

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

**obligatoire**

L'usage des calculatrices EST autorisé

**Ce 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 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci.

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

## EXERCICE I. L'ASPIRINE (6,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Données : Masses molaires :

- de l'acide salicylique :  $M_{ac} = 138 \text{ g.mol}^{-1}$
- de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) :  $M_{anh} = 102 \text{ g.mol}^{-1}$
- de l'aspirine :  $M_{asp} = 180 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) :  $\rho = 1,08 \text{ g.mL}^{-1}$

### 1. Structure et formulation.

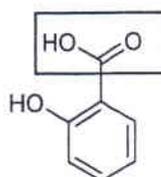
L'histoire de l'aspirine débute il y a 2000 ans, chez les Sumériens, qui utilisaient les feuilles de saule pour soigner la fièvre et les douleurs. Vers 400 ans avant J.C., Hippocrate préconise des infusions de feuilles de saule pour soulager les douleurs d'accouchement et la fièvre. Mais ce n'est qu'au début du 19<sup>e</sup> siècle, grâce aux progrès des techniques d'extraction et d'analyse, que l'on va identifier les molécules responsables des propriétés thérapeutiques de différentes substances naturelles, utilisées jusqu'alors de manière empirique.

En 1825, M. Fontana isole la **salicine**, extraite du saule blanc (*salix alba*).

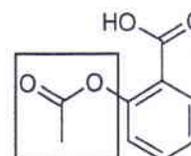
En 1838, R. Piria synthétise l'**acide salicylique**, plus efficace que la salicine mais beaucoup plus agressif pour l'estomac.

En 1877, G. De Sée lance l'usage thérapeutique du **salicylate de sodium**, mieux toléré mais très amer.

En 1897, la société Bayer commercialise, sous le nom d'**aspirine**, l'**acide acétylsalicylique** qui avait été synthétisé, dès 1853, par C.F. Gerhardt à partir de l'acide salicylique. Le procédé a été mis au point par F. Hoffmann.



acide salicylique



acide acétylsalicylique

1.1. Donner le nom des groupes caractéristiques encadrés dans les formules topologiques de :

- 1.1.1. la salicine ;
- 1.1.2. l'acide salicylique ;
- 1.1.3. l'acide acétylsalicylique.

1.2. L'acide salicylique possède une base conjuguée, l'ion salicylate, mentionné dans le texte. Donner sa formule topologique.

1.3. De la même manière, l'**acide acétylsalicylique** ou **aspirine**, possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le couple, qu'on notera plus simplement AH/A<sup>-</sup> possède un pK<sub>a</sub> de 3,5.

- 1.3.1. Tracer son diagramme de prédominance.
- 1.3.2. Sachant que le pH de l'estomac est voisin de 1, citer l'espèce prédominante de ce couple.

1.4. Quand l'aspirine reste trop longtemps sous cette forme prédominante dans l'estomac, elle y provoque des lésions gastriques. C'est pourquoi on trouve dans le commerce des formulations en poudre, moins agressives, à base d'acétylsalicylate de sodium, associé à de l'hydrogénocarbonate de sodium.

La dissolution de la poudre dans un verre d'eau est rapide et totale. La solution obtenue contient les ions acétylsalicylate  $A^-_{(aq)}$  et hydrogénocarbonate, de formule  $HCO_3^-_{(aq)}$ .

