conditions |

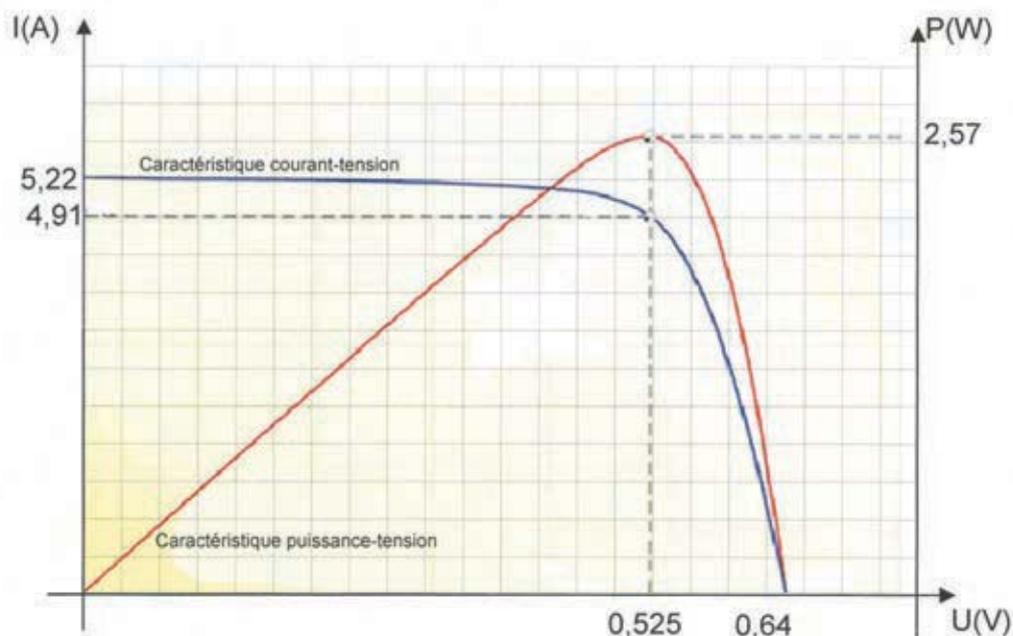
### Stockage de l'énergie

|                                   | Nombre | Tension nominale |
|-----------------------------------|--------|------------------|
| Batterie Li-Ion (Document 1.e)    | 6      | 24 V             |
| Batterie Plomb/Acide              | 3      | 12 V             |
| Pile à combustible (Document 1.h) | 1      | 48 V             |

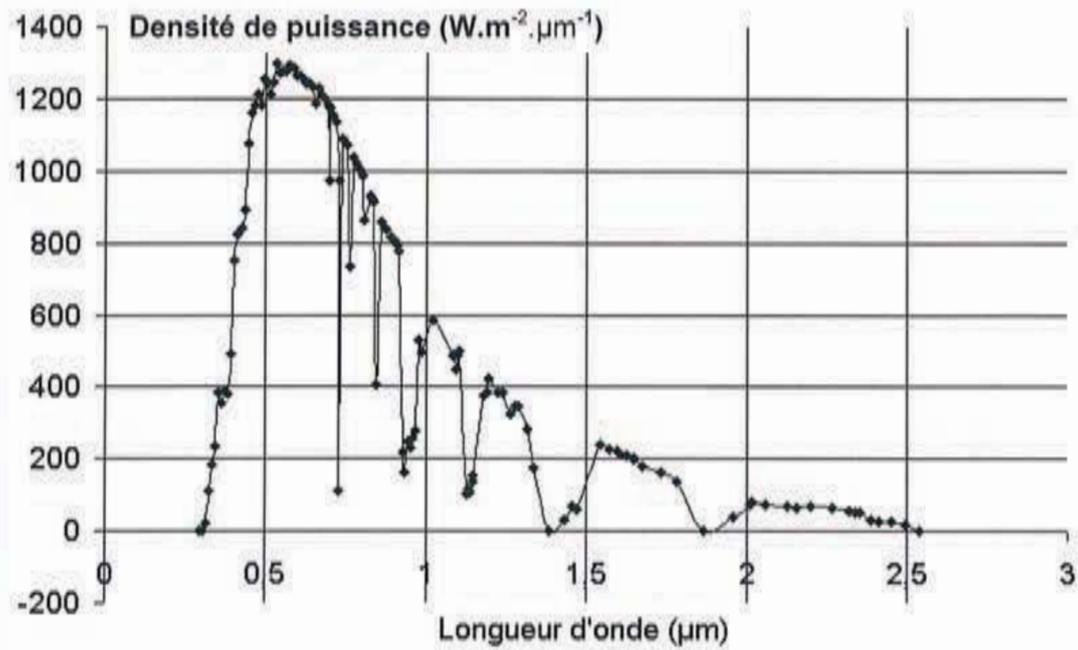
## Document 1.b - caractéristiques des panneaux photovoltaïques

|  |           |
|--|-----------|
| Dimension panneau (mm×mm)                | 1559×1064 |
| Dimension cellule (mm×mm)                | 130×130   |
| Nombre de cellules par panneau           | 96        |
| Tension panneau à la puissance crête (V) | 50,4      |

### Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque (conditions du test : irradiation 800 W.m<sup>-2</sup>, T = 20°C)



