

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.
- b. Quel est le rôle du vitrage situé à l'extrémité du panneau ? À quel phénomène naturel cela fait-il penser ?
- c. Pourquoi ajoute-t-on du glycol dans l'eau du fluide caloporteur ?

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

- entre le soleil et l'absorbeur ;
- entre le fluide caloporteur et l'eau chaude sanitaire ;
- au sein du ballon d'eau chaude.

A.1.3 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.

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

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

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

### 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 ?

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

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.

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  $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ )  
 $\Delta\theta$  : variation de température de l'eau suite à l'échange thermique (en  $^\circ C$ )

$C_{eau} = 4,18 \times 10^3 J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$  ;  $1 Wh = 3,60 \times 10^3 J$   
 masse volumique de l'eau  $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3 kg \cdot m^{-3}$

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

- Déterminer la valeur de l'énergie  $Q$  en joules.
- Déterminer la valeur de la masse  $m_1$  d'eau pouvant être chauffée par un panneau d'un mètre carré.
- 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  $m^3$  puis en L.

## 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.

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).

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.

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  $\theta$ .

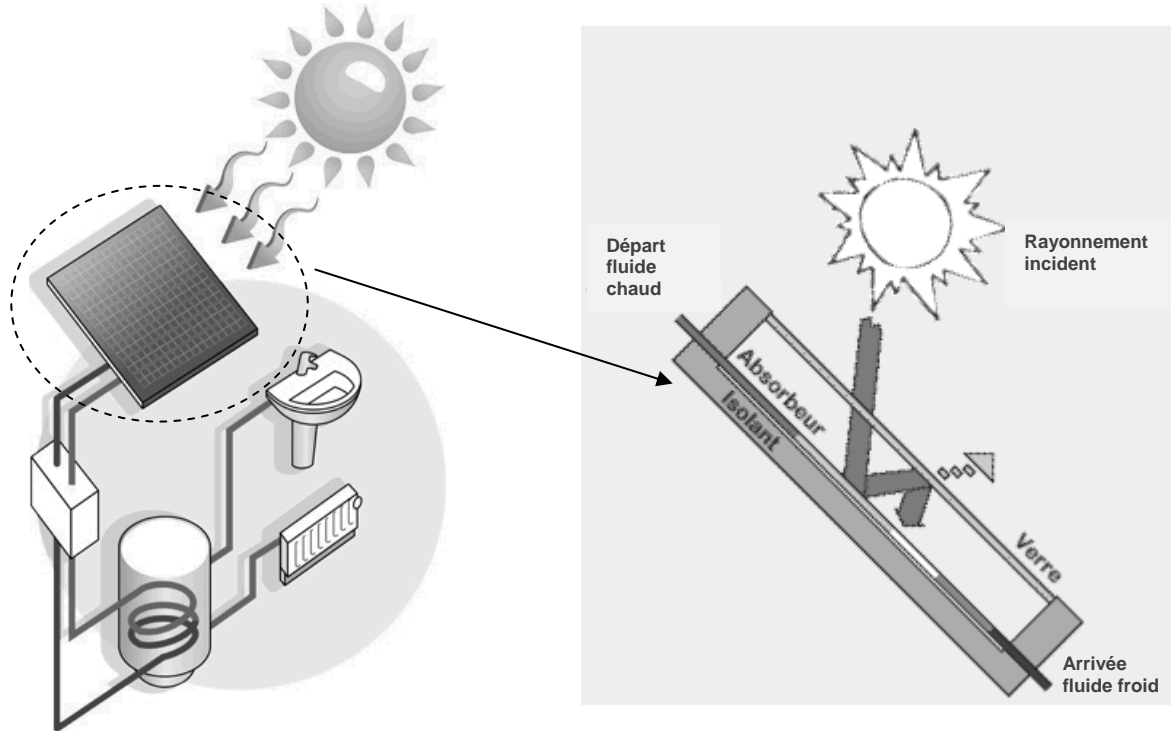
Utiliser l'échelle suivante : 2 cm  $\leftrightarrow$  10 °C ; 4 cm  $\leftrightarrow$  1 x 10<sup>-4</sup> Ω<sup>-1</sup>.

c. Quelle est l'allure du graphe obtenu ?

