

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

SESSION 2009

**PHYSIQUE - CHIMIE**

Série S

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

**L'usage de la calculatrice électronique est autorisé**

**SPÉCIALITÉ**

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.

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

- I – Préparation d'une phéromone
- II – L'énergie du futur
- III – Microscope

**Les feuilles 7 sur 8 et 8 sur 8 sont à rendre avec la copie.**

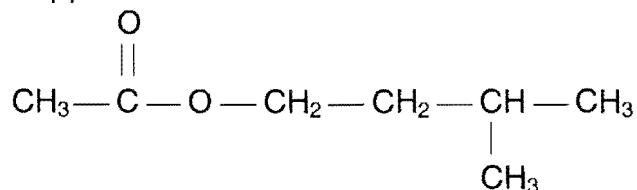
## Exercice 1 Préparation d'une phéromone (6,5 points)

Les phéromones sont des espèces chimiques servant à la communication au sein d'espèces vivantes.

Il existe des phéromones de rassemblement, de pistage, d'attraction sexuelle, d'alarme, de défense,... De nombreuses phéromones d'insectes sont des molécules relativement simples.

Lors d'une séance de travaux pratiques, on étudie la synthèse d'une phéromone **P**, phéromone d'alarme chez les abeilles.

La formule semi-développée de la molécule **P** est



Données : **TABLEAU 1**

|                               | Masse molaire moléculaire (g.mol <sup>-1</sup> ) | Masse volumique (g.mL <sup>-1</sup> ) | Température d'ébullition (°C) | Solubilité dans l'eau |
|-------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| <b>A : CH<sub>3</sub>COOH</b> | 60,0   | 1,05                                  | 118                           | Soluble               |
| <b>Alcool B</b>               | 88,0   | 8,10.10 <sup>-1</sup>                 | 128                           | Très peu soluble      |
| <b>Eau</b>                    | 18,0   | 1,00                                  | 100                           |                       |
| <b>Phéromone P</b>            | 130  | 8,70.10 <sup>-1</sup>                 | 143                           | Très peu soluble      |

**Verrerie disponible :**

- béchers : 10 mL ; 25 mL ; 100 mL
- éprouvettes graduées : 10 mL ; 25 mL ; 100 mL
- pipettes graduées : 1 mL ; 2 mL ; 5 mL ; 10 mL
- burette graduée au 1/10 ème de mL: 25 mL
- pipettes jaugées : 1,0 mL ; 5,0 mL ; 10,0 mL ; 20,0 mL.

La molécule **P** peut être préparée à partir de l'acide éthanoïque **A** et d'un alcool **B**. Au laboratoire, dans un ballon de 100 mL, le préparateur introduit un volume  $V_A = 14,3$  mL d'acide éthanoïque et une masse  $m_B = 22,0$  g d'alcool **B**. Il ajoute avec précautions 1 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. Il adapte un réfrigérant à boules sur le ballon et chauffe à reflux pendant 4 heures. Après extraction, il obtient une masse  $m_P = 21,7$  g de phéromone **P**.

**Les parties 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4 sont indépendantes.**

### 1.1 Réaction de synthèse.

- 1.1.1 Sur la formule semi-développée de la molécule **P**, entourer le groupement fonctionnel présent et donner le nom de ce groupement.

- 1.1.2 Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool **B**.
- 1.1.3 Ecrire l'équation de la réaction de synthèse permettant d'obtenir la molécule de la phéromone **P**.
- 1.1.4 Préciser les deux caractéristiques principales de cette transformation.

## 1.2 Préparation de la phéromone **P**.

- 1.2.1 Pourquoi chauffe-t-on le mélange acide **A** alcool **B** ?  
Quel est l'intérêt d'un dispositif à reflux ?
- 1.2.2 Quel matériel choisi dans la verrerie disponible utiliseriez-vous pour mesurer le volume  $V_A$  d'acide éthanoïque ?