Document 1.c - Densité de puissance spectrale du spectre standard AM1.5

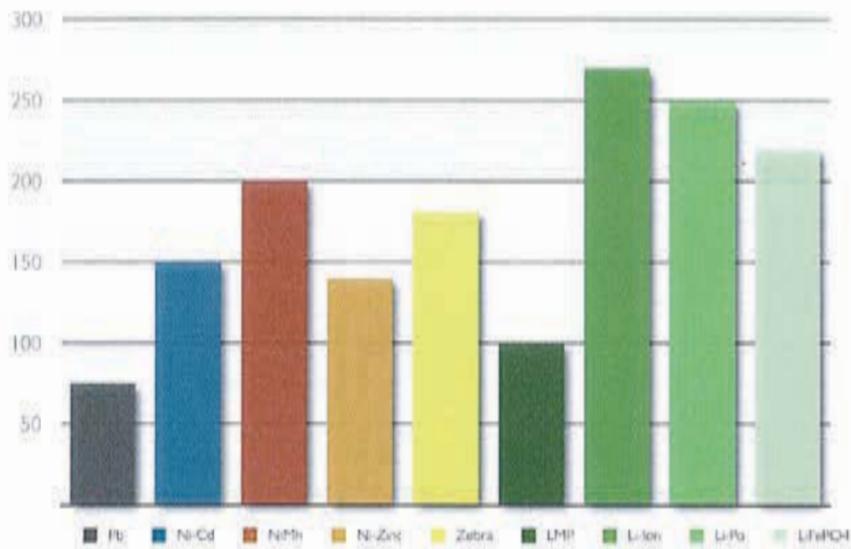


Source : <http://www.solems.com/Notions-de-radiometrie>

Document 1.d - Energie volumique des batteries

Wh / litre

Pb : plomb  
Li-ion : lithium-ion

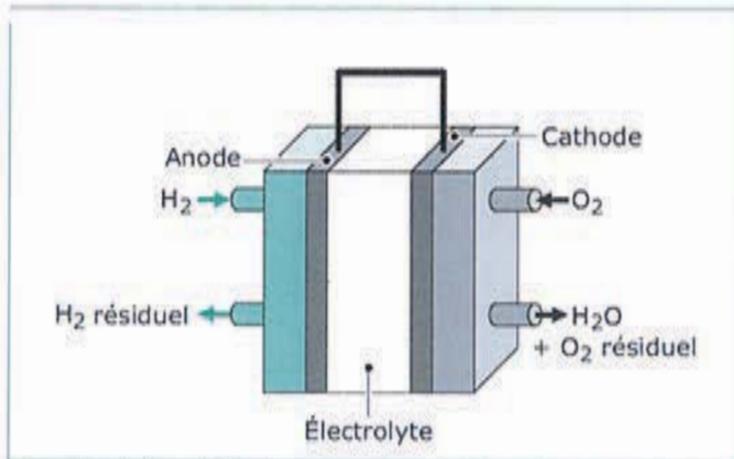


Source : <http://www.france-mobilite-electrique.org>

Document 1.e - Batteries Li-Ion Mastervolt® utilisées par le voilier Acciona

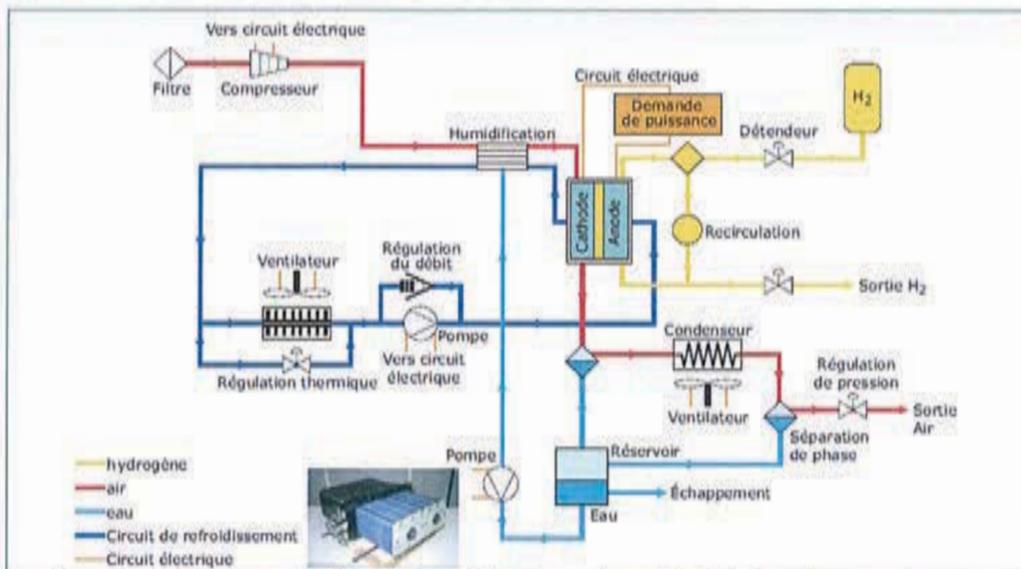
|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Tension nominale           | 24 V   |
| Capacité nominale          | 160 Ah |
| Intensité débitée maximale | 500 A  |

**Document 1.f - schéma de principe d'une pile à combustible PEMFC**



Source : Dossier Technique De l'Ingénieur (Pile à combustible Génepac)

**Document 1.g - schéma du système pile à combustible complet**



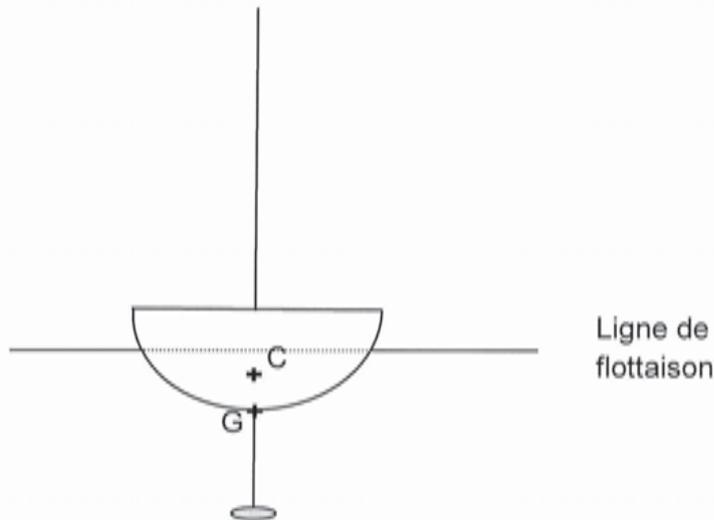
Source : Dossier Technique De l'Ingénieur (Pile à combustible Génepac)

**Document 1.h - Pile à combustible ReliOn® utilisée par le voilier Acciona**

|   |                        |
|---|------------------------|
| Puissance maximale  | 2500 W                 |
| Tension de sortie nominale                                      | 48 V                   |
| Intensité maximale débitée                                      | 52,5 A                 |
| Nombre de cellules élémentaires                                 | 70                     |
| Tension aux bornes de chaque cellule                            | 683 mV                 |
| Débit de H <sub>2</sub> à puissance maximale sous un bar à 20°C | 30 L.min <sup>-1</sup> |
| Température de fonctionnement                                   | -5 à 50 °C             |

Les cellules sont associées en série d'un point de vue électrique et en parallèle d'un point de vue hydraulique.

