

Baccalauréat STL B

Épreuve de physique chimie

Session de juin 2013
Antilles Guyane
Philippe
10/07/2013
www.udppc.asso.fr

Corrigé

SESSION 2013

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE-CHIMIE

STL

Spécialité Biotechnologies

Ce sujet sera traité par les candidats se présentant pour la première fois aux épreuves terminales du baccalauréat.

Temps alloué : 3 heures

Coefficient : 4

La calculatrice (conforme à la circulaire N° 99-186 du 16-11-99) est autorisée.

**Ce sujet comporte 14 pages.
Les pages 13/14 et 14/14 sont à rendre avec la copie.**

RÉNOVATION D'UN BATEAU



Votre oncle a fait l'acquisition l'année dernière d'un bateau qu'il souhaite rénover. Il trouve de multiples informations sur internet mais ne parvient pas à trier, comprendre et utiliser toutes ces données.

Vous êtes élève en classe de terminale STL : vous avez acquis des compétences scientifiques solides. Vous allez donc lui venir en aide et apporter tout votre esprit critique et votre savoir-faire...

Vous aurez deux missions :

Partie A Installation d'un chauffe-eau solaire (11 points)

Partie B Amélioration de l'entretien du bateau (9 points)

Le sujet comporte deux parties A et B qui sont indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions et vous rendrez les documents réponses – pages 13 et 14 - avec votre copie.

Partie A : Installation d'un chauffe-eau solaire

Votre oncle navigue sur les côtes corses tout au long de l'année, y compris en fin d'hiver. Son embarcation ne dispose pas d'électricité utilisable, en dehors des appareils de navigation et d'éclairage. Il souhaiterait disposer d'eau chaude à une température voisine de 40 °C, idéale pour se doucher. Il envisage donc d'installer un chauffe-eau solaire.

Vos objectifs :

- Choisir le matériel constituant le chauffe-eau solaire.
- Dimensionner le ballon d'eau chaude en fonction des souhaits de votre oncle et des contraintes imposées par le bateau.
- Étalonner une thermistance intervenant dans le système de dépassement de température.

Vous vous appuyerez sur les documents de l'annexe A pages 5, 6 et 7.

A.1. Principe de la production d'eau chaude à l'aide d'un panneau solaire thermique.

A.1.1. À l'aide du document (A1), répondre aux questions suivantes

- a. Citer la fonction principale de l'absorbeur.

Il sert à transférer l'énergie solaire au fluide.

- b. Quel est le rôle du vitrage situé à l'extrémité du panneau ? À quel phénomène naturel cela fait-il penser ?

La vitre sert à piéger le rayonnement infra-rouge de l'absorbeur (c'est l'effet de serre).

- c. Pourquoi ajoute-t-on du glycol dans l'eau du fluide caloporteur ?

C'est un anti-gel : pour éviter que le fluide ne gèle en hiver.

A.1.2. En vous appuyant sur le document (A2), indiquer quel mode de transfert d'énergie intervient :

- entre le soleil et l'absorbeur

Rayonnement

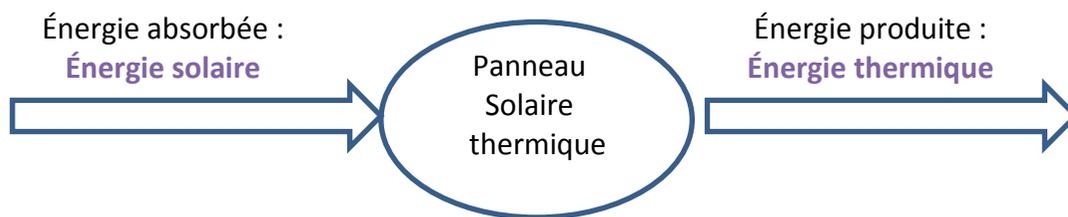
- entre le fluide caloporteur et l'eau chaude sanitaire

Conduction

- au sein du ballon d'eau chaude.

Convection

- A.1.4.** Compléter le document réponse DR1 page 13, à rendre avec la copie, présentant la chaîne énergétique du panneau solaire thermique, en précisant les types d'énergie mis en jeu.



A.2. Choix du matériel

- A.2.1.** Votre oncle souhaite disposer d'eau chaude à une température voisine de 40 °C. Il existe trois grandes familles de capteurs. D'après le document (A3), justifier quels sont les deux capteurs à privilégier.

