

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

*L'usage des calculatrices EST autorisé.*

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10

La feuille d'annexe (page 10/10) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

**EXERCICE I : À PROPOS DES ACIDES CHLORHYDRIQUE ET ÉTHANOÏQUE**  
**(7 points)**

Dans cet exercice, les solutions considérées sont prises à 25 °C.

*Lycéen passionné par la chimie, Mickaël se pose beaucoup de questions...*

1. *Mickaël s'interroge à propos des acides...*

1.1. Définir un acide selon Brønsted.

1.2. Écrire l'équation de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau et celle de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.

2. *Mickaël se demande si deux solutions d'acides différents, mais de même concentration, ont le même pH. Il dispose d'une solution de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique)  $S_1$  et d'une solution d'acide éthanoïque  $S_2$  de même concentration en soluté apporté  $c = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Il mesure un pH de 2,0 pour  $S_1$  et un pH de 3,4 pour  $S_2$ .*

*Mickaël réfléchit à l'interprétation de ces résultats...*

2.1. Déterminer la concentration des ions oxonium dans chacune des solutions.

2.2. On s'intéresse maintenant à la détermination du taux d'avancement.

2.2.1. En considérant un volume  $V = 1,00 \text{ L}$  de solution aqueuse d'un acide HA, de concentration molaire en soluté apporté  $c$ , dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide HA avec l'eau en le complétant avec les valeurs littérales de la concentration  $c$ , du volume  $V$ , de l'avancement  $x$  au cours de transformation et de l'avancement final  $x_f$ .

2.2.2. Déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HA avec l'eau en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire  $c$ .

2.3. En déduire les valeurs numériques du taux d'avancement final de chacune des réactions associées aux transformations donnant les solutions  $S_1$  et  $S_2$ . Conclure.

3. *Mickaël veut connaître le comportement des solutions  $S_1$  et  $S_2$  par rapport à la dilution.*

3.1. Décrire le mode opératoire pour préparer avec précision au laboratoire 100 mL de solution fille diluée 10 fois à partir d'une solution mère.

*La mesure du pH des solutions filles obtenues donne 3,0 pour l'acide chlorhydrique et 3,9 pour la solution d'acide éthanoïque.*

3.2. Dans la solution obtenue après dilution, dans chaque cas, la concentration des ions oxonium a-t-elle été divisée par 10 ? Justifier.

3.3. Dans le cas de l'acide éthanoïque, dans quel sens s'est déplacé l'équilibre du système ? Justifier.

4. Mickaël découvre une relation remarquable entre les concentrations d'espèces chimiques en solution...

4.1. Pour la solution d'acide éthanóique  $S_2$  de concentration  $c = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , calculer la valeur de l'expression :

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}}}$$

4.2. Aux incertitudes expérimentales près, on constate que l'on obtient la même valeur pour la solution diluée 10 fois. Quel nom donne-t-on à cette valeur caractéristique du couple  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$  ?

5. Mickaël lit sur une bouteille de vinaigre l'indication : « 7,0 % d'acidité ». Il se demande s'il s'agit d'un pourcentage massique ou volumique en acide éthanóique.

Pour le savoir, il considère le vinaigre comme une solution aqueuse d'acide éthanóique et procède à un titrage pH-métrique de  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  de vinaigre dilué 10 fois par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration en ions hydroxyde  $c_B = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Il note ses résultats expérimentaux :

- Volume de soude versé à l'équivalence :  $V_{BE} = 23,8 \text{ mL}$
- pH à l'équivalence :  $\text{pH}_E = 8,4$ .

Données :

- Masse volumique du vinaigre :  $\rho_v = 1,02 \text{ g/mL}$
- Masse volumique de l'acide éthanóique pur :  $\rho_a = 1,05 \text{ g/mL}$
- Masse molaire de l'acide éthanóique :  $M = 60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

5.1. Étude de l'équation de la réaction.

5.1.1. Écrire l'équation de la réaction entre les solutions d'acide éthanóique et d'hydroxyde de sodium.

5.1.2. On montre que cette réaction peut servir de support au titrage. Citer alors au moins une propriété de la transformation chimique.

5.2. Donner, en la justifiant, l'expression de la concentration  $c_1$  en acide éthanóique du vinaigre dilué 10 fois en fonction de  $V_1$ ,  $c_B$  et  $V_{BE}$ . Calculer  $c_1$ .

