

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AÉRONAUTIQUE

## ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES APPLIQUÉES

SESSION 2013

—————  
Durée : 2 heures

Coefficient : 2  
—————

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Document à rendre et à agraffer avec la copie :**

- Annexe..... page 5/5

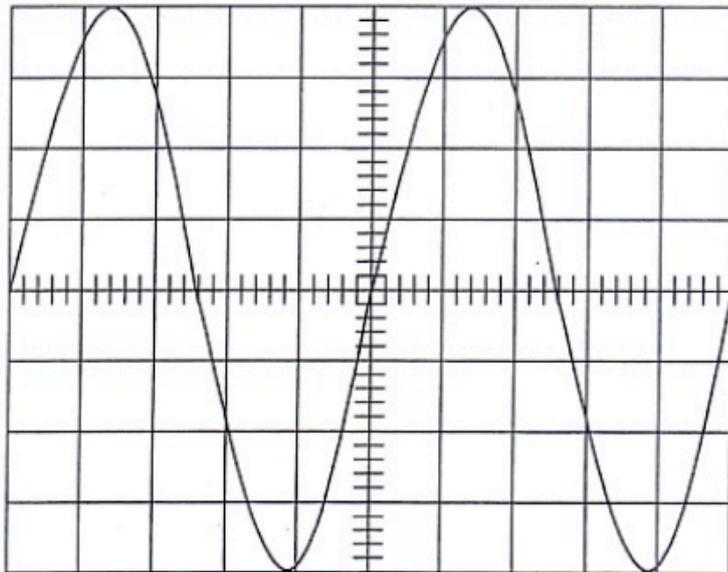
**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.**

BTS AÉRONAUTIQUE	Session 2013
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : AE3SCPC
	Page : 1/5

## EXERCICE 1 : GÉNÉRATION DU TRIPHASÉ SUR UN A330

Sur un A330, le triphasé est généré par un alternateur. On a relevé à l'aide d'un oscilloscope la tension  $v(t)$  entre une phase et le neutre. L'oscillogramme obtenu est donné à la **figure 1**.

**Figure 1 : Tension  $v(t)$**



VOIE A : 40 V par division

Mode AC

Base de temps : 0,5 ms par division

← Origine de la voie A : 0 V

- 1 - Déterminer la valeur  $V_{\max}$  de la tension simple  $v(t)$ . En déduire sa valeur efficace  $V$ .
- 2 - Calculer la valeur efficace  $U$  de la tension composée (entre deux phases).
- 3 - Déterminer la période et la fréquence de  $v(t)$ .
- 4 - L'alternateur est bipolaire. Calculer sa fréquence de rotation  $n_s$  en tr/min.

## EXERCICE 2 : DÉGIVRAGE D'UNE AILE

Le givrage consiste en un dépôt de glace friable ou dure, opaque ou transparente qui adhère à certains éléments de l'avion, en particulier et d'abord aux éléments présentant des parties anguleuses ou des aspérités (bords d'attaque des ailes et des gouvernes, tube d'antenne, têtes de rivet, etc). Le givre peut s'accumuler sur les ailes et nuire à l'aérodynamisme, alourdir l'avion, obscurcir la verrière, diminuer la puissance des réacteurs s'il s'accumule sur les entrées d'air.

Tous les avions récents sont donc équipés de dégivrage automatique. On veut tester dans cet exercice le fonctionnement d'un système qui peut être installé facilement sur un avion léger. Ici, à la place des traditionnels boudins de dégivrage, le bord d'attaque de l'aile présente un revêtement conducteur ultramine en carbone-graphite, piloté par ordinateur qui détecte et qui fait fondre la glace automatiquement. Chauffant, ce système est alimenté par un alternateur dédié de 100 A, qui délivre 7 500 W pour dégivrer les deux ailes.

### 1 - Test en laboratoire

On veut étudier le système de dégivrage du bord d'attaque d'une aile d'avion, en supposant que la glace est initialement à 0 °C. La bande chauffante (largeur : 20 cm, longueur : 4,0 m) est initialement recouverte de givre sur une épaisseur de 1,0 mm.