On privilégie les 2 capteurs ayant le meilleur rendement à 40°C : le capteur sous vide et le capteur plan.

- A.2.2.** À l'aide du document (A4), dégager les inconvénients des deux types de chauffe-eau comparés.

Les inconvénients du thermosiphon :

- **Le ballon doit forcément être au dessus du capteur.**
- **Le rendement est plus faible.**

Les inconvénients de la circulation forcée :

- **Le coût de fonctionnement (nécessité d'une pompe)**
- **L'installation est plus complexe que l'installation d'un thermosiphon.**
- **Le durée de vie est plus faible.**

- A.2.3.** Sachant que cette embarcation ne dispose pas d'électricité pour cet usage, quel chauffe-eau solaire doit-il choisir ?

S'il n'y a pas d'électricité, on ne peut pas installer de pompe de circulation, donc un chauffe-eau à circulation forcée. On doit choisir le thermosiphon.

- A.2.4.** Au moment du montage du chauffe-eau choisi sur le bateau, quelle est la contrainte technique à prendre en compte ?

Il faudra placer le ballon en hauteur par rapport au capteur solaire.

A.3. Dimensionnement de la taille du chauffe-eau

Pour réaliser cette étape, vous trouvez sur internet un logiciel qui met à disposition les données sur l'ensoleillement de n'importe quel lieu d'Afrique ou d'Europe. Le document (A5) correspond à celles des côtes corses, où votre oncle a prévu de naviguer.

La nécessité d'eau chaude se fait surtout ressentir en hiver où les conditions de vie sur le bateau sont les plus difficiles. Vous choisissez donc de dimensionner le chauffe-eau à partir des informations sur le mois de février.

- A.3.1.** Selon le document (A5), quelle inclinaison du panneau par rapport aux rayons du soleil

offre une exposition aux rayonnements optimale pour le mois de février ?

D'après le document A5, il faut une inclinaison de 55° en février.

- A.3.2.** En vous appuyant sur les unités indiquées sous le tableau, préciser à quoi correspond la valeur « 3440 » associée à la grandeur H_{opt} ?

L'unité est le Wh/m²/day c'est-à-dire une énergie par unité de surface et par jour.

- A.3.3.** Au mois de février, dans les conditions optimales H_{opt} définies précédemment, un panneau solaire d'un mètre carré est capable de fournir une énergie $Q = 1,03 \times 10^3$ Wh par jour. En utilisant le document (A5), calculer le rendement d'un tel panneau.

$$\eta = \frac{\text{énergie fournie}}{\text{énergie reçue}} = \frac{1030}{3440} = 0,30 = 30\%$$

On donne :

$$Q = m_1 \cdot C_{eau} \cdot \Delta\theta$$

Où Q : énergie thermique emmagasinée par l'eau contenue dans le ballon (en J)

C_{eau} : capacité thermique massique de l'eau (en J.kg⁻¹.°C⁻¹)

$\Delta\theta$: variation de température de l'eau suite à l'échange thermique (en °C)

$C_{eau} = 4,18 \times 10^3$ J. kg⁻¹.°C⁻¹ ; 1 Wh = 3,60 x 10³ J
masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3$ kg . m⁻³

- A.3.4.** Votre oncle souhaite élever la température de l'eau du ballon de $\Delta\theta = 30,0$ °C dans les conditions envisagées ci-dessus.

- a. Déterminer la valeur de l'énergie Q en joules.

D'après les donnée ci-dessus : Q (en J) = Q (en W.h) $\times 3,60 \times 10^3$

$$Q = 1030 \times 3,60 \times 10^3 = 3,70.10^6 \text{ J}$$

- b. Déterminer la valeur de la masse m_1 d'eau pouvant être chauffée par un panneau d'un mètre carré.

$$Q = m_1 \cdot C_{eau} \cdot \Delta\theta \quad \text{donc } m_1 = \frac{Q}{C_{eau} \times \Delta\theta} = \frac{3,70.10^6}{4180 \times 30} = 29,5 \text{ kg}$$

- c. Calculer le volume maximum du ballon d'eau chaude, sachant que seuls quatre panneaux d'un mètre carré peuvent être installés sur le pont. Exprimer le résultat en m³ puis en L.