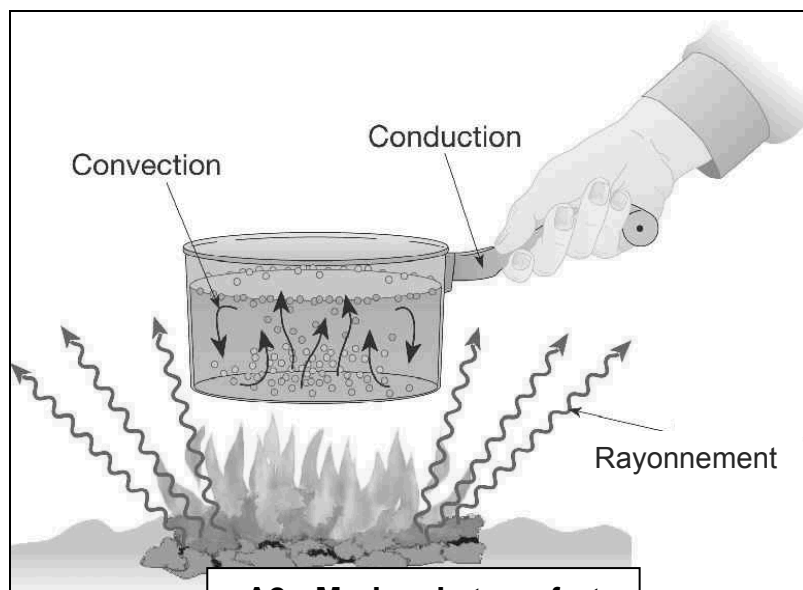
d. Déterminer alors la valeur nominale de la thermistance (résistance à 25 °C).

## ANNEXE A - Installation d'un chauffe-eau solaire

Le rayonnement solaire traverse la vitre. Dans le caisson du panneau solaire, une surface absorbante capte l'infrarouge du rayonnement. Elle est traitée pour en réémettre le moins possible. Le rayonnement infrarouge est piégé par la vitre. Entre la plaque absorbante et l'isolation arrière du panneau, un circuit d'eau collecte la chaleur. Cette chaleur est ensuite acheminée du capteur au chauffe-eau par un circuit d'eau glycolée (pour éviter le gel en cas de grand froid sans soleil).

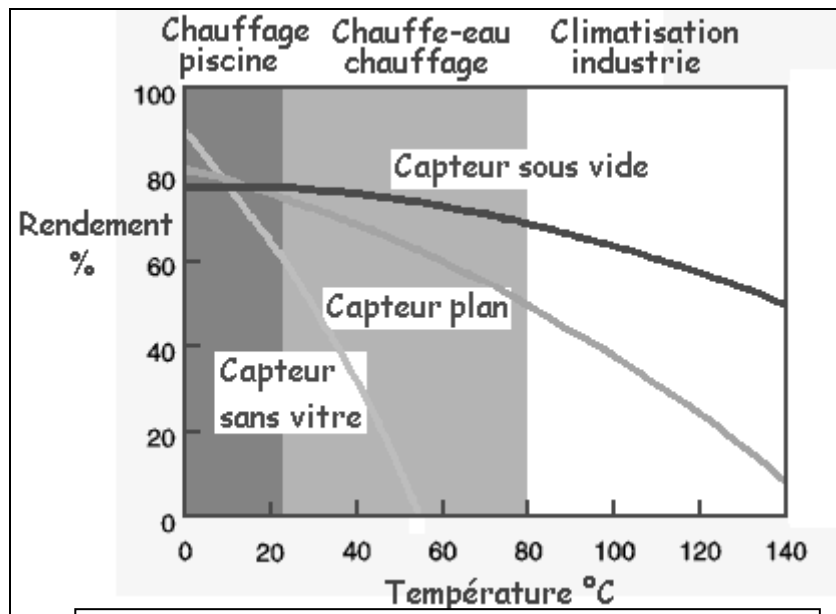


**A1 - Principe d'un chauffe-eau solaire**



**A2 - Modes de transfert**

## ANNEXE A - Installation d'un chauffe-eau solaire



A3 – Rendement de trois capteurs thermiques

Voilà un comparatif des deux systèmes de chauffe-eau solaires :