## 1.3 Etude quantitative de la réaction.

- 1.3.1 Calculer les quantités de matière initiales,  $n_{A(0)}$  et  $n_{B(0)}$  de chacun des réactifs. On utilisera pour cela les données du **TABLEAU 1**
- 1.3.2 Compléter le tableau d'avancement (**TABLEAU 2**: lignes 3, 4 et 5 de l'annexe à rendre avec la copie).
- 1.3.3 Calculer l'avancement maximal  $x_M$ .
- 1.3.4.a Donner la relation liant la quantité  $n_P$  de phéromone formée dans l'état final et l'avancement final  $x_f$ .  
En déduire la valeur de  $x_f$  et compléter le tableau d'avancement, ligne 5, en donnant les valeurs numériques.
- 1.3.4.b Exprimer et calculer le taux d'avancement  $\tau$  (ou rendement) de cette réaction.
- 1.3.5.a Définir la constante d'équilibre  $K$  associée à cette réaction de synthèse.
- 1.3.5.b L'exprimer en fonction de  $x_f$ ,  $n_{A(0)}$  et  $n_{B(0)}$ .
- 1.3.5.c Montrer que  $K = 4,0$ .
- 1.3.6.a Dans les mêmes conditions, on mélange  $n'_{A(0)} = 2,5 \cdot 10^{-1}$  mol du même acide éthanoïque **A** et  $n'_{B(0)} = 5,0 \cdot 10^{-1}$  mol d'alcool **B** puis on chauffe à reflux.  
Que pouvez-vous dire du quotient de réaction  $Q_{r_f}$  dans l'état final ?  
Calculer l'avancement final  $x'_f$  de cette transformation, en utilisant la question 1.3.5.b.
- 1.3.6.b Calculer le taux d'avancement final  $\tau'$  (rendement) de la réaction précédente et le comparer à  $\tau$ . En déduire une façon assez générale d'améliorer le rendement de la réaction.

## 1.4 Augmentation du rendement de la réaction.

Des élèves font des propositions pour augmenter le rendement de cette réaction :

- \* Ajouter une plus grande quantité d'acide sulfurique concentré dans le mélange réactionnel.
- \*\* Eliminer l'eau par distillation au fur et à mesure de sa formation.
- \*\*\* Remplacer l'acide éthanoïque par de l'anhydride éthanoïque .

Pour chaque proposition, précisez si vous êtes en accord ou en désaccord avec ces élèves et pour quelle raison.

### EXERCICE 2

### L'énergie du futur

( 5,5 points)

On sait depuis les travaux de Hans Bethe (1939) que l'énergie du rayonnement émis par le Soleil a pour origine la fusion nucléaire de l'hydrogène.

Les physiciens essaient de réaliser la même réaction en la contrôlant. Maîtriser sur Terre la fusion des noyaux légers à des fins de production d'énergie mettrait à disposition de l'Homme des ressources quasiment illimitées, ce qui pourrait résoudre les problèmes à venir que provoquera la baisse inéluctable des réserves pétrolières. Tel est l'objectif des recherches engagées par les grandes nations industrielles avec le projet ITER, réacteur expérimental de fusion nucléaire.

#### Données

Le neutron  ${}_0^1n$  est noté n.

Suivant la tradition, on appelle deutérium d le noyau  ${}_1^2H$  et tritium t le noyau  ${}_1^3H$ .

On rappelle la valeur de l'unité de masse atomique u :  $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27}$  kg.

On donne :

$$m(d) = 2,01355 u ; m(t) = 3,01550 u ; m({}_2^4He) = 4,00150 u ; m(n) = 1,00866 u.$$

#### 2.1 Réaction deutérium tritium

C'est la réaction la plus facile à déclencher. Elle fait l'objet d'importantes recherches.

L'équation nucléaire en est :



2.1.1 Quelle est la composition des noyaux de deutérium et de tritium ?

Comment qualifie-t-on de tels noyaux ?

2.1.2 D'une façon générale, qu'appelle-t-on fusion nucléaire ?

2.1.3 Avant la fusion, le système est constitué d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.

Après transformation, il est constitué des produits de la réaction nucléaire.

Calculer en unités de masse atomique la masse du système avant et après la fusion. Que peut-on déduire de la comparaison de ces deux valeurs ?

2.1.4 Calculer, en joules puis en MeV, l'énergie libérée par la fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.

On donne :  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup> et  $1eV = 1,60 \cdot 10^{-19}$  J.