Avec 4 panneaux, on peut donc chauffer $4 \times 29,5 = 118$ kg d'eau.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc } V = \frac{m}{\rho} = \frac{118}{1000} = 0,118 \text{ m}^3$$

A.4. Étalonnage de la thermistance

Le chauffe-eau a été dimensionné pour une utilisation en hiver. L'eau risque d'être trop chaude en été. Vous proposez donc d'installer un avertisseur de dépassement de température signalant toute hausse excessive de celle-ci. Pour cela, vous décidez d'utiliser une thermistance avec un amplificateur opérationnel fonctionnant en comparateur. Pour le mettre en place, vous devez déterminer la valeur nominale de la thermistance, c'est-à-dire sa résistance à 25 °C.

- A.4.1.** Une thermistance est un dipôle résistif dont la valeur varie avec la température. Quelles sont les grandeurs d'entrée et de sortie de ce capteur ? Est-ce un capteur passif ou actif ? Justifier votre réponse.

Grandeur d'entrée : température.

Grandeur de sortie : résistance.

Le capteur ne nécessite pas d'alimentation, c'est un capteur passif.

- A.4.2.** Proposer un protocole expérimental permettant d'étalonner la thermistance en fonction de la température. La liste du matériel disponible est présentée dans le document (A6).

À l'aide d'un récipient et de la plaque chauffante, on met de l'eau à chauffer.

On mesure la température de l'eau avec le thermomètre et la résistance de la thermistance avec l'ohmmètre.

On obtient ainsi plusieurs couple température – résistance.

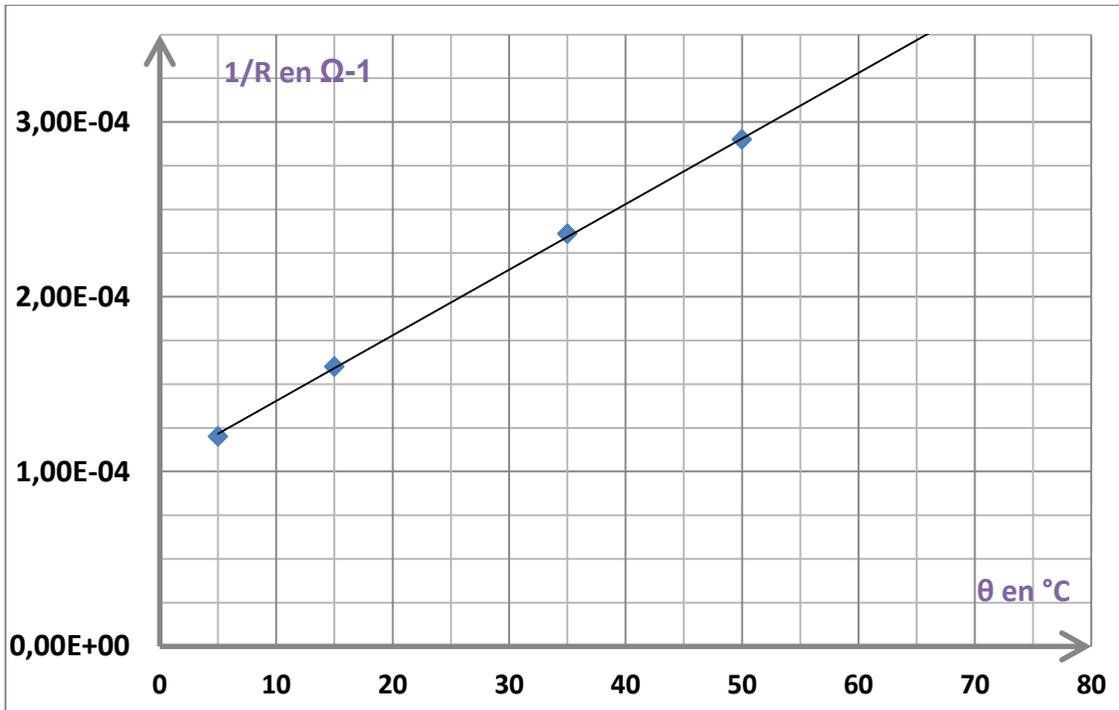
- A.4.3.** Les résultats expérimentaux obtenus sont regroupés dans le document (A6). On se propose de les exploiter.