5.3. Détermination du pourcentage d'acidité.

5.3.1. En déduire la concentration  $c_0$  du vinaigre en acide éthanóique.

5.3.2. Montrer que la masse  $m_a$  d'acide éthanóique dissous dans 1,00 L de vinaigre est  $m_a = 71,4 \text{ g}$ .

5.3.3. En déduire le volume  $V_a$  d'acide éthanóique pur correspondant à cette masse  $m_a$ .

5.3.4. D'après les résultats obtenus, parmi les deux rapports ci-dessous, lequel correspond au pourcentage d'acidité ? Justifier.

$$\frac{m_a}{\text{masse de } 1,00 \text{ L de vinaigre}} \qquad \frac{V_a (\text{mL})}{1000}$$

5.4. Les deux rapports précédents étant très proches, Mickaël décide de confirmer son étude expérimentale par un titrage colorimétrique. Il dispose de trois indicateurs colorés :

| <i>Indicateur coloré</i>   | <i>Zone de virage</i> |
|----------------------------|-----------------------|
| <i>Hélianthine</i>         | <i>3,1 – 4,4</i>      |
| <i>Bleu de bromothymol</i> | <i>6,0 – 7,6</i>      |
| <i>Phénolphtaléine</i>     | <i>8,2 – 10,0</i>     |

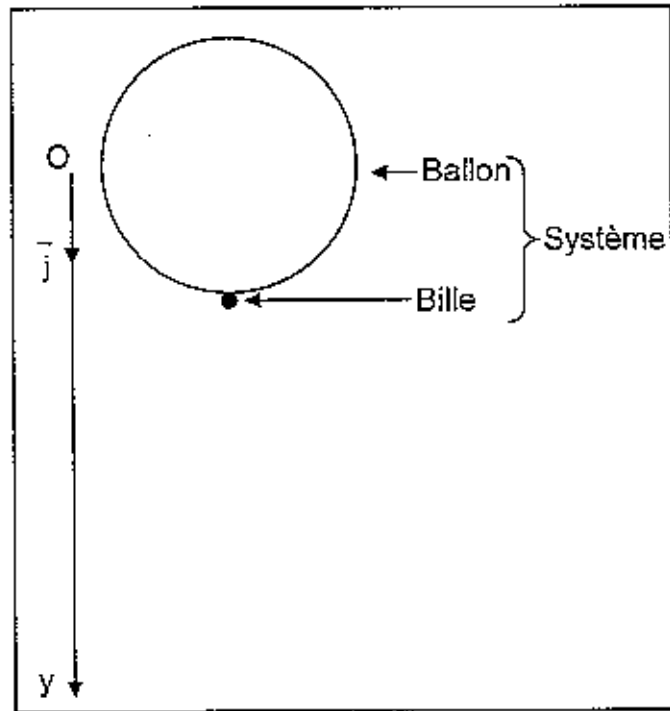
Quel indicateur coloré convient le mieux pour ce titrage ? Justifier.

## EXERCICE II : CHUTE VERTICALE D'UN BALLON (5 points)

Au laboratoire du lycée, Amélie et Yvon étudient la chute d'un ballon de baudruche gonflé, de volume  $V$ . Le ballon est lesté d'une bille de volume négligeable devant  $V$ .

Yvon lâche le système sans vitesse initiale pendant qu'Amélie en face réalise une vidéo de la chute. Ils constatent qu'ils peuvent considérer que le ballon a un mouvement vertical de translation.

Une règle de 1,00 m est placée en position verticale dans le champ de la caméra.



Pour l'exploitation, ils utilisent un logiciel de pointage. Amélie choisit un axe  $(O, y)$  vertical orienté vers le bas, l'origine  $O$  étant le centre du ballon sur la première image juste après le lâcher du système. L'origine des dates correspond également à cette image. La vitesse initiale n'est pas rigoureusement égale à zéro, mais la jugeant très faible, ils la considèrent comme nulle. Amélie repère les différentes positions du centre du ballon au cours du temps et transfère les données dans un logiciel de traitement.

À partir de l'exploitation de leurs résultats expérimentaux, Amélie et Yvon tirent les conclusions suivantes :

- Vitesse limite du système :  $v_l = 2,75 \text{ m.s}^{-1}$
- Temps caractéristique :  $\tau = 0,43 \text{ s}$
- La valeur de la force de frottement fluide exercée sur le système est proportionnelle au carré de la vitesse.