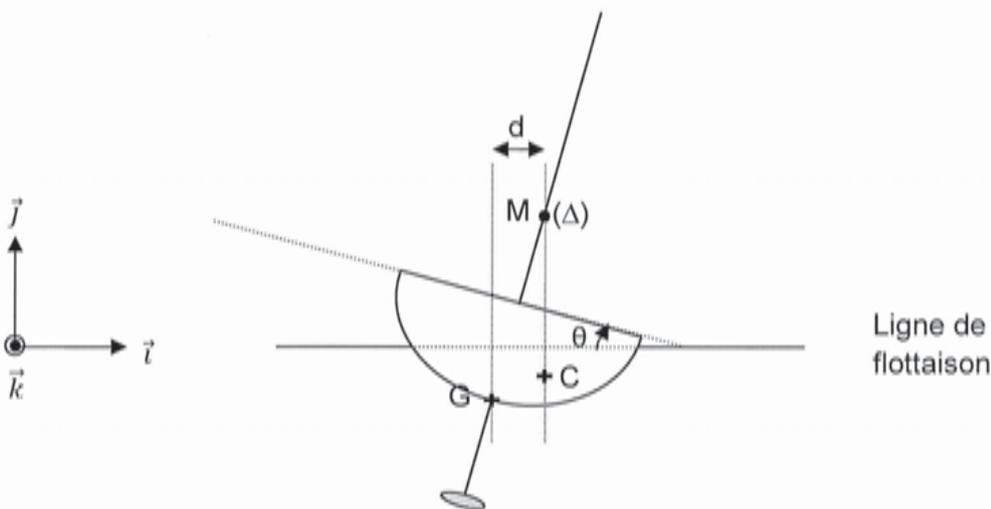
Document 1.i - voilier à l'équilibre (vue en coupe)



G : centre de gravité du bateau

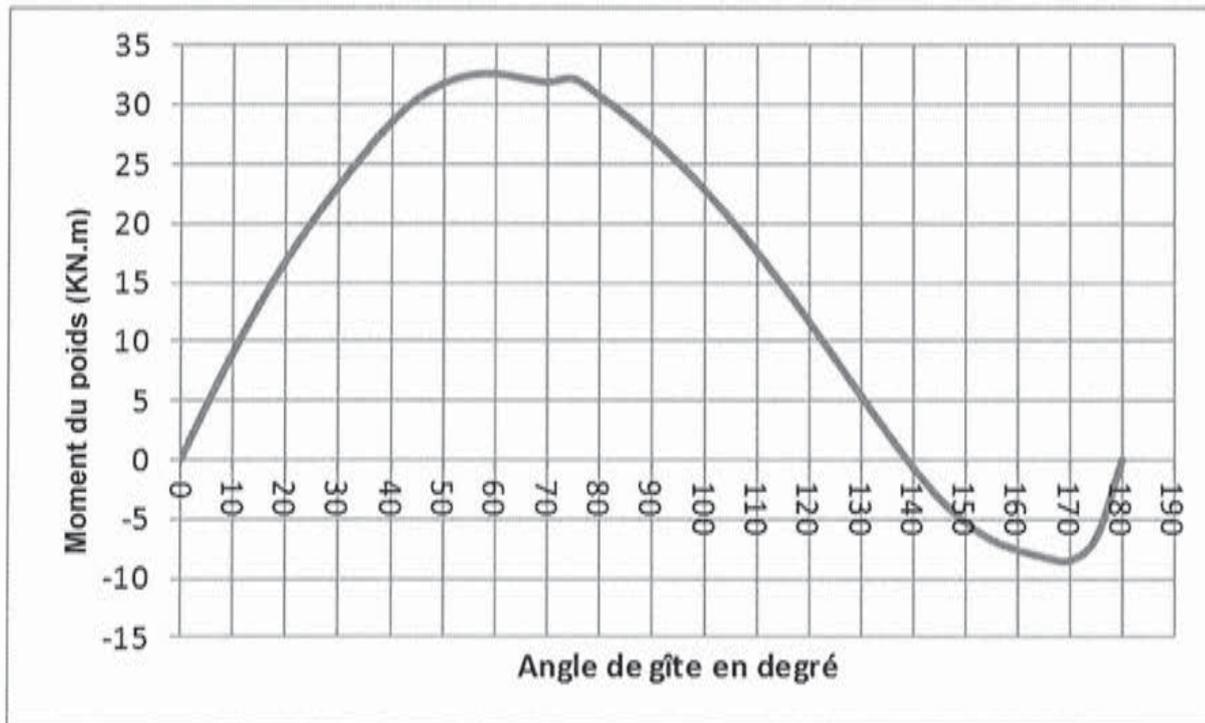
C : centre de gravité du volume immergé

Document 1.j - voilier hors équilibre (vue en coupe)



Le point M, appelé métacentre du bateau et situé à la fois sur son axe de symétrie et sur la verticale passant par C, est le centre de rotation instantané. L'axe ( $\Delta$ ) passe par le métacentre et est perpendiculaire au plan de coupe du bateau (même direction que le vecteur unitaire  $\vec{k}$ .) L'angle de gîte du bateau est noté  $\theta$ .

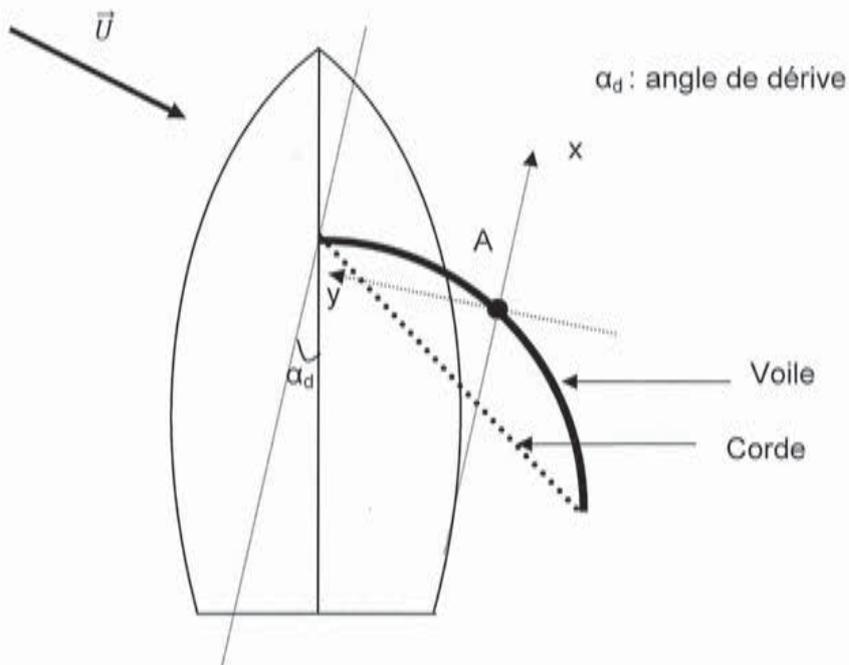
Document 1.k - courbe de stabilité du voilier J97 (classe A)