- a. Compléter le tableau du document réponse DR2 page 13, à rendre avec la copie, en calculant l'inverse de la résistance $\frac{1}{R}$ en fonction de la température.

θ (°C)	5	15	35	50	70
R (Ω)	$8,34 \times 10^3$	$6,25 \times 10^3$	$4,24 \times 10^3$	$3,45 \times 10^3$	$2,74 \times 10^3$
$\frac{1}{R}$ (Ω^{-1})	$1,20 \cdot 10^{-4}$	$1,60 \cdot 10^{-4}$	$2,36 \cdot 10^{-4}$	$2,90 \cdot 10^{-4}$	$3,65 \cdot 10^{-4}$

- b. Tracer sur le papier millimétré du document réponse DR2, le graphe représentant l'inverse de la résistance $\frac{1}{R}$ en fonction de la température θ .

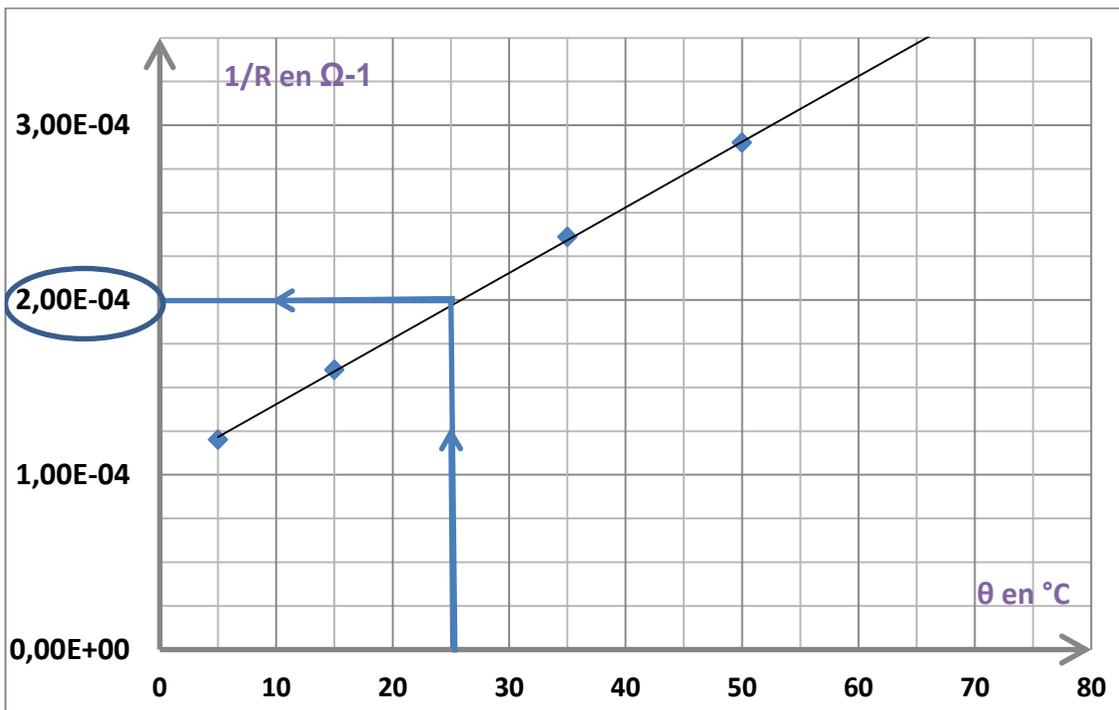
Utiliser l'échelle suivante : 2 cm \leftrightarrow 10 °C ; 4 cm \leftrightarrow $1 \times 10^{-4} \Omega^{-1}$.



c. Quelle est l'allure du graphe obtenu ?

Les points sont alignés sur une droite qui ne passe pas par l'origine.

d. Déterminer alors la valeur nominale de la thermistance (résistance à 25°C).



À 25°C , on trouve $\frac{1}{R} = 2,0 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}$ donc $R = 5,0 \text{ k}\Omega$.

Partie B : Perfectionnement de l'entretien du bateau

Votre oncle fait aussi appel à vous pour l'entretien de son bateau. D'une part, il ne sait comment choisir un produit d'entretien pour enlever des taches de résine. D'autre part, il constate que sa coque est abîmée car il n'a pas su prévenir l'apparition de rouille.

Vos objectifs :

- Le sensibiliser aux dangers des produits d'entretien.
- Dimensionner la protection de la coque.