### Prix du chauffe-eau solaire : AVANTAGE THERMOSIPHON

Le chauffe-eau solaire en thermosiphon fonctionnant tout seul sans pompe ni régulateur, il est le moins cher des deux systèmes.

### Installation du chauffe-eau solaire : AVANTAGE THERMOSIPHON

L'installation d'un chauffe-eau solaire en thermosiphon est plus simple qu'un chauffe-eau solaire en circulation forcée (pas de régulateurs, ni de pompe, ni de vase d'expansion à poser) et nécessite donc moins de main d'œuvre et aucune source d'électricité.

### Durée de vie du chauffe-eau solaire : AVANTAGE THERMOSIPHON

Le régulateur et la pompe d'un système à circulation forcée sont les premières causes de panne. Sans ces éléments "fragiles", le chauffe-eau solaire à thermosiphon simplifie grandement la maintenance et améliore nettement la durée de vie du système solaire.

### Flexibilité d'installation : AVANTAGE CIRCULATION FORCÉE

C'est le gros point fort du chauffe-eau solaire en circulation forcée par rapport au chauffe-eau solaire en thermosiphon, le ballon solaire pouvant se positionner (presque) partout, particulièrement en-dessous des capteurs (contrairement au chauffe-eau solaire en thermosiphon pour lequel le ballon doit être placé en hauteur par rapport au capteur).

### Rendement : AVANTAGE CIRCULATION FORCÉE

Léger avantage du chauffe-eau solaire en circulation forcée, surtout dans les zones à faible ensoleillement.

### Esthétique : ÉGALITE

Considérant que le ballon du thermosiphon sera installé dans les combles et sachant que les fixations des capteurs sont les mêmes, il n'y a pas d'avantage en terme d'esthétique entre ces deux systèmes.

A4 - Comparaison de deux chauffe-eaux solaires

## ANNEXE A - Installation d'un chauffe-eau solaire

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(90)$	$I_{opt}$	$T_{24h}$
Jan	1710	2840	2850	63	9.6
Feb	2400	3440	3050	55	9.7
Mar	3690	4610	3440	43	11.3
Apr	4960	5400	3180	28	13.4
May	6000	5870	2770	15	17.5
Jun	6900	6430	2610	8	21.3
Jul	6910	6610	2800	12	23.8
Aug	6040	6380	3370	24	24.2
Sep	4660	5670	3910	39	20.9
Oct	3120	4390	3730	52	18.0
Nov	2000	3250	3190	61	13.7
Dec	1540	2690	2800	65	10.8
<b>Year</b>	<b>4170</b>	<b>4800</b>	<b>3140</b>	<b>35</b>	<b>16.2</b>

$H_h$ : Irradiation on horizontal plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)  
 $H_{opt}$ : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)  
 $H(90)$ : Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m<sup>2</sup>/day)  
 $I_{opt}$ : Optimal inclination (deg)  
 $T_{24h}$ : 24 hour average of temperature (°C)

### A5 – Extrait de données sur l'ensoleillement des côtes corses

#### Liste du matériel disponible :

Récipient susceptible de contenir de l'eau et pouvant être chauffé (casserole...)  
 Eau froide  
 Thermomètre  
 Thermistance  
 Ohmmètre  
 Plaque chauffante  
 Fils électriques

#### Résultats obtenus :

$\theta$ (°C)	5	15	35	50	70
R ( $\Omega$ )	$8,34 \times 10^3$	$6,25 \times 10^3$	$4,24 \times 10^3$	$3,45 \times 10^3$	$2,74 \times 10^3$

### A6 – Étalonnage de la thermistance



## 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).

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 ?