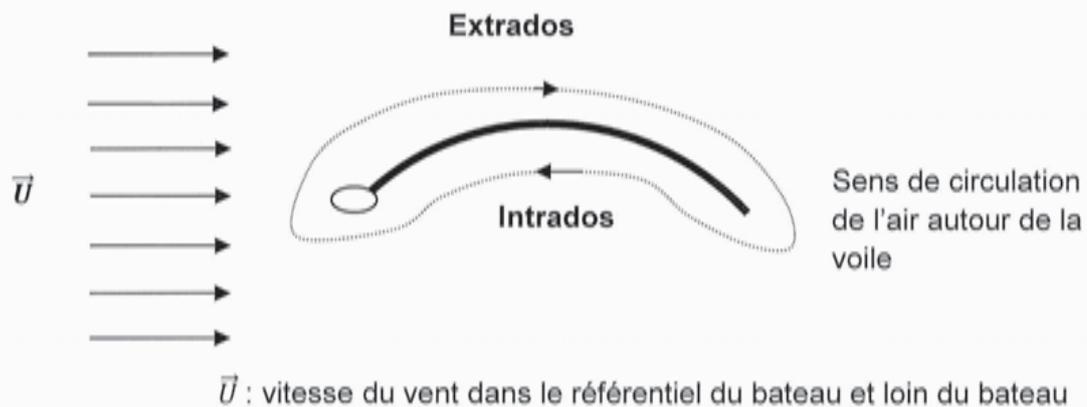
Source : <http://www.voilemagazine.com/2012/03/stabilite-vitesse-on-veut-des-chiffres/>

Document 1.l - Vent relatif et force de propulsion (vue de dessus)

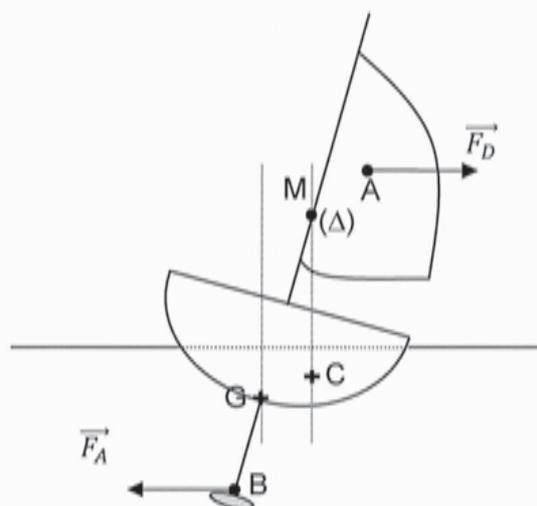
$\vec{U}$  : vitesse du vent dans le référentiel du bateau



Document 1.m - Circulation d'air autour de la voile



Document 1.n - couple de chavirage (vue en coupe)



Document 1.o – conductivités molaires ioniques de quelques ions

| Ion  | $Cl^-$               | $NO_3^-$            | $Ag^+$              |
|--|----------------------|---------------------|---------------------|
| Conductivité ionique molaire $\lambda$ ( S.m <sup>2</sup> .mol <sup>-1</sup> ) | $7,63 \cdot 10^{-3}$ | $7,1 \cdot 10^{-3}$ | $6,2 \cdot 10^{-3}$ |

# DOSSIER DOCUMENTAIRE

## Collection 2 – Textes réglementaires et officiels

### Document 2.a-Extraits du B.O. spécial n°2 du 19 février 2009

| T 4   | POURQUOI ÉTEINDRE SES PHARES QUAND LE MOTEUR EST ARRÊTÉ ?  | Cycle terminal<br>Tronc commun  |
|---|--|---|
| <b>1. Quelle est la différence entre une pile et un accumulateur ?</b>  |  |   |
| Capacités   | Connaissances  | Exemples d'activités  |
| Réaliser une pile et mesurer la tension aux bornes de cette pile.<br>Distinguer pile et accumulateur.               | Connaître le principe d'une pile.<br>Connaître le principe d'un accumulateur.  | Fabrication d'une pile Daniell.<br>Réalisation d'une pile au citron.<br>Recherche historique sur Volta.   |
| <b>2. Comment recharger un accumulateur ?</b>   |  |   |
| Capacités   | Connaissances  | Exemples d'activités  |
| Mettre en évidence expérimentalement le rôle d'une diode dans un circuit.<br>Réaliser le redressement d'un courant. | Savoir que :<br>-un accumulateur se recharge à l'aide d'un courant continu ;<br>-le générateur qui charge l'accumulateur délivre une tension supérieure à celle-ci ;<br>-un alternateur fournit un courant alternatif ;<br>-le redressement permet de passer d'un courant électrique alternatif à un courant électrique continu. | Étude d'oscillogrammes obtenus par un générateur à courant continu (pile, accumulateur) et à courant alternatif (alternateur de voiture).<br>Vérification expérimentale de l'inversion du sens de courant lors de la charge et de la décharge d'un accumulateur.<br>Réalisation expérimentale du redressement d'un courant par un pont de diodes.<br>Étude documentaire concernant les différents types d'accumulateurs.<br>Recherche documentaire sur les principes de production d'électricité dans un véhicule (cellule photovoltaïque, pile à combustible ...).<br>Détermination de la durée de charge d'un accumulateur à l'aide de ses caractéristiques et de celles du chargeur. |

| T 5  | COMMENT PEUT-ON SE DÉPLACER DANS UN FLUIDE ?  | Cycle terminal<br>Tronc commun  |
|--|---|---|
| <b>1. Pourquoi un bateau flotte-t-il ?</b>                                 |   |   |
| Capacités  | Connaissances   | Exemples d'activités  |
| Déterminer expérimentalement la valeur de la force de poussée d'Archimède. | Connaître les conditions de flottabilité d'un matériau.<br>Connaître les conditions d'équilibre d'un corps flottant.<br>Connaître la différence entre centre de gravité et centre de poussée.<br>Connaître le principe de la poussée d'Archimède. | Recherche documentaire sur la ligne de flottaison des bateaux.<br>Étude du principe des ballasts des sous-marins.<br>Détermination du volume d'un objet avec une balance. |
| <b>3. Comment un avion vole-t-il ?</b>                                     |   |   |
| Capacités  | Connaissances   | Exemples d'activités  |
| Mettre en évidence expérimentalement l'effet Venturi.                      | Connaître l'effet Venturi.  | Expériences diverses mettant en évidence l'effet Venturi.   |