L'objet de l'exercice est de reprendre quelques points de cette étude.

### Données :

Masse du système {ballon gonflé + bille} :  $M = 10,7 \text{ g}$ .

Volume du ballon :  $V = 3,05 \text{ L}$ .

Masse volumique de l'air :  $\rho = 1,20 \text{ g.L}^{-1}$ .

Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

## 1. Équation différentielle du mouvement

1.1. Donner l'expression littérale des valeurs des forces s'exerçant sur le système au cours de sa chute dans l'air. On rappelle que la valeur  $f$  de la force de frottement fluide est proportionnelle au carré de la valeur  $v_G$  de la vitesse du centre d'inertie  $G$  du système et on notera  $k$  le coefficient de proportionnalité.

1.2. On choisit un vecteur unitaire  $\vec{j}$  orienté vers le bas.

En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle que doit vérifier la valeur  $v_G$  de la vitesse du centre d'inertie  $G$ .

1.3. Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme :  $\frac{dv_G}{dt} = A - B \cdot v_G^2$ .

En déduire les expressions littérales de  $A$  et  $B$ .

1.4. Montrer que :  $A = 6,45 \text{ SI}$ . Préciser son unité SI.

1.5. On rappelle que  $v_l$  est la vitesse limite du système.

Montrer que :  $B = \frac{A}{v_l^2}$ .

1.6. Calculer la valeur numérique de  $B$  en précisant également son unité.

## 2. Feuille de calculs du tableur

Le document suivant reproduit le début de la feuille de calculs du tableur déterminée par les expérimentateurs.

|   | t (s) | y (m) | $v_{\text{exp}}$ (m.s <sup>-1</sup> ) | v (m.s <sup>-1</sup> ) |
|---|-------|-------|---------------------------------------|------------------------|
| 1 | 0,000 | 0,000 | 0,00                                  | 0,00                   |
| 2 | 0,040 | 0,010 | 0,39                                  | 0,26                   |
| 3 | 0,080 | 0,031 | 0,64                                  | 0,51                   |
| 4 | 0,120 | 0,061 | 0,76                                  | 0,76                   |
| 5 | 0,160 | 0,092 | 0,90                                  | 1,00                   |
| 6 | 0,200 | 0,133 |                                       |                        |
| 7 | 0,240 | 0,184 |                                       |                        |

Les valeurs de la colonne  $t$  (s) représentent les dates de chaque image.

Les valeurs de la colonne  $y$  (m) représentent les ordonnées correspondantes du centre du ballon, donc la distance parcourue.

Dans la colonne  $v_{\text{exp}}$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), figurent les valeurs expérimentales de la vitesse du ballon.

Dans la colonne  $v$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), figurent les valeurs théoriques de la vitesse obtenues par la méthode d'Euler.

- 2.1. Quel est le rôle de la règle de 1,00 m placée à côté du ballon ?
- 2.2. En utilisant les valeurs de cellules pertinentes des colonnes  $t$  (s) et  $y$  (m) du tableau, déterminer la valeur de  $v_{\text{exp}}$  à la date  $t = 0,200$  s.
- 2.3. À partir de l'équation différentielle, en utilisant la méthode itérative d'Euler, déterminer la valeur de  $v$  à la date  $t = 0,200$  s.

### 3. Courbe $v = f(t)$ obtenue par la méthode d'Euler

*L'objectif de cette dernière partie n'est pas de tracer précisément point par point la courbe  $v = f(t)$  obtenue par la méthode d'Euler mais de donner seulement son allure et de l'exploiter.*

- 3.1. Tracer sur votre copie, dans un repère  $(O, t, v)$ , l'allure de la courbe  $v = f(t)$  en  $y$  indiquant la vitesse limite  $v_l$  et le temps caractéristique  $\tau$ . Distinguer deux régimes sur le graphe et les nommer.
- 3.2. Justifier que pour cette expérience, le tracé de la tangente à la courbe  $v = f(t)$  permet d'évaluer la valeur de l'accélération du centre d'inertie  $G$  à chaque instant.

En déduire, en le justifiant, l'évolution de cette accélération au cours du temps lors des deux régimes.

### EXERCICE III - LUNETTE ASTRONOMIQUE D'AMATEUR (4 points)

Quel astronome amateur n'a pas été émerveillé de voir la première fois Saturne et ses anneaux dans sa lunette astronomique qu'il venait de construire avec simplement deux lentilles et deux tubes en carton ?