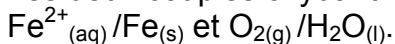
B.1.3 Le détergent biodégradable contient de l'hydroxyde de sodium : son pH est annoncé à 13,5. Quelle est la nature de ce produit ?

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.

### 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.

### 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  $2,95 \times 10^6 \text{ C}$ .

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

### 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  $\Delta t$ . 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  $\Delta t$ .

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  $811 \text{ Ah}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Vous souhaitez estimer l'incertitude de votre mesurage.

c. À l'aide des documents (B6) et (B8), déterminer l'incertitude  $\Delta m$  sur la valeur de  $m_2$ .

d. À l'aide des documents (B7) et (B8), montrer que l'incertitude  $\Delta I$  sur la valeur de  $I$  vaut  $0,005 \text{ A}$ .

e. À l'aide de la formule suivante, estimez l'incertitude  $\Delta W$  de votre mesurage.

$$\left(\frac{\Delta W}{W}\right)^2 = \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m_2}\right)^2$$

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 ?

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

- La surface immergée  $S$  de la coque est de l'ordre de  $20 \text{ m}^2$ . Déterminer à l'aide du document (B9) le courant nécessaire pour assurer la protection de la coque.
- Rappeler la relation entre le courant d'intensité  $I$  débité par une pile pendant une durée  $\Delta t$  et la quantité d'électricité disponible  $Q$ .
- Déterminer la durée de protection (en jour) assurée par 1 kg de zinc. On prendra  $W = 820 \text{ Ah.kg}^{-1}$ .
- En déduire la masse de zinc à fixer sur la coque pour assurer une protection durant une année.

## Annexe B : Perfectionnement de l'entretien du bateau

15.4 Symboles de danger



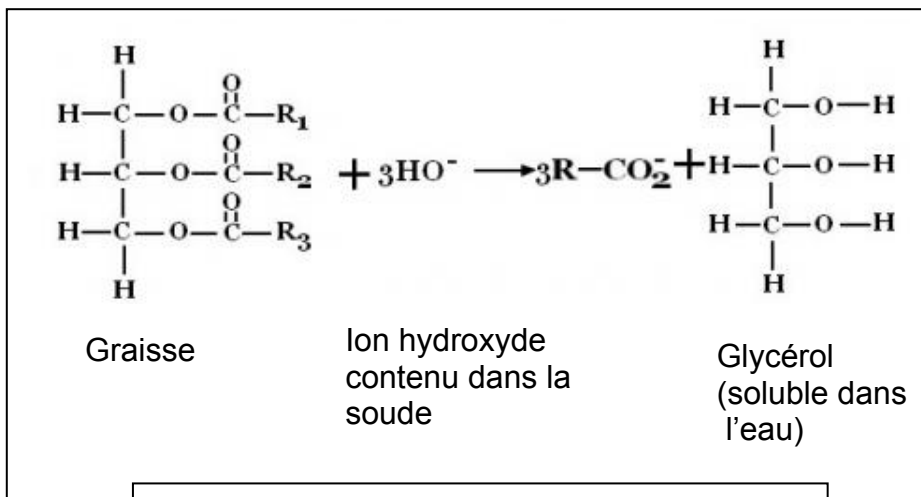
15.5 Indications de danger

C: Corrosif. Contient 2-Aminoéthanol, Hydroxyde de sodium.

