

# BACCALURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 00 – COEFFICIENT 3.

**spécialité**

L'usage des calculatrices EST autorisé

Le sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

*Les données sont en italique.*

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

**Les feuilles annexes (pages 7 et 8) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Synthèse d'un fébrifuge : l'acétanilide (4 points)
- II. Michael Faraday (1791-1867) (6,5 points)
- III. Les lois de Newton (5,5 points)

## EXERCICE I. SYNTHÈSE D'UN FÉBRIFUGE : L'ACÉTANILIDE (4 points)

L'acétanilide  $C_6H_5 - NH - CO - CH_3$  fut l'un des premiers fébrifuges (médicaments combattant la fièvre) synthétisé par l'industrie chimique à partir de l'aniline et du vinaigre (solution aqueuse d'acide éthanoïque). C'est un solide blanc.

Dans la synthèse décrite dans la suite, on remplacera l'acide éthanoïque par un dérivé de cet acide : l'anhydride éthanoïque.

Au lycée, on prépare l'acétanilide en suivant le protocole suivant.

### Étape 1 : synthèse de l'acétanilide.

- dans un ballon rodé propre et sec, introduire  $V_1 = 15$  mL d'acide éthanoïque qui joue ici le rôle de solvant,  $V_2 = 15,0$  mL d'anhydride éthanoïque,  $V_3 = 10,0$  mL d'aniline et quelques grains de pierre ponce ;
- adapter sur le ballon rodé un réfrigérant à boules ; chauffer le ballon au bain-marie à  $80^\circ\text{C}$  pendant environ 20 minutes ;
- retirer le ballon du bain-marie et verser immédiatement par le sommet du réfrigérant 10 mL d'eau sans attendre le refroidissement en faisant attention aux vapeurs chaudes et acides ;
- lorsque l'ébullition cesse, ajouter 50 mL d'eau froide et agiter à température ambiante jusqu'à apparition des cristaux ;
- lorsque les premiers cristaux blancs apparaissent, ajouter 50 mL d'eau glacée et refroidir le ballon dans la glace jusqu'à cristallisation complète ;
- effectuer une filtration sous vide en rinçant à l'eau distillée froide.

### Étape 2 : purification du produit obtenu.

- dans un bécher, faire chauffer environ 50 mL d'eau ; y dissoudre la totalité du produit obtenu lors de l'étape 1 ;
- après dissolution, attendre la cristallisation ;
- effectuer une filtration sous vide ;
- placer le solide obtenu dans une coupelle préalablement pesée ;
- sécher à l'étuve à  $90^\circ\text{C}$  ;
- la masse du produit obtenu est  $m = 11,6$  g.

### 1. Questions à propos du mode opératoire.

#### 1.1. À propos de l'étape 1.

- 1.1.1. Faire un schéma annoté du montage à reflux. Préciser le sens de circulation de l'eau dans le réfrigérant.
- 1.1.2. Pourquoi chauffer ? Pourquoi à reflux ?
- 1.1.3. En utilisant les données de la fin de l'exercice, justifier l'apparition des cristaux blancs après refroidissement.
- 1.1.4. Quel est l'intérêt d'effectuer une filtration sous vide ?

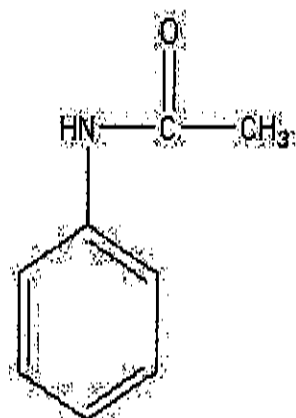
#### 1.2. À propos de l'étape 2.

Comment appelle-t-on la technique de purification utilisée dans cette étape ?

### 2. À propos de l'acétanilide.

La formule de l'acétanilide, aussi appelée *N*-phényléthanamide, est donnée ci-contre.

Recopier cette formule et entourer le groupe caractéristique amide.



### 3. Rendement de la synthèse.

L'équation de la réaction entre l'aniline et l'anhydride éthanóique est :



Dans cette équation, tous les nombres stœchiométriques sont égaux à 1.

La quantité de matière initiale d'aniline est 0,110 mol.

- 3.1. Quel est le nom du composé A de l'équation de la réaction ?
- 3.2. Calculer la quantité de matière initiale d'anhydride éthanóique.
- 3.3. Quel est le réactif limitant ? On pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique.
- 3.4. Quelle masse maximale d'acétanilide peut-on espérer obtenir ?
- 3.5. Définir et calculer le rendement de cette synthèse.