Cet exercice traite d'une lunette astronomique construite avec deux lentilles dont les caractéristiques indiquées par le constructeur sont les suivantes :

- Objectif  $L_1$  : Diamètre :  $D_1 = 40 \text{ mm}$   
Distance focale :  $f'_1 = 1,15 \text{ m}$
- Oculaire  $L_2$  : Diamètre :  $D_2 = 15 \text{ mm}$   
Distance focale :  $f'_2 = 25 \text{ mm}$

On rappelle la relation de conjugaison appliquée à une lentille mince de centre optique O, de distance focale  $f'$ , donnant d'un point A situé sur l'axe optique une image A' :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

#### 1. Vérification des distances focales

L'astronome amateur veut d'abord vérifier les valeurs des distances focales indiquées par le constructeur.

1.1. Avec l'objectif, il cherche l'image du Soleil sur un écran. Quand il obtient une image nette, petite et très lumineuse, il mesure la distance séparant l'objectif de l'écran. Quelle doit être normalement cette valeur ? Justifier.

1.2. La méthode précédente ne lui semble pas suffisamment précise pour vérifier la valeur très petite de  $f'_2$ , aussi préfère-t-il utiliser une autre méthode, dite de Silbermann, dans son laboratoire. Il place un objet AB au zéro d'un banc d'optique et perpendiculaire à celui-ci. Il déplace l'oculaire et un écran de manière à obtenir une image A'B' renversée et de même grandeur que l'objet AB. Les points A et A' sont sur l'axe optique de l'oculaire. Il mesure une distance  $AA' = 10,0 \text{ cm}$ .

1.2.1. Faire la construction graphique correspondant à l'expérience. Tracer deux rayons remarquables issus de B permettant d'obtenir l'image B' et placer les foyers  $F_2$  et  $F'_2$  de l'oculaire.

1.2.2. À partir de ce schéma, trouver la relation entre  $f'_2$  et la distance  $AA'$  (aucune démonstration n'est demandée). La valeur de  $f'_2$  trouvée est-elle conforme à l'indication du constructeur ?



## 2. Grossissement de la lunette

L'astronome amateur utilise sa lunette dans les meilleures conditions d'observations. Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont alors confondus : la lunette est afocale. Il observe un objet AB considéré à l'infini et perpendiculaire à l'axe optique en A. Le diamètre apparent de l'objet est noté  $\alpha$ . Le schéma en annexe (à rendre avec la copie) reproduit la situation sans souci d'échelle.

2.1. Construire sur l'annexe l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet AB donnée par l'objectif  $L_1$ .

2.2. Où se forme l'image définitive  $A'B'$  donnée par la lunette ? Justifier la réponse.

2.3. Tracer le rayon émergent de l'oculaire correspondant au rayon incident issu de B et passant par le centre optique  $O_1$  de l'objectif en laissant la construction apparente.

2.4. Le grossissement de la lunette est donné par l'expression :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$\alpha'$  étant l'angle sous lequel on voit l'image  $A'B'$  dans l'instrument.

Les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  étant petits et exprimés en radians, on pourra écrire :  $\tan \alpha = \alpha$  et  $\tan \alpha' = \alpha'$ .

Indiquer  $\alpha'$  sur le schéma en annexe et trouver, par des considérations géométriques, le grossissement G en fonction des distances focales  $f_1$  et  $f_2$ , puis calculer sa valeur numérique.

2.5. Le grossissement précédent est bien adapté à l'observation de la Lune ou des anneaux de Saturne. Pour observer le ciel profond (galaxies, nébuleuses...), l'astronome utilise un grossissement inférieur. Pour cela, sans changer d'objectif, utilise-t-il un oculaire de distance focale supérieure ou inférieure à 25 mm ? Justifier la réponse.

## 3. Cercle oculaire

3.1. Donner la définition du cercle oculaire.

3.2. On se place toujours dans le cas d'une lunette afocale. Construire le cercle oculaire sur le schéma donné en annexe (à rendre avec la copie).

3.3. Calculer la valeur d du diamètre du cercle oculaire.

3.4. Où l'astronome doit-il placer son œil et quel doit être le diamètre de sa pupille pour recevoir le maximum de lumière ?

EXERCICE III. LUNETTE ASTRONOMIQUE D'AMATEUR

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