Vous vous appuyerez sur les documents de l'annexe B, pages 11 et 12.

B.1. Quel détachant anti-résine choisir ?

Des taches de résine sont visibles sur le pont. Votre oncle souhaite les faire partir. Il hésite entre l'achat de deux produits qui lui semblent « assez naturels » : un détergent estampillé « biodégradable à 80 % » et de l'essence de térébenthine (huile essentielle obtenue à partir d'écorce de pin maritime).

B.1.1. Compléter le document réponse DR3 page 14 avec la signification des différents pictogrammes qui figurent sur les documents (B1) et (B2).

			
Corrosif	Inflammable	Sensibilisant, mutagène, cancérigène, reprotoxique	Dangereux pour l'environnement

B.1.2. Sachant que votre oncle est amené à utiliser ce produit en mer, lequel est-il préférable d'utiliser ? Quelles précautions faudra-t-il prendre lors de son utilisation ?

Il est préférable d'utiliser le détergent biodégradable car il est moins toxique et sans danger pour l'environnement.

Il faut utiliser des gants et des lunettes de protection car il est corrosif.

B.1.3. Le détergent biodégradable contient de l'hydroxyde de sodium : son pH est annoncé à 13,5. Quelle est la nature de ce produit ?

Le pH est supérieur à 7, il est donc basique.

B.1.4. Le détergent biodégradable peut aussi être utilisé comme dégraissant. En utilisant le document (B3), expliquer en quoi ce produit utilisé en association avec de l'eau permet d'éliminer les graisses.

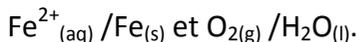
Le produit est basique, il contient donc des ions HO⁻ qui peuvent réagir avec les graisses.

pour former du glycérol et des ions qui sont soluble dans l'eau : il détruit les graisses, c'est donc un dégraissant.

B.2. Comment prévenir l'apparition de rouille ?

La coque du bateau de votre oncle est fabriquée en acier (constitué essentiellement de fer). Au contact de l'eau de mer, le fer peut être oxydé par le dioxygène dissous à l'interface air-eau salée.

Les deux couples oxydant/réducteur qui interviennent sont alors



Les questions B.2.1, B.2.2, B.2.3. et B.2.4. sont indépendantes les unes des autres.

B.2.1. Principe de la protection mise en place

- a. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction dans le sens où elles se produisent, en supposant que le milieu est acide. Pour chaque demi-équation, préciser si elle traduit une oxydation ou une réduction.



- b. Écrire l'équation de la réaction de corrosion, c'est-à-dire la réaction qui traduit l'attaque du fer par le dioxygène.



- c. Afin de protéger la coque du bateau, un métal plus réducteur que le fer, ici le zinc, est fixé en différents endroits de la coque. Le zinc subit une oxydation. Cette méthode porte le nom « d'anode sacrificielle ». Justifier ce terme.

Le zinc étant plus réducteur que le fer, c'est lui qui va être oxydé à la place du fer : il se « sacrifie » pour que le fer reste intact.

B.2.2. Validité d'une information trouvée sur un forum

Après une année en mer, votre oncle constate que la protection qu'il a installée est insuffisante. Vous devez donc l'aider à déterminer la masse de zinc à fixer pour préserver la coque durant une année entière. Le document (B4) est tiré d'un forum de discussion sur le thème de l'entretien d'un bateau.

Par prudence, vous cherchez à vérifier la justesse de ces propos.

Données : Masse molaire atomique du zinc $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 faraday vaut $96,5 \times 10^3$ coulombs.

Couple oxydant/réducteur du zinc : $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Zn}_{(\text{s})}$

- a. Écrire la demi-équation d'oxydation du zinc, puis démontrer que la quantité d'électricité Q que peut libérer une masse d'un kilogramme de zinc vaut $2,95 \times 10^6 \text{ C}$.



1 mole de zinc libère 2 moles d'électrons, donc $n_{e^-} = 2 n_{Zn}$.

$$Q = n_{e^-} \times F = 2 n_{Zn} \times F = 2 \times \frac{m_{Zn}}{M_{Zn}} \times F = 2 \times \frac{1000}{65,4} \times 96500 = 2,95 \cdot 10^6 \text{ C}$$

- b. Sachant que 1 Ah vaut 3600 C, montrer que l'information fournie par le document (B4) est fautive.

$$W = \frac{Q}{3600} = 820 \text{ Ah.kg}^{-1} \text{ au lieu de } 460 \text{ Ah.kg}^{-1}$$

L'information du document est donc fautive.