## ANNEXE 1

**GRILLE NATIONALE D'ÉVALUATION  
EN MATHÉMATIQUES ET  
EN SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES**

NOM et Prénom :

Diplôme préparé :

Séquence d'évaluation n°

**1. Liste des capacités, connaissances et attitudes évaluées**

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Capacités</b>     |  |
| <b>Connaissances</b> |  |
| <b>Attitudes</b>     |  |

**2. Évaluation**

| Compétences                   | Capacités   | Questions | Appréciation du niveau d'acquisition |
|-------------------------------|---|-----------|--------------------------------------|
| <b>S'approprier</b>           | Rechercher, extraire et organiser l'information.  |           |                                      |
| <b>Analyser<br/>Raisonner</b> | Émettre une conjecture, une hypothèse.<br>Proposer une méthode de résolution, un protocole expérimental.                    |           |                                      |
| <b>Réaliser</b>               | Choisir une méthode de résolution, un protocole expérimental.<br>Exécuter une méthode de résolution, expérimenter, simuler. |           |                                      |
| <b>Valider</b>                | Contrôler la vraisemblance d'une conjecture, d'une hypothèse.<br>Critiquer un résultat, argumenter.                         |           |                                      |
| <b>Communiquer</b>            | Rendre compte d'une démarche, d'un résultat, à l'oral ou à l'écrit.   |           |                                      |
|                               |   |           | <b>/ 10</b>                          |

| HS 2  | LES LIQUIDES D'USAGE COURANT : QUE CONTIENNENT-ILS ET QUELS RISQUES PEUVENT-ILS PRÉSENTER ?   | 2 <sup>de</sup><br>professionnelle  |
|---|---|---|
| <b>1. Quelles précautions faut-il prendre quand on utilise des liquides d'usage courant ?</b>   |   |   |
| Capacités   | Connaissances   | Exemples d'activités  |
| <p>Lire et exploiter les informations données sur l'étiquette d'un produit chimique de laboratoire ou d'usage domestique (pictogrammes, composition ...).</p> <p>Identifier les règles et dispositifs de sécurité adéquats à mettre en œuvre.</p>   | <p>Savoir que les pictogrammes et la lecture de l'étiquette d'un produit chimique renseignent sur les risques encourus et sur les moyens de s'en prévenir, sous forme de phrases de risque et de phrases de sécurité.</p>   | <p>Lecture et interprétation d'étiquettes de produits chimiques ou d'usage courant</p> <p>Prévention des risques liés à l'association de produits chimiques.</p>  |
| <b>2. Comment établir la composition d'un liquide d'usage courant ?</b>   |   |   |
| Capacités   | Connaissances   | Exemples d'activités  |
| <p>Réaliser une manipulation ou une expérience après avoir recensé les risques encourus et les moyens à mettre en œuvre.</p> <p>Identifier expérimentalement des ions en solution aqueuse.</p> <p>Mettre en évidence la présence d'eau et de dioxyde de carbone en solution.</p>  | <p>Reconnaître et nommer le matériel et la verrerie de laboratoire employés lors des manipulations.</p> <p>Connaître la composition de l'atome et savoir qu'il est électriquement neutre.</p> <p>Savoir que la classification périodique des éléments renseigne sur la structure de l'atome.</p>  | <p>Identification expérimentale de quelques espèces chimiques présentes dans des liquides d'usage courant, dans une eau minérale, un vinaigre, un soda, un jus de fruit... :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identification par précipitation des ions contenus dans une eau minérale,</li> <li>- identification des glucides contenus dans une boisson (chromatographie sur couche mince...)</li> </ul>   |
| <p>Réaliser une dilution et préparer une solution de concentration donnée.</p> <p>Reconnaître expérimentalement le caractère acide ou basique ou neutre d'une solution.</p> <p>Réaliser un dosage acide – base.</p> <p>Réaliser une chromatographie sur couche mince.</p> <p>Partant de la constitution d'un liquide et en utilisant la classification périodique des éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-représenter un atome, un ion, une molécule par le modèle de Lewis ;</li> <li>-prévoir la composition d'une molécule ou d'un ion ;</li> <li>-écrire les formules brutes de quelques ions et les nommer.</li> </ul> <p>Ecrire l'équation d'une réaction chimique.</p> <p>Calculer une masse molaire moléculaire.</p> <p>Déterminer la concentration molaire ou massique d'une espèce chimique présente dans une solution en utilisant les relations <math>n = \frac{m}{M}</math>, <math>c = \frac{m}{V}</math>, <math>c = \frac{n}{V}</math></p> | <p>Connaître la règle de l'octet.</p> <p>Savoir qu'un ion est chargé positivement ou négativement.</p> <p>Savoir qu'une molécule est un assemblage d'atomes réunis par des liaisons covalentes et qu'elle est électriquement neutre.</p> <p>Savoir qu'une solution peut contenir des molécules, des ions.</p> <p>Connaître la formule brute de l'eau et du dioxyde de carbone.</p> <p>Savoir que l'acidité d'une solution aqueuse est caractérisée par la concentration en ions H<sup>+</sup>.</p> <p>Savoir qu'une solution acide a un pH inférieur à 7 et qu'une solution basique a un pH supérieur à 7.</p> <p>Savoir qu'au cours d'une réaction chimique les éléments, la quantité de matière et les charges se conservent.</p> | <p>Préparation de solutions aqueuses de concentration donnée à partir d'un solide ou par dilution.</p> <p>Réalisation de dosages :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-permettant de déterminer la dureté d'une eau ou sa concentration en ions hydrogencarbonates ou en ions chlorures ;</li> <li>-acido-basiques (par colorimétrie, par pH-métrie ou par conductimétrie).</li> </ul> <p>Purification ou traitement d'une solution impropre à la consommation.</p> <p>Extraction d'arômes, de colorants (hydro distillation, extraction par solvant, décantation ...).</p> |

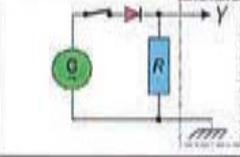
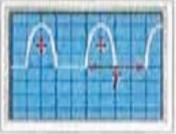
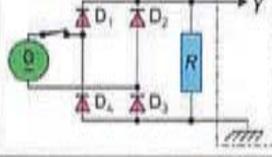
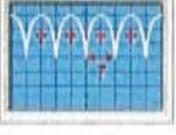
# DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 3