**Données :**

	formule brute	masse volumique en $\text{g. mL}^{-1}$	masse molaire en $\text{g. mol}^{-1}$	solubilité dans l'eau chaude	solubilité dans l'eau froide
<b>aniline</b>	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	1,02	93	soluble	soluble
<b>anhydride éthanóique</b>	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	1,08	102	*	*
<b>acétanilide</b>	$\text{C}_8\text{H}_9\text{ON}$	solide	135	soluble	très peu soluble
<b>acide éthanóique</b>	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	1,05	60	très soluble	très soluble

\* L'anhydride éthanóique réagit violemment avec l'eau à chaud et à froid.

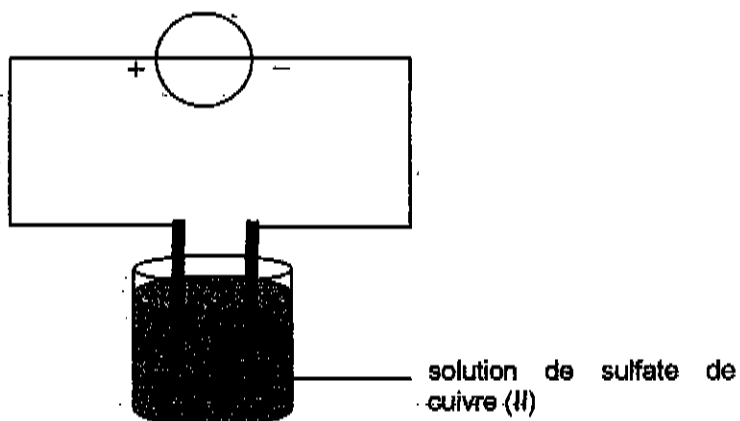
## EXERCICE II. MICHAEL FARADAY (1791 - 1867) (6,5 points)

### Première partie : le chimiste.



*Chimiste et physicien britannique, Faraday débute sa carrière en étudiant le phénomène d'électrolyse ; il remarque que la quantité de matière produite à une électrode est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse l'électrolyte. Il note aussi que la masse du dépôt engendré par un courant électrique est proportionnelle à la masse molaire atomique de l'élément déposé divisée par un nombre entier (1, 2, 3, 4). L'objectif de cette première partie est de retrouver ces résultats.*

On réalise l'électrolyse d'une solution de sulfate de cuivre (II) ( $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ) entre deux électrodes inattaquables de carbone afin d'obtenir à l'une des électrodes un dépôt de cuivre.



1. Écrire l'équation de la réaction à l'électrode où se produit le dépôt de cuivre.

S'agit-il d'une oxydation ou d'une réduction ?

2. Préciser le nom de l'électrode (anode ou cathode) où se produit ce dépôt ainsi que le signe + ou - du pôle du générateur auquel elle est reliée.

3. Donner une relation entre la quantité de matière de cuivre déposée  $n_{\text{Cu}}$  au bout d'une durée  $\Delta t$  d'électrolyse et la quantité d'électrons (exprimée en mol)  $n_e$  ayant circulé dans le circuit.

4. Exprimer la quantité d'électrons (exprimée en mol)  $n_e$  en fonction de l'intensité  $I$  du courant d'électrolyse, la durée  $\Delta t$  de l'électrolyse, le nombre d'Avogadro  $N_A$  et la charge électrique élémentaire  $e$ .

On pourra utiliser l'information suivante : le faraday ( $F$ ),  $1 F = N_A \cdot e$ .

5. Établir la relation entre la quantité de matière de cuivre déposée  $n_{\text{Cu}}$  au bout de  $\Delta t$  et l'intensité du courant  $I$  d'électrolyse ; montrer que l'affirmation : « la quantité de matière produite à une électrode est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse l'électrolyte » est vérifiée.

6. À partir de la relation précédente, exprimer la masse de cuivre  $m_{\text{Cu}}$  déposée au bout de  $\Delta t$  et montrer que la seconde affirmation « la masse du dépôt engendré par un courant électrique est proportionnelle à la masse molaire atomique de l'élément déposé, divisée par un petit nombre entier » est aussi vérifiée.

Que vaut « le petit nombre entier » ?

### Seconde partie : le physicien.

*Faraday est surtout connu pour ses travaux sur l'électromagnétisme ; en 1831, il découvre l'induction électromagnétique ; ce phénomène, et plus particulièrement celui de l'auto-induction est à l'origine des propriétés des bobines étudiées en classe de terminale ; on se propose de retrouver certaines d'entre elles dans cette seconde partie.*

On réalise le circuit électrique représenté en annexe 1, page 7 ; il est constitué d'un générateur de tension constante de valeur  $E = 3,0 \text{ V}$ , de deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ , d'un conducteur ohmique de résistance  $R = 90 \Omega$ , d'un second conducteur ohmique de résistance  $r$ , d'une bobine de résistance  $r$  égale à celle du second conducteur ohmique et d'inductance  $L$ .

Une interface reliée à un ordinateur permet de saisir les valeurs instantanées de la tension  $u_R$ .