## B1 - Extrait de la fiche de sécurité livrée avec le détergent biodégradable

Essence de térébenthine	
Identification	
N° CAS	8006-64-2
N° EINECS	232-350-7
Précautions	
Danger	
H226, H302, H304, H312, H315, H317, H319, H332, H411,	

## B2 - Fiche toxicologique de l'essence de térébenthine



## B3 - Principe d'action du dégraissant

« ...Pour estimer la masse de zinc à fixer sur ma coque, je suis partie du fait que la capacité W du zinc pur est de 460 Ah/kg.... »

## B4 - Extrait du forum

## Annexe B : Perfectionnement de l'entretien du bateau

$m_2$	0,370 g
$\Delta t$	120 min
$I$	0,150 A

### B5 – Résultats expérimentaux

#### Caractéristiques

Marque	
Modèle	NB-300
Portée	300 g
Précision	0,01 g
Affichage	LCD 15 mm. 6 digits
Dimensions du plateau	Ø 120 mm
Autres fonctions	Fonction impression. Sortie RS232. Capteur de pesée protégé contre les surcharges. Batterie 9V (autonomie 50 H).
Alimentation	Adaptateur secteur (fourni)
Dimensions	180 x 220 x 85 mm
Matériau du plateau	Acier inox

### B6 – Extrait de la notice de la balance

#### Caractéristiques

Caractéristiques techniques : Gamme de mesure :  $\pm (0,000 \text{ à } 1,999) \text{ A continu}$  ( $0,070 \text{ à } 1,999) \text{ A efficaces}$ . Résolution : 1 mA. Précision :  $\pm (2 \% \text{ VL}^* + 1 \text{ UR}^*)$  en continu  $\pm (2 \% \text{ VL}^* + 4 \text{ UR}^*)$  en alternatif Protection : dispositif réarmable automatiquement (pouvoir de coupure 16 A / 230 V) Tension de service : 50 V continu ou 30 V efficaces Alimentation : pile 9V 6F22 (fournie) Dimensions : 100 x 100 x 40 mm. \*VL : Valeur Lue - \*UR : Unité de Résolution.

### B7 – Extrait de la notice de l'ampèremètre

-Instrument de mesure analogique

$$\Delta M = 0,58 \times (\text{valeur d'une graduation})$$

-Instrument de mesure numérique

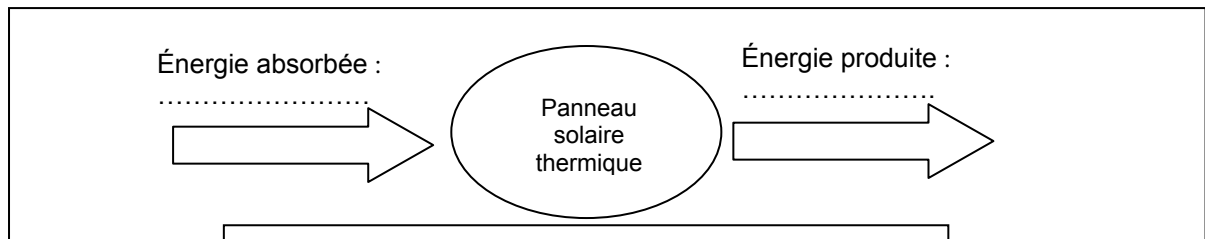
$$\Delta M = 1,16 \times (\text{précision constructeur})$$