- Documents supports à l'enseignement  
et productions d'élèves

## Document 3.a-redressement d'une tension alternative sinusoïdale

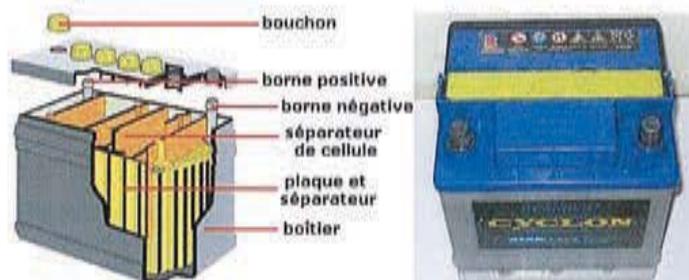
### 3. Redressement d'une tension alternative sinusoïdale

| Type de tension   | Montage   | Oscillogramme  |
|---|---|--|
| Tension redressée simple alternance à l'aide d'une diode de redressement          |  |  <p>Sur une période, la tension est positive puis nulle (unidirectionnelle).</p> |
| Tension redressée double alternance à l'aide d'un pont de diodes (pont de Graëtz) |  |  <p>Sur une période, la tension est toujours positive (unidirectionnelle).</p>   |

- Un système redresseur (diodé ou pont de diodes) est un convertisseur alternatif-continu. Il permet à partir d'un réseau alternatif d'alimenter un récepteur avec une tension unidirectionnelle.

Source : Hachette technique 1ere Bac pro

### Document 3.b-Accumulateur au plomb



Les accumulateurs au plomb sont les plus importants du marché (60% du marché de l'accumulateur en France) et les 2/3 servent pour les automobiles pour le démarrage.

Ces batteries servent à alimenter les composants électriques des véhicules à moteur à explosion, particulièrement le démarreur électrique. Elles sont rechargées par des dynamos ou des alternateurs associés à des redresseurs de courant. Elles peuvent également servir à stocker de l'électricité produite par intermittence par des modules photovoltaïques ou des éoliennes.

#### Description :

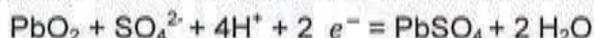
Les accumulateurs au plomb sont constitués d'une anode en plomb (sous forme d'une plaque) et d'une cathode en plomb (plaque) recouvert d'une fine couche homogène de  $PbO_2$ . Ces électrodes sont immergées dans une solution d'acide sulfurique concentré de formule  $H_2SO_4$ . ( $C = 6 \text{ mol/L}$ )

#### Lorsque l'accumulateur débite :

A l'anode la réaction chimique qui a lieu est donnée par la demi-équation électronique suivante :



A la cathode la réaction chimique qui a lieu est donnée par la demi-équation électronique suivante :

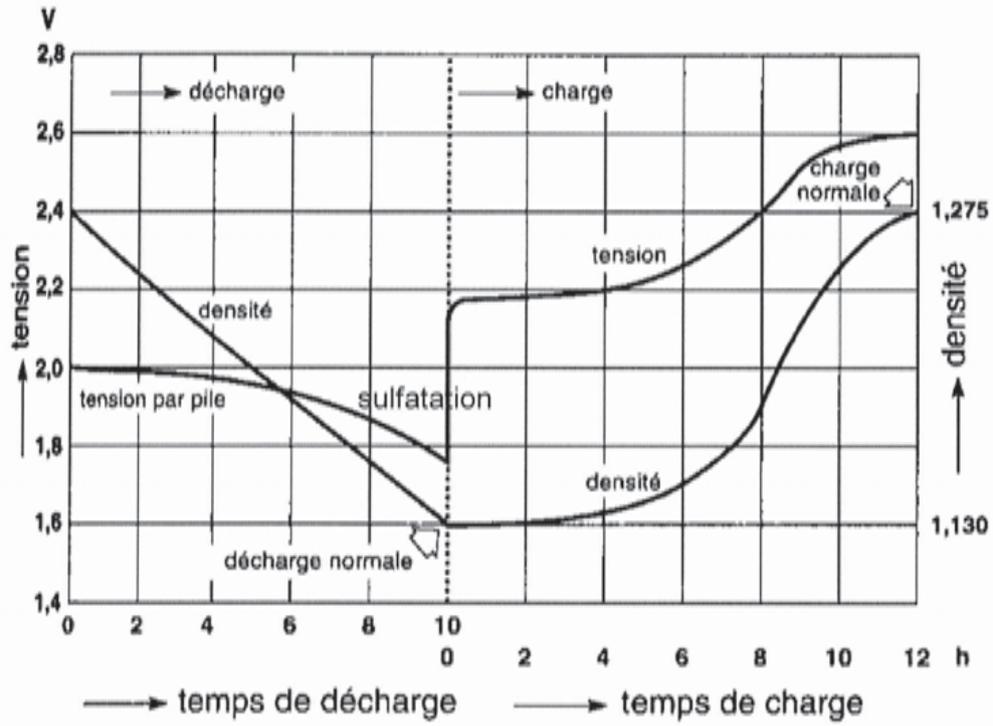


La force électromotrice d'un accumulateur au plomb est d'environ 2 V. Une batterie automobile fournit une tension de 12 V environ. Elle est constituée de 6 accumulateurs montés en série.

#### A la charge :

La réaction bilan est inversée. Il s'agit d'une électrolyse.

Une des caractéristiques importantes d'un accumulateur au plomb est le nombre de cycles de charge-décharge qu'ils peuvent subir. Il est de 1000 (à 80%) pour les meilleurs accumulateurs au plomb actuels. Cependant, pendant la charge, la différence de potentiel imposée ( $> 2,1 \text{ V}$ ) entraîne également l'électrolyse de l'eau comme réaction parasite. Un dégagement gazeux de dihydrogène est alors en particulier observé.



### Document 3.d-Exemple d'exercice-bilan : Pile à combustible du voilier Acciona

Le skipper du voilier Acciona a la possibilité d'utiliser une pile à combustible qui constitue une source d'énergie de secours.

Le principe de la pile à combustible est le suivant : une réaction électrochimique contrôlée, entre du dihydrogène et le dioxygène de l'air, génère simultanément de l'électricité, de l'eau et de la chaleur.

La pile à combustible du voilier est constituée de 70 cellules élémentaires associées en série d'un point de vue électrique.

Lorsque la puissance débitée par la pile est maximale, on peut considérer que le courant circulant dans les cellules élémentaires est constant, d'intensité  $I = 52,5 \text{ A}$ .

La réaction s'opère au sein de chaque cellule élémentaire composée de deux électrodes séparées par une membrane polymère échangeuse de protons  $\text{H}^+$  qui joue le rôle d'électrolyte.