On donne :

- Chaleur latente de fusion de la glace :  $L_f = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- Capacité calorifique de la glace :  $C_g = 2060 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Capacité calorifique de l'eau liquide :  $C_e = 4186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Masse volumique de la glace :  $\rho_g = 917 \text{ kg.m}^{-3}$

**1.1** - Calculer la masse de glace  $m_g$  formée et l'énergie thermique  $E_{th1}$  à apporter au givre pour le faire entièrement fondre, en supposant que la glace est isolée thermiquement de l'atmosphère environnante.

**1.2** - En déduire la puissance électrique  $P_1$  fournie par le système chauffant pour effectuer cette tâche en une durée  $\Delta t$  de 2 minutes.

**1.3** - On veut tester ces résultats par une expérience : on place un morceau de glace de masse  $m_g = 10,0 \text{ g}$  à une température  $\theta_g = 0,0 \text{ °C}$  dans un calorimètre contenant une masse  $m_e = 250 \text{ g}$  d'eau à la température initiale  $\theta_e = 20,0 \text{ °C}$ . On attend que le système atteigne l'équilibre. Déterminer la température finale  $\theta_f$  de l'eau dans le calorimètre en supposant que la capacité calorifique de celui-ci est négligeable.

### 2 - Expérience in situ

**2.1** - Cette expérience est ensuite réalisée avec  $m_g = 10,0 \text{ g}$  de givre réellement prélevé sur l'aile d'un avion juste après l'atterrissage (on supposera que la glace n'a pas eu le temps de se réchauffer après le vol). La température  $\theta_f$  obtenue est inférieure à celle calculée à la question précédente. D'où vient la différence de température mesurée ?

**2.2** - Déterminer l'énergie thermique  $E_{th2}$  à apporter pour faire fondre le givre déposé sur la totalité du bord d'attaque d'une aile, sachant que la masse de ce givre déposé est de 734 g et que sa température  $\theta_i$  en vol est de - 20,0 °C.

**2.3** - En déduire la puissance électrique  $P_2$  à apporter au système chauffant pour effectuer cette tâche en deux minutes.

**2.4** - Comparer la valeur de la puissance électrique réellement fournie par l'alternateur du système de dégivrage pour les deux ailes avec celle calculée à la **question 1.2**. Justifier la différence entre ces deux valeurs.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session 2013
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : AE3SCPC	Page : 3/5

## EXERCICE 3 : MÉTALLISATION D'UNE PIÈCE AÉRONAUTIQUE

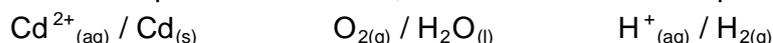
Afin de protéger les aciers contre la corrosion, il existe plusieurs procédés industriels de métallisation de l'acier, notamment le cadmiage, encore utilisé dans l'industrie aéronautique pour protéger les trains d'atterrissage de la corrosion. Le cadmiage est un dépôt de cadmium par électrolyse sur une pièce : c'est une méthode extrêmement fiable et précise, elle permet le dépôt de cadmium sur une épaisseur d'une dizaine de micromètres sur une pièce en acier.

### 1 - Étude du montage de l'électrolyse

(Le schéma de montage du dispositif est donné **en annexe**). Une plaque en acier est plongée dans une solution aqueuse de cyanure de cadmium ( $\text{Cd}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{CN}^{-}_{(\text{aq})}$ ). Elle est reliée au pôle négatif du générateur. La pièce en cadmium est reliée au pôle positif du générateur.

**1.1** - Indiquer sur l'**annexe page 5/5, à rendre avec la copie**, le sens conventionnel du courant, ainsi que le sens de circulation des électrons et des ions sur le schéma de montage.

**1.2** - On observe que la pièce en cadmium se désagrège. Préciser l'équation modélisant la réaction ayant lieu au niveau de la pièce de cadmium, en utilisant l'un des couples ci-dessous.