B.2.3. Vérification expérimentale

Vous souhaitez confirmer votre conclusion en réalisant une expérience. Pour cela, vous fabriquez une pile rudimentaire en trempant une plaque de zinc et une plaque de fer dans une solution d'acide sulfurique. Vous mesurez à l'aide d'un ampèremètre numérique l'intensité I du courant débité par la pile entre les deux plaques. Puis, avec une balance, vous déterminez la perte de masse m_2 de la plaque de zinc au bout d'une durée Δt . Vos résultats sont consignés dans le document (B5).

- a. À partir des unités des grandeurs mises en jeu, établir la relation entre la capacité W du zinc et les grandeurs I , m_2 et Δt .

W est en Ah.kg^{-1} , c'est donc une intensité multipliée par une durée divisée par une masse :

$$W = \frac{I \times \Delta t}{m_2}$$

La capacité W correspond dans notre expérience à la quantité d'électricité que peut fournir un kilogramme de zinc.

- b. Montrer que d'après vos résultats expérimentaux, la valeur de la capacité W est égale à 811 Ah.kg^{-1} .

$$\text{On a } \Delta t = 120 \text{ min} = 2,00 \text{ h}$$

$$I = 0,150 \text{ A}$$

$$m_2 = 0,370 \text{ g}$$

$$W = \frac{0,150 \times 2}{0,370 \cdot 10^{-3}} = 811 \text{ Ah.kg}^{-1}$$

Vous souhaitez estimer l'incertitude de votre mesurage.

- c. À l'aide des documents (B6) et (B8), déterminer l'incertitude Δm sur la valeur de m_2 .

$$\text{D'après les documents : } \Delta m = 1,16 \times 0,01 = 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ g}$$

- d. À l'aide des documents (B7) et (B8), montrer que l'incertitude ΔI sur la valeur de I

vaut 0,005 A.

D'après les documents : $p = 2\% \times VL + 1 \text{ UR} = 0,02 \times 0,150 + 0,001 = 0,004$

$\Delta I = 1,16 \times 0,004 = 0,005 \text{ A}$

- e. À l'aide de la formule suivante, estimez l'incertitude ΔW de votre mesurage.

$$\left(\frac{\Delta W}{W}\right)^2 = \left(\frac{0,005}{0,150}\right)^2 + \left(\frac{0,0116}{0,370}\right)^2 = 2,09 \cdot 10^{-3}$$

Donc $\Delta W^2 = 1380$, soit $\Delta W = 37 \text{ Ah.kg}^{-1}$

- f. Exprimer alors le résultat de votre mesurage sous la forme $W \pm \Delta W$. La vérification expérimentale et le calcul effectué à la question B.2.2.b. sont-ils concordants ?

$W = 811 \pm 37 \text{ Ah.kg}^{-1}$

On avait trouvé 820 Ah.kg^{-1} , cette valeur est bien comprise dans l'intervalle de confiance.

B.2.4. À la recherche de la masse de zinc à placer sur la coque

- a. La surface immergée S de la coque est de l'ordre de 20 m^2 . Déterminer à l'aide du document (B9) le courant nécessaire pour assurer la protection de la coque.

Il faut 20 mA/m^2 donc pour 20 m^2 , il faut $I = 20 \times 20 = 400 \text{ mA}$

- b. Rappeler la relation entre le courant d'intensité I débité par une pile pendant une durée Δt et la quantité d'électricité disponible Q .

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

- c. Déterminer la durée de protection (en jour) assurée par 1 kg de zinc. On prendra $W = 820 \text{ Ah.kg}^{-1}$.

Pour une masse de 1 kg de zinc, $Q = 820 \times 1 = 820 \text{ Ah}$.

$$\Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{820}{0,400} = 2050 \text{ h soit } 85 \text{ jours}$$

- d. En déduire la masse de zinc à fixer sur la coque pour assurer une protection durant une année.

1 kg de zinc protège la coque pendant 85 jours.

Pour 1 an, soit 365 jours, il faut $\frac{365}{85} = 4,3 \text{ kg}$ de zinc.