Le dihydrogène est stocké à bord sous forme de gaz comprimé à la pression de 300 bars. La masse du dihydrogène disponible est de 1,0 kg. L'équation de la réaction chimique mise en jeu dans le fonctionnement de la pile est :  $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Données :

| GRANDEURS   | VALEURS NUMERIQUES  |
|---|---|
| masses molaires atomiques                             | $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ;                      |
| constante d'Avogadro                                  | $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;   |
| constante des gaz parfaits                            | $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ ;  |
| pression normale                                      | $P_0 = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;   |
| température normale                                   | $T_0 = 273 \text{ K}$   |
| loi des gaz parfaits                                  | $P_0.V_0 = n.R.T_0$ , où $n$ représente la quantité de matière de gaz et $V_0$ son volume ;             |
| charge électrique élémentaire                         | $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;   |
| couples d'oxydo-réduction mis en jeu dans la réaction | $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$ et $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ |

- 1) En utilisant la masse de dihydrogène disponible dans le réservoir, calculer la quantité de matière de dihydrogène  $n_R(\text{H}_2)$  correspondante.
- 2) En considérant que le dihydrogène est un gaz parfait, déterminer le volume de dihydrogène  $V_0$ , pris à la température de  $20^\circ\text{C}$  et à la pression de 1,0 bar, qu'il a fallu comprimer pour remplir le réservoir.
- 3) Lorsque la puissance débitée est maximale, le débit de dihydrogène à la pression de 1 bar et à la température de  $20^\circ\text{C}$  est égal à  $30 \text{ L.min}^{-1}$ .  
En déduire la durée  $\Delta t$  de fonctionnement de la pile pour une utilisation à pleine puissance.
- 4) Déterminer l'énergie disponible avec une telle pile sachant que la puissance maximale débitée est égale à 2500 W.
- 5) En déduire le nombre de jours d'autonomie du voilier sachant que les besoins hebdomadaires en énergie sont de 7200 Wh.

### Document 3.e- Détermination expérimentale de la poussée d'Archimède

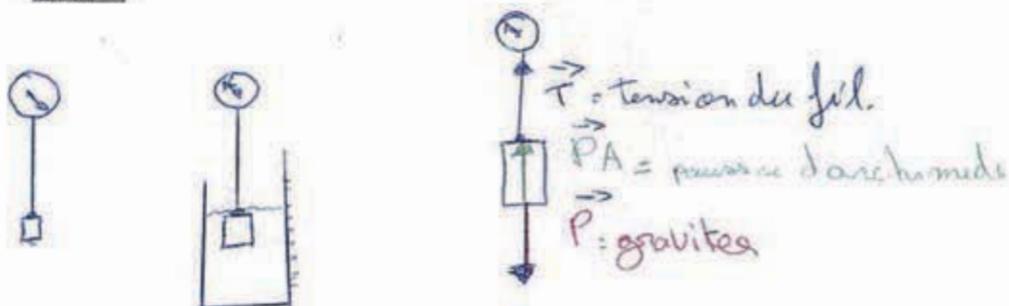
On souhaite réaliser en classe une expérience simple permettant de mesurer la poussée d'Archimède s'exerçant sur une masse de 300g immergée dans un fluide.

Décrire une expérience permettant de déterminer une mesure de cette poussée d'Archimède.

Liste du matériel :

- Bêcher graduée
- eau
- masse de 300g
- dynamomètre.

Schéma :



### Document 3.f -Evaluation en CCF

L'eau douce est vitale à bord pour traverser les océans, alors on a envie d'en savoir un peu plus sur les habitudes de vie des navigateurs et plus précisément sur l'utilisation de l'eau. Quelle eau consomment les skippers tout au long du Vendée Globe et d'où vient cette eau ?

En prévision des rudes mois de traversée sans escale, il est prévu dans les provisions un stock d'eau potable de secours (eau de très bonne qualité et filtrée). La quantité d'eau douce embarquée est limitée, car il n'est pas envisageable d'avoir une réserve d'eau pour toute la durée de la course. Trop lourd ! Le skipper dispose donc d'eau douce en faible quantité et doit s'approvisionner lui-même grâce à un dessalinisateur d'eau de mer. La matière première ne manque pas !

Le principe de fonctionnement du dessalinisateur est simple. Il s'agit d'un osmoseur utilisant le principe d'osmose inverse : l'eau de mer est poussée au travers d'une membrane qui est perméable aux molécules d'eau et retient le sel et tous les éléments indésirables. Le filtrage de l'eau permet d'assurer ainsi la production d'eau douce pour la boisson, la cuisine (réhydratation des aliments, cuisson...), l'entretien (vaisselle, lessive...) et l'hygiène (rinçage, douche...). Par ailleurs, cela n'exclut pas l'utilisation de l'eau de pluie.

#### Problématique :

L'équipe du voilier ACCIONA souhaite savoir si l'osmoseur n'a pas trop souffert de son séjour dans l'eau de mer suite au chavirage du bateau pendant la course Vendée globe. L'osmoseur du voilier Accionna est-il encore capable de dessaler l'eau de mer ?

L'eau est considérée potable si la salinité est inférieure à  $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ .

La salinité de l'eau de mer correspond à la teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates).

La salinité peut se déduire de la mesure de la concentration massique des ions chlorure.

Elle est alors définie par la relation :  $S (\text{g.L}^{-1}) = 1,8 \times C_m$ ,  $C_m$  étant la concentration massique en ions chlorure de l'eau.

## Partie 1

On souhaite dans un premier temps mettre en évidence la présence ou l'absence d'ions chlorure et sulfate dans l'eau filtrée par l'osmoseur.

- 1) Lister les moyens dont dispose un skipper pour obtenir de l'eau douce.
- 2) Indiquer le rôle de l'osmoseur sur le bateau ?
- 3) Relever dans l'énoncé la salinité que ne doit pas excéder une eau déclarée potable.
- 4) Préciser les mesures à réaliser pour vérifier la salinité de l'eau ?

## Partie 2

- 1) On dispose de deux échantillons d'eau : échantillon A : eau de mer avant passage dans l'osmoseur ; échantillon B : eau de mer après son passage dans l'osmoseur.