**1.3** - À quelle électrode, de cadmium ou d'acier, l'oxydation a-t-elle lieu ? Justifier.

**1.4** - La concentration en ion cadmium dans la solution aqueuse de cyanure de cadmium varie-t-elle au cours de l'électrolyse ? Justifier la réponse.

### 2 - Détermination de la masse de cadmium déposée

Au cours de l'électrolyse, l'intensité  $I$  du courant est maintenue constante. La durée de passage du courant est notée  $\Delta t$ . On étudie la réaction qui a lieu à l'électrode reliée au pôle négatif, selon l'équation :  $\text{Cd}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^{-} = \text{Cd}_{(\text{s})}$ .

On donne :

- intensité  $I = 2,00 \text{ A}$  ;  $\Delta t = 40,0 \text{ min}$  ;  $M(\text{Cd}) = 112,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- Faraday :  $1 \text{ F} = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $1 \text{ F} = N_{\text{A}}\cdot e$  ;
- $N_{\text{A}}$  : constante d'Avogadro  $N_{\text{A}} = 6,02\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;
- $e$  : charge élémentaire  $e = 1,60\cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

**2.1** - Quelle relation existe-t-il entre la quantité de matière de cadmium formé, notée  $n_{\text{Cd}}$ , et la quantité de matière d'électron échangée,  $n_{\text{e}^{-}}$  ?

**2.2** - Montrer que la masse de cadmium formée  $m_{\text{Cd}}$  peut se mettre sous la forme :

$$m_{\text{Cd}} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Cd})}{2F}.$$

**2.3** - En utilisant l'expression précédente, calculer la valeur de la masse de cadmium formée pendant la durée  $\Delta t$ .

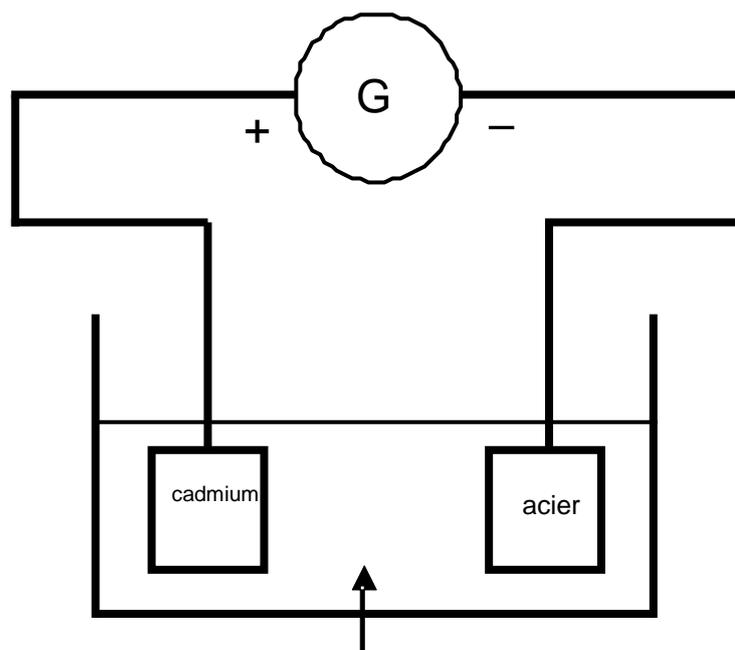
**2.4** - On considère que le cadmium se dépose équitablement et uniformément sur les deux faces de la plaque d'acier. Celle-ci est carrée, de côté  $d = 10,0 \text{ cm}$  et d'épaisseur négligeable.

**2.4.1** - Calculer la valeur de l'épaisseur  $e_1$  de cadmium déposé sur un côté, en utilisant comme valeur de la masse volumique du cadmium  $\rho_{\text{Cd}} = 8,65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

**2.4.2** - Convertir en micromètre le résultat précédent. Ce résultat est-il conforme à la valeur indiquée dans le texte introductif ?

**ANNEXE**  
**DOCUMENT RÉPONSE**  
**(à rendre avec la copie)**

**EXERCICE 3 - CHIMIE**



Solution aqueuse acidifiée de cyanure de cadmium