### B8 – Extrait d'un glossaire de Sciences physiques

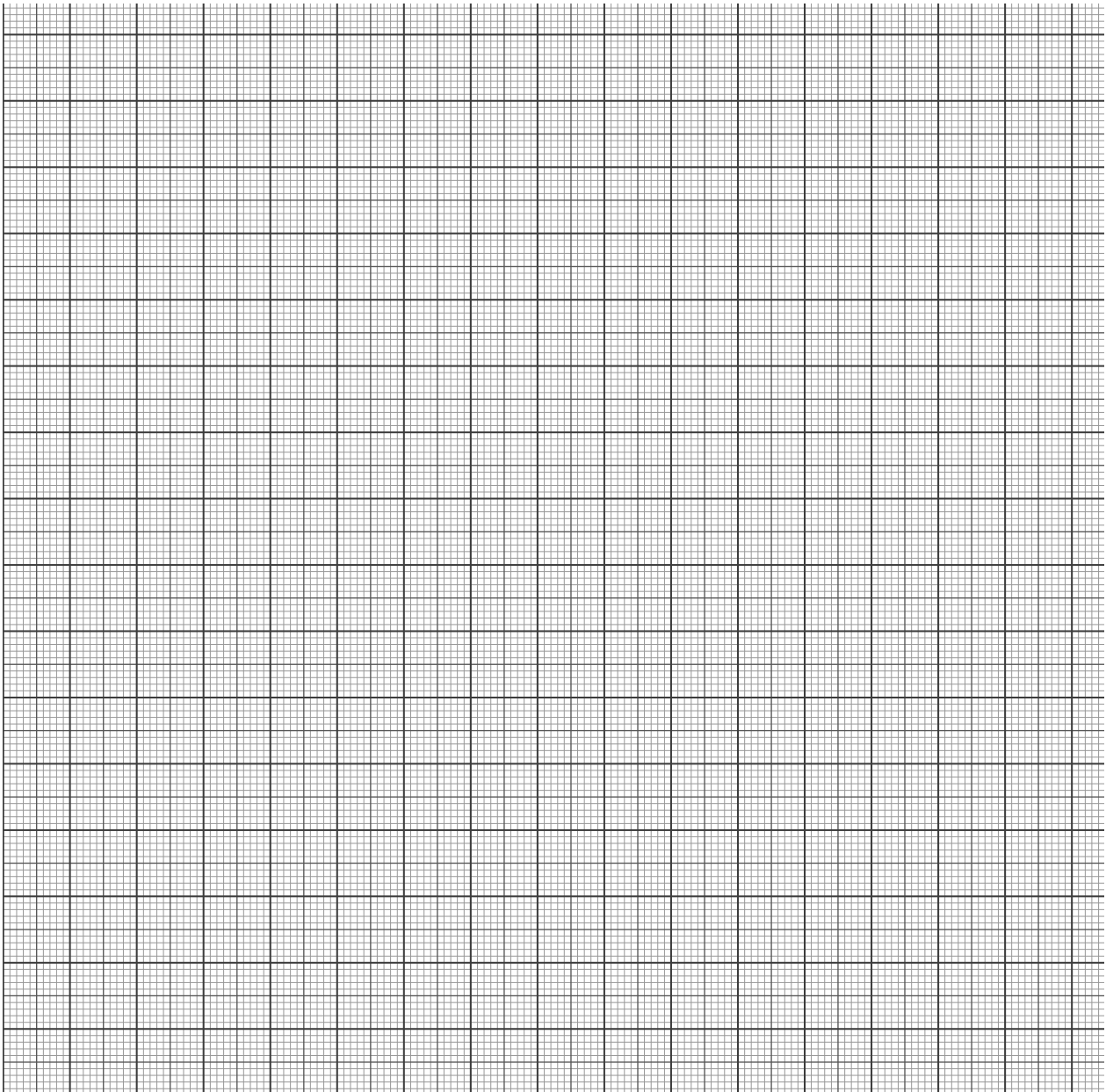
Le besoin en courant de protection d'une coque acier en eau de mer côtière est d'environ 20 mA/m<sup>2</sup> de surface mouillée [cs x longueur flottaison x (largeur + tirant d'eau)] avec  $0.6 < cs < 1$  selon la forme de la coque. Il est environ 10 fois inférieur avec une coque aluminium.

### B9 – Extrait d'un livret sur la protection de la coque des navires

Document réponse à rendre avec la copie





**DR1 – Chaîne énergétique du capteur solaire**

$\theta$ (°C)	5	15	30	50	70
$1/R$ ( $\Omega^{-1}$ )					

**DR2 – Exploitation de l'étalonnage de la thermistance**

Document réponse à rendre avec la copie

---

			
.....	.....	.....	.....

**DR3 – Signification des pictogrammes**