Parmi les tests d'identification des ions suivants, choisir celui qui convient pour mettre en évidence la présence ou l'absence d'ions chlorure et sulfate dans une solution:

| NATURE DE L'ION                | SOLUTION TEST      | RESULTAT                                 |
|--------------------------------|--------------------|--|
| ion cuivre II $\text{Cu}^{2+}$ | soude              | précipité bleu                           |
| ion fer II $\text{Fe}^{2+}$    | soude              | précipité vert sapin                     |
| ion fer III $\text{Fe}^{3+}$   | soude              | précipité orangé                         |
| ion chlorure $\text{Cl}^-$     | nitrate d'argent   | précipité blanc qui noircit à la lumière |
| ion aluminium $\text{Al}^{3+}$ | soude              | précipité blanc                          |
| ion sulfate $\text{SO}_4^{2-}$ | chlorure de baryum | précipité blanc                          |

2) Proposer une expérience simple permettant de mettre en évidence la présence d'ions chlorure et sulfate dans l'eau filtrée par l'osmoseur.

| LISTE DU MATERIEL   | SCHEMA OU PROTOCOLE | OBSERVATIONS |
|---|---------------------|--------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• tubes à essai</li> <li>• porte-tubes</li> <li>• pipettes compte-goutte</li> <li>• flacons contenant les solutions tests</li> <li>• bécher</li> </ul> |                     |              |

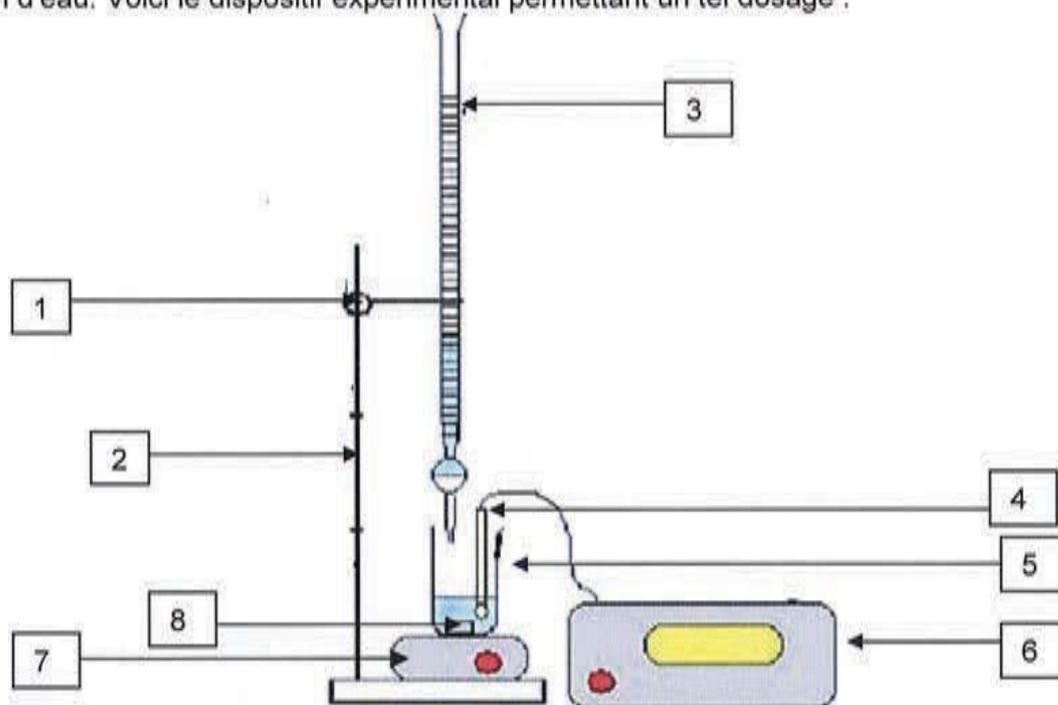
Appel professeur : Expliquer le choix de cette expérience au professeur puis la réaliser devant lui.

- 3) Préciser les précautions prises pour manipuler les solutions servant à tester la présence des ions chlorure et sulfate.
- 4) Calculer la concentration massique des ions chlorures notée  $C_m(\text{Cl}^-)$  dans le cas d'une eau de salinité  $S = 0,5 \text{ g.L}^{-1}$  (eau considérée potable de justesse)
- 5) Vérifier par le calcul que l'on a alors une concentration molaire en ions chlorures notée  $C = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$  (arrondi au centième)

Aide :  $C_m(\text{Cl}^-) = C \times M(\text{Cl}^-)$  et  $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

### Partie 3

Pour déterminer la quantité d'ions chlorures présents dans la solution filtrée, il faut effectuer un dosage des ions chlorures dans cette solution. La solution titrante est le nitrate d'argent, la solution titrée est l'échantillon d'eau. Voici le dispositif expérimental permettant un tel dosage :



1 : noix avec pince  
2 : potence

3 : .....  
4 : sonde de conductimétrie

5 : ..... 6 : conductimètre  
7 : ..... 8 : .....

- 1) Compléter sur le schéma du dispositif expérimental les légendes manquantes.
- 2) Pour doser les ions chlorure contenus dans un échantillon d'eau filtrée par l'osmoseur, il faut prélever une dose d'essai de volume  $V_0 = 20,0$  mL d'eau filtrée et la transvaser ensuite dans un bécher de 200 mL dans lequel le dosage sera réalisé.  
Parmi le matériel ci-dessous, choisir le dispositif adéquat pour prélever précisément cette quantité.

|                                      |                                       |                 |                              |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|
| pipette jaugée de 20 mL + propipette | pipette graduée de 10 mL + propipette | bécher de 50 mL | éprouvette graduée de 100 mL |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|

Préparer le matériel nécessaire à la prise des 20 mL d'eau dessalée par l'osmoseur et organiser le poste de travail pour pouvoir la réaliser.

Appel professeur : Réaliser devant l'examineur la prise d'essai de la solution à doser. Lui expliquer oralement la méthode pour déterminer le volume équivalent. La mettre ensuite en œuvre en suivant le protocole expérimental qu'il vous remettra alors.

#### Partie 4

L'équation bilan de ce dosage est :  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$

- 1) Lire sur la représentation graphique obtenue après dosage, la valeur du volume à l'équivalence notée  $V_{\text{eq}}$ .
- 2) A l'équivalence,  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+)$   
Calculer  $n(\text{Ag}^+)$  sachant que la solution de nitrate d'argent a pour concentration  $C = 0,025$  mol/L et que :  $n(\text{Ag}^+) = C \times V_{\text{eq}}$
- 3) En déduire la concentration molaire  $C_0$  en ions chlorure de l'eau de mer dessalée par l'osmoseur.  
Rappel :  $C_0 = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_0}$
- 4) Conclure sur le fait que cette eau soit potable ou non en justifiant la réponse. Finalement, l'osmoseur joue-t-il encore correctement son rôle ?