

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

SESSION 2009

**PHYSIQUE - CHIMIE**

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 6

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

**OBLIGATOIRE**

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, 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 – Chute d'une bille dans un fluide visqueux

**Les feuilles 8 sur 9 et 9 sur 9 sont à rendre avec la copie.**

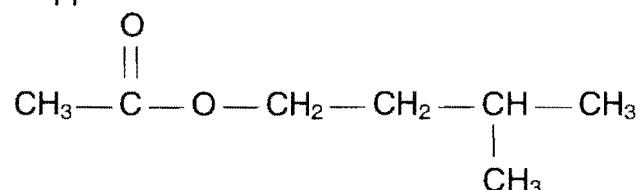
## Exercice 1 Préparation d'une phéromone (6,5 points)

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 éthanóique **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 éthanóique 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  $Q_{rf}$  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  ${}_0^1\text{n}$  est noté n.

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

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

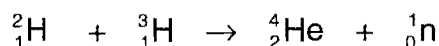
On donne :

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

#### 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 :  $c = 3,00 \cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19}\text{ J}$ .

- 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.

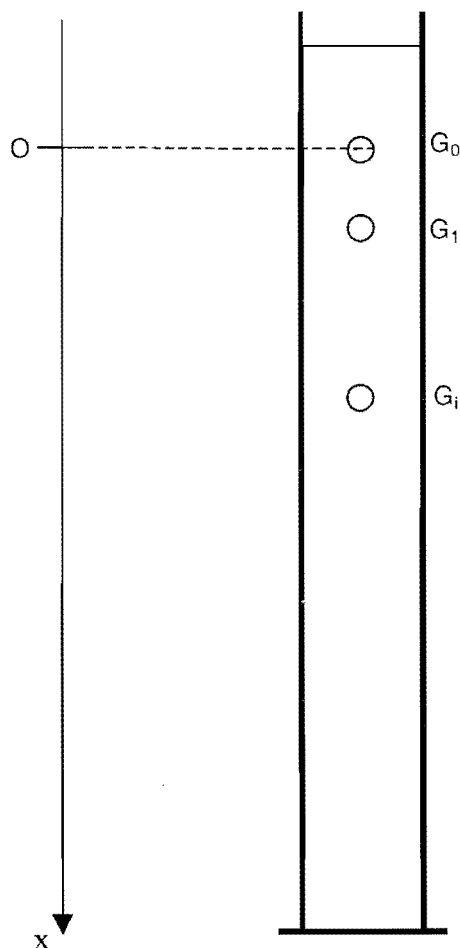
## 2.2 Radioactivité

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>Chute d'une bille dans un fluide visqueux</b>	<b>( 4 points)</b>
-------------------	--	--------------------

*Une éprouvette contenant un liquide visqueux sert de support à l'étude de la chute d'une bille d'acier. Le schéma ci-dessous, qui donne une idée du montage, n'est qu'indicatif. En particulier, il ne respecte pas d'échelle et ne peut pas servir de support pour des mesures.*



**FIGURE 1**

La bille, qui constitue le système étudié, est lâchée sans vitesse initiale à l'instant  $t = 0$  (voir figure 1). Au même instant, une acquisition vidéo assurée par une webcam couplée à un ordinateur est déclenchée de manière à enregistrer 25 images par seconde.

La position instantanée  $x$  du centre  $G$  de la bille est repérée par l'axe vertical orienté vers le bas  $\vec{Ox}$ , de vecteur unitaire  $\vec{i}$ . A  $t = 0$ ,  $G$  est en  $G_0$ .

Le vecteur-vitesse de  $G$  est noté  $\vec{v} = v \cdot \vec{i}$ .

La vidéo est ensuite analysée à l'aide d'un logiciel approprié qui permet de repérer aux dates  $t_i$  les positions successives  $x_i$  de  $G$  lors de son mouvement descendant et de calculer approximativement la vitesse moyenne  $v_i$  entre les dates  $t_{i-1}$  et  $t_{i+1}$ .

La détermination des vitesses  $v_i$  aux instants  $t_i$  donne l'**ENREGISTREMENT 1**.

### 3.1 Exploitation de l'enregistrement

**3.1.a** Expliquer comment le logiciel permet de déterminer les vitesses  $v_i$  à partir des positions  $x_i$  aux instants  $t_i$ .

**3.1.b** Mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite  $v_L$  dont on donnera la valeur.

### 3.2 Equation du mouvement

On considère comme système la bille plongée dans le liquide et en mouvement par rapport à celui-ci.

**3.2.a** Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système. Les représenter sur un schéma.

**3.2.b** On note  $m$  et  $V$  la masse et le volume de la bille,  $\rho$  et  $\rho'$  les masses volumiques respectives de l'acier qui constitue la bille et du liquide dans laquelle celle-ci est plongée.  $\vec{g} = g \cdot \vec{i}$  est l'accélération de la pesanteur. On suppose que la force (« résistance ») exercée par le fluide sur la bille en mouvement est de la forme  $\vec{F} = -k \cdot \vec{v}$ ,  $k$  étant une constante positive. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la fonction  $v(t)$ . Montrer qu'elle est de la forme :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-k \cdot v}{m} + \alpha \cdot g$$

**3.2.c** Vérifier que la fonction  $v(t) = \alpha \cdot g \frac{m}{k} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right) \right]$  est solution de l'équation précédente et vérifie la condition initiale : à  $t = 0$ ,  $v = 0$ .

On prend dorénavant les valeurs suivantes, données dans le système international S.I. :

$$m = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ kg} ; g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} ; k = 7,60 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} ; \alpha = 0,906.$$

**3.2.d** Dans l'équation différentielle ou dans l'expression de la solution, mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite. Calculer sa valeur et la comparer à celle trouvée en 3.1.b.

Utiliser l'analyse dimensionnelle pour déterminer l'unité de  $\frac{m}{k}$ .

Calculer numériquement ce rapport.

Quelle interprétation peut-on donner de cette grandeur ?

### 3.3 Détermination du temps caractéristique sur l'enregistrement

Par une méthode de votre choix et que vous explicitez, déterminez sur l'enregistrement la valeur du temps  $\tau$  caractéristique du phénomène. Conclusion.

## Annexe

**TABLEAU 2 : tableau d'avancement**

Ligne 1	<b>Equation de la réaction</b>		<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	+	<b>B</b>	=	<b>P</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**