Deux saisies sont successivement réalisées :

1<sup>ère</sup> saisie :  $K_2$  reste ouvert ; on ferme  $K_1$  ;

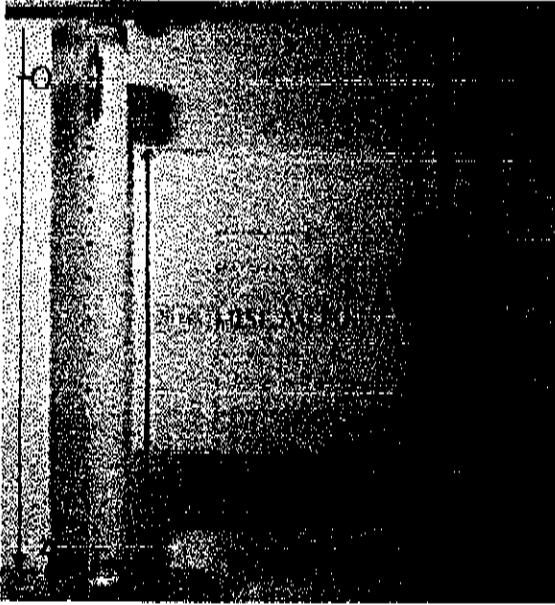
2<sup>ème</sup> saisie :  $K_1$  reste ouvert ; on ferme  $K_2$ .

On programme la feuille de calcul afin d'obtenir dans les deux cas, l'évolution de l'intensité  $i$  du courant en fonction du temps.

Les deux saisies fournissent les deux courbes figurant en annexe 2, page 7.

1. Quelle relation faut-il programmer pour obtenir  $i$ , intensité du courant en fonction du temps ?
2. Attribuer à chaque saisie la courbe correspondante. Justifier.
3. En utilisant la convention récepteur, représenter sur le circuit de l'annexe 1, page 7, à rendre avec la copie la flèche de la tension  $u_B$ , tension aux bornes de la bobine.
4. Donner l'expression littérale de la tension  $u_B$  en fonction de  $r$ ,  $L$ , et  $i$ .
5. Étude de la seconde saisie
  - 5.1. Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de l'intensité  $i$  du courant lorsqu'on ferme l'interrupteur  $K_2$ .
  - 5.2. En déduire l'expression littérale de l'intensité limite  $I$  du courant lorsque le régime permanent est établi. Déterminer graphiquement sa valeur sur l'annexe 2, puis calculer  $r$ .
  - 5.3. Inductance de la bobine
    - 5.3.1. Donner l'expression littérale de la constante de temps  $\tau$ .
    - 5.3.2. Par analyse dimensionnelle, vérifier que  $\tau$  est homogène à un temps.
    - 5.3.3. Par une méthode de votre choix, déterminer la valeur de  $\tau$  en utilisant l'annexe 2, page 7, à rendre avec la copie.
    - 5.3.4. Calculer l'inductance  $L$  de la bobine.
6. Justifier la limite  $I$  commune aux deux saisies.

### EXERCICE III. LES LOIS DE NEWTON (5,5 points)



Un objet de masse  $m = 3,80 \times 10^{-3} \text{ kg}$ , de volume  $V = 2,10 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  est lâché sans vitesse initiale dans un liquide de masse volumique  $\rho = 1240 \text{ kg.m}^{-3}$ . Sa chute est filmée avec une webcam. Le film est ensuite numérisé puis analysé par un logiciel adapté.

Le document fourni en annexe 3, page 8, montre l'ensemble des positions successives occupées par le centre d'inertie  $G$  de l'objet à intervalles de temps réguliers  $\tau = 0,050 \text{ s}$ .

Les frottements du fluide sur l'objet peuvent être modélisés par une force  $\vec{f}$  opposée au vecteur vitesse et de valeur proportionnelle à la vitesse ; le coefficient de proportionnalité appelé coefficient de frottement sera noté  $k$ . On prendra  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

1. Le document fourni en annexe 3, page 8, montre que le mouvement de chute comporte deux phases de nature différente.

Délimiter les deux phases en précisant approximativement les positions limites de chacune d'elles.

2. Étude de la première phase

2.1. À partir du document :

2.1.1. En tenant compte de l'échelle du document, calculer les vitesses en positions  $G_3$  et  $G_5$  puis tracer sur le document de l'annexe 3, page 8, à rendre avec la copie, les vecteurs vitesse en ces positions en utilisant l'échelle 1 cm pour  $0,20 \text{ m.s}^{-1}$ .

2.1.2. Calculer l'accélération  $a_4$  au point  $G_4$  puis tracer sur le document de l'annexe 3, page 8, à rendre avec la copie, le vecteur accélération en ce point avec l'échelle 1 cm pour  $0,50 \text{ m.s}^{-2}$ .