- 2.1.5 La constante d'AVOGADRO vaut  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .  
 La masse molaire atomique du deutérium est d'environ  $2 \text{ g.mol}^{-1}$ .  
 Sachant qu'il est possible d'extraire 33 mg de deutérium d'un litre d'eau de mer, calculer en joules l'énergie obtenue à partir du deutérium extrait d'un mètre-cube d'eau de mer.
- 2.1.6 Le pouvoir énergétique du pétrole vaut  $42,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .  
 Calculer la masse de pétrole qui produirait par combustion la même énergie.  
 Conclure.

## 2.2 Radioactivité

Le tritium est radioactif  $\beta^-$  ; sa demi-vie vaut  $t_{1/2} = 12,3 \text{ ans}$ .

- 2.2.1 Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?
- 2.2.2 Définir les trois types de radioactivité.
- 2.2.3 Ecrire l'équation de la désintégration du noyau de tritium  ${}^3_1\text{H}$  en rappelant les lois utilisées.
- 2.2.4 Quelle est la signification du terme demi-vie ?
- 2.2.5 A un instant pris comme origine des temps, le nombre de noyaux de tritium vaut  $N_0$ .  
 Quelle est l'expression du nombre  $N$  de noyaux à l'instant  $t$  en fonction de  $N_0$ ,  $t_{1/2}$  et  $t$  ?
- 2.2.6 Au bout de combien de temps  $N$  vaut-il le dixième de sa valeur initiale  $N_0$  ?

|                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Exercice 3</b> | <b>Microscope</b> | <b>(4 points)</b> |
|-------------------|-------------------|-------------------|

### ***Principe d'un microscope utilisé dans un laboratoire de biologie :***

*Un objectif de très courte distance focale (quelques millimètres) placé près de l'objet observé, donne de celui-ci une image agrandie. Un oculaire joue le rôle de loupe pour observer cette image.*

Un microscope est un appareil constitué

- d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente ( $L_1$ ) de vergence  $C_1 = 250 \delta$
- d'un oculaire, lentille convergente ( $L_2$ ) de vergence  $C_2 = 40 \delta$ .

L'intervalle optique, distance fixe séparant le foyer principal image  $F_1'$  de l'objectif du foyer principal objet  $F_2$  de l'oculaire est  $F_1' F_2 = 16 \text{ cm}$ .

On utilise cet appareil pour observer un objet  $AB$  perpendiculaire à l'axe optique du microscope, le point  $A$  étant supposé placé sur axe.

On appelle  $A_1B_1$  l'image de  $AB$  à travers l'objectif ( $L_1$ ) et  $A_2B_2$  l'image de  $A_1B_1$  à travers ( $L_2$ ).

**3.1.1** Calculer les distances focales  $f_1'$  et  $f_2'$  de l'objectif et de l'oculaire.

**3.1.2** L'objet AB est une spore de champignon de  $2 \mu\text{m}$ .

Faire un schéma permettant de déterminer le diamètre apparent  $\alpha$  de la spore lorsqu'elle est observée à l'œil nu à une distance  $d_m = 25 \text{ cm}$ .

Calculer  $\alpha$  (on fera l'approximation  $\tan \alpha \approx \alpha$ ).

### **3.2 Microscope modélisé**

Pour illustrer le principe du microscope, on utilise le schéma donné en annexe et qui ne respecte pas d'échelle (voir SCHEMA1).

**3.2.1** Construire l'image  $A_1B_1$  de AB à travers l'objectif ( $L_1$ ).

**3.2.2** Où l'image  $A_1B_1$  doit-elle se trouver pour l'oculaire si l'on veut que l'image définitive  $A_2B_2$  soit à l'infini ?

**3.2.3** Représenter l'oculaire sur le schéma, sans souci d'échelle.

**3.2.4** Construire l'image définitive  $A_2B_2$  et indiquer sur le schéma l'angle  $\alpha'$ , diamètre apparent de  $A_2B_2$ , c'est-à-dire pour un observateur utilisant le microscope.