2.2. Étude théorique

2.2.1. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède et montrer qu'elle est de l'ordre de grandeur du poids.

2.2.2. Représenter les forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2.3. Énoncer la loi de Newton qui régit cette première phase.

2.4. En utilisant l'axe  $Oz$  dessiné sur la figure ci-dessus, calculer la valeur de la force de frottements en position  $G_4$ .

2.5. Sachant que la vitesse en position  $G_4$  vaut  $v_4 = 0,32 \text{ m.s}^{-1}$ , calculer la valeur du coefficient de frottement  $k$  en unité du système international.

3. Étude de la deuxième phase

3.1. Quelle est la nature de cette phase ?

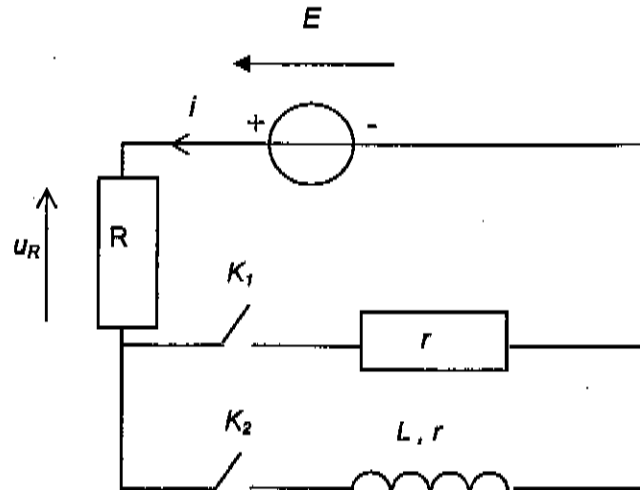
3.2. Énoncer la loi de Newton qui régit cette phase.

3.3. Déterminer, par le calcul, la vitesse de l'objet au cours de cette phase.

3.4. Retrouver cette vitesse à partir du document en utilisant le point  $G_{13}$ .

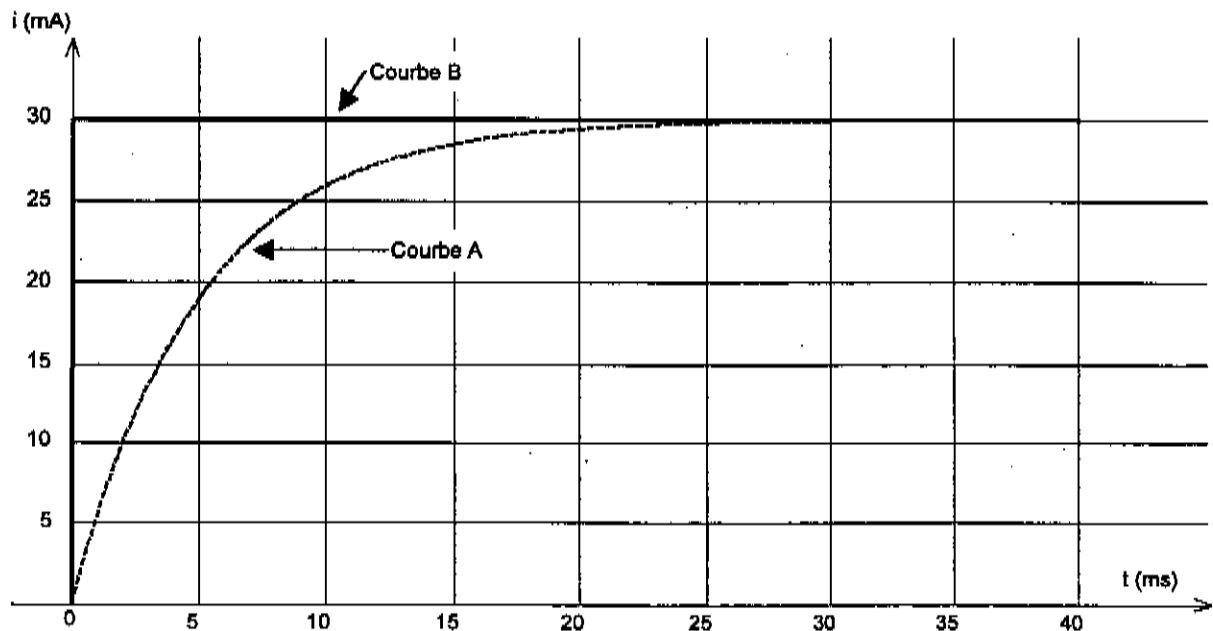
ANNEXE 1 DE L'EXERCICE II

À RENDRE AVEC LA COPIE



ANNEXE 2 DE L'EXERCICE II

À RENDRE AVEC LA COPIE



**ANNEXE 3 DE L'EXERCICE III**

**À RENDRE AVEC LA COPIE**