### **3.3 Microscope réel réglé de telle façon que l'image définitive $A_2B_2$ soit à l'infini : Les réponses numériques seront trouvées par le calcul.**

**3.3.1** Calculer la distance entre l'objectif et l'image  $A_1B_1$ .

**3.3.2** En déduire la distance entre l'objet observé et l'objectif.

**3.3.3** Calculer la taille de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  et le grandissement  $\gamma_1$  de l'objectif. La valeur obtenue est-elle en accord avec l'indication ( $\times 40$ ) signalée sur la monture de l'objectif ?

**3.3.4** Etablir l'expression de  $\alpha'$  (voir question 3.2.4) en fonction de  $A_1B_1$  et  $f_2'$ . Calculer sa valeur en faisant la même approximation qu'au 1.2.

### **3.4 Grossissement**

Une des grandeurs importantes qui caractérise un microscope est son grossissement standard  $G$ , défini par le rapport  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ .

**3.4.1** Calculer le grossissement  $G$  de ce microscope.

**3.4.2** On peut aussi exprimer  $G$  en fonction du grandissement  $\gamma_1$  de l'objectif et du grossissement  $G_2$  de l'oculaire ;  $G = |\gamma_1| \cdot G_2$ .

On a mélangé les trois oculaires dans la boîte qui les contient et qui comporte les indications  $\times 4$  ;  $\times 10$  ;  $\times 40$ .

Quel oculaire a-t-on utilisé ?

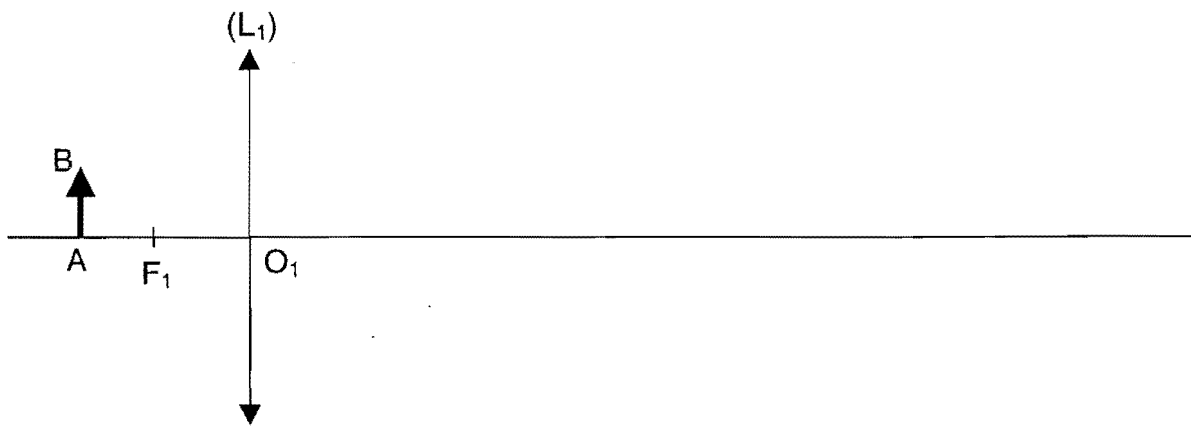
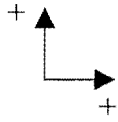
**TABLEAU 2 : tableau d'avancement**

Annexe

|         |                                |                  |                           |          |              |          |          |          |          |
|---------|--------------------------------|------------------|---------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| Ligne 1 | <b>Equation de la réaction</b> |                  | <b>CH<sub>3</sub>COOH</b> | <b>+</b> | <b>B</b>     | <b>=</b> | <b>P</b> | <b>+</b> | <b>E</b> |
| Ligne 2 | <b>Etat du système</b>         | Avancement (mol) | Quantité de matière (mol) |          |              |          |          |          |          |
| Ligne 3 | initial                        | 0                | $n_{A(o)} =$              |          | $n_{B(o)} =$ |          |          |          |          |
| Ligne 4 | intermédiaire                  | x                |                           |          |              |          |          |          |          |
| Ligne 5 | final réel                     | $x_f$            |                           |          |              |          |          |          |          |

**Attention : feuille à rendre avec la copie**

SCHÉMA 1



**Attention : feuille à rendre avec la copie**