Données : pK<sub>a</sub> du couple  $(CO_2, H_2O)_{(aq)} / HCO_3^-_{(aq)} = 6,4$

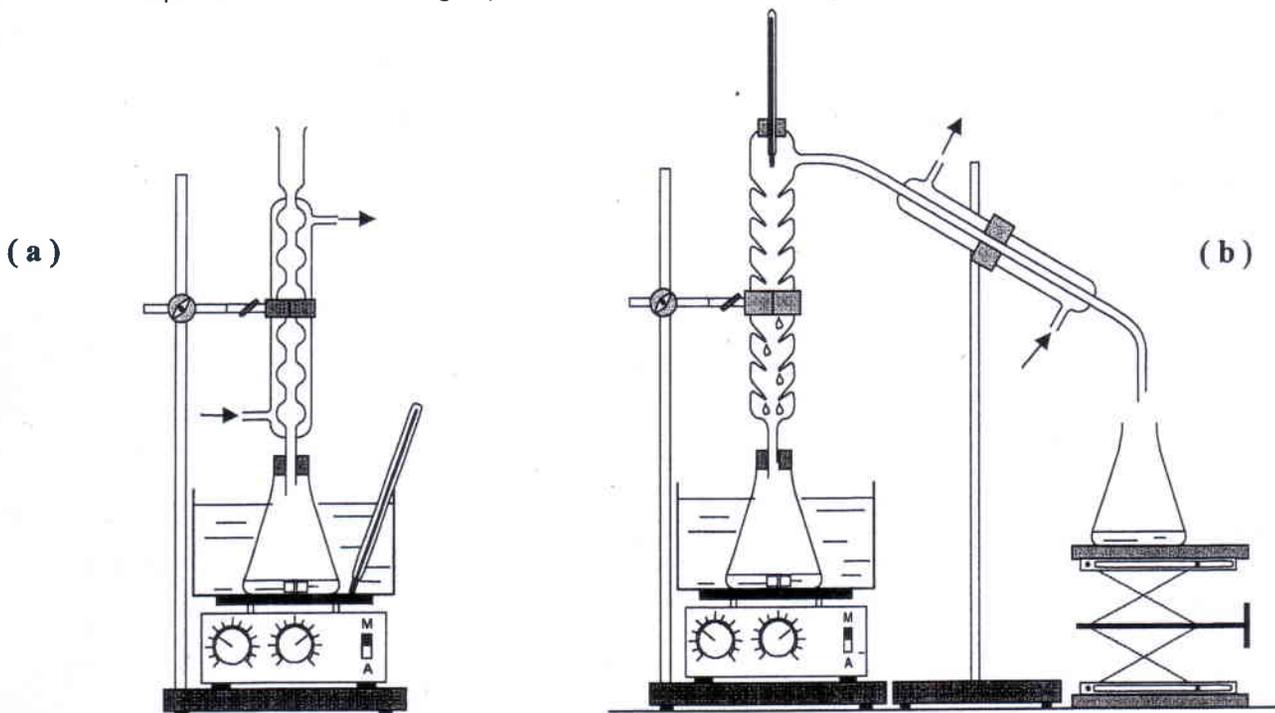
Après absorption, ces ions pénètrent dans l'estomac où le pH est très acide.

- 1.4.1. Écrire l'équation de la réaction se produisant entre les ions hydrogénocarbonate et les ions oxonium présents en abondance dans l'estomac.
- 1.4.2. Calculer la constante d'équilibre K de cette réaction.
- 1.4.3. Au moment de l'ingestion du verre d'aspirine, le quotient de réaction initial est faible par rapport à K, en déduire l'influence des ions hydrogénocarbonate sur le pH de l'estomac.

## 2. Synthèse.

Au laboratoire, on peut fabriquer de l'acide acétylsalicylique (aspirine) à partir de l'acide salicylique et de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) en utilisant un chauffage à reflux.

2.1. Lequel de ces deux montages permet de réaliser un chauffage à reflux ? Justifier.



- 2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'anhydride acétique (ou éthanoïque).  
2.2.2. Pourquoi utilise-t-on l'anhydride acétique plutôt que l'acide acétique pour cette synthèse ?  
2.2.3. Écrire l'équation de la synthèse de l'aspirine à partir de l'anhydride acétique et de l'acide salicylique. On pourra utiliser les formules topologiques du 1.

2.3. Dans un erlenmeyer bien sec, on introduit 10,0 g d'acide salicylique, 12,0 mL d'anhydride acétique et 0,50 mL d'acide sulfurique concentré.

- 2.3.1. À quoi sert l'acide sulfurique ?  
2.3.2. Calculer les quantités de matière des réactifs introduits. Déterminer le réactif limitant.  
2.3.3. En déduire la masse théorique  $m_{\text{théo}}$  d'aspirine que l'on peut espérer obtenir. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement si nécessaire.

2.4. Après 20 minutes de chauffage, on sort l'erlenmeyer du bain-marie. On introduit par le haut du réfrigérant 20 mL d'eau distillée pour détruire l'anhydride acétique restant. Quand l'ébullition a cessé, on ajoute 50 mL d'eau glacée, puis on place l'erlenmeyer dans un bain d'eau glacée. Les cristaux d'aspirine apparaissent. Après cristallisation complète, on filtre sur Büchner. On rince les cristaux et on les place à l'étuve pour séchage. La masse expérimentale d'aspirine obtenue est :  $m_{\text{exp}} = 10,5$  g. Calculer le rendement de cette synthèse.

## 3. Titrage et contrôle de la pureté.

Dans une fiole jaugée de 100 mL, on verse 6,0 g d'aspirine obtenue expérimentalement. On ajoute 10 mL d'éthanol pour faciliter la dissolution de l'aspirine, on agite, puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite à nouveau. On prélève 10,0 mL de cette solution et on les dose avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en soluté apporté  $c_B = 0,250$  mol.L<sup>-1</sup>. À l'équivalence, le volume versé est  $V_{bE} = 9,3$  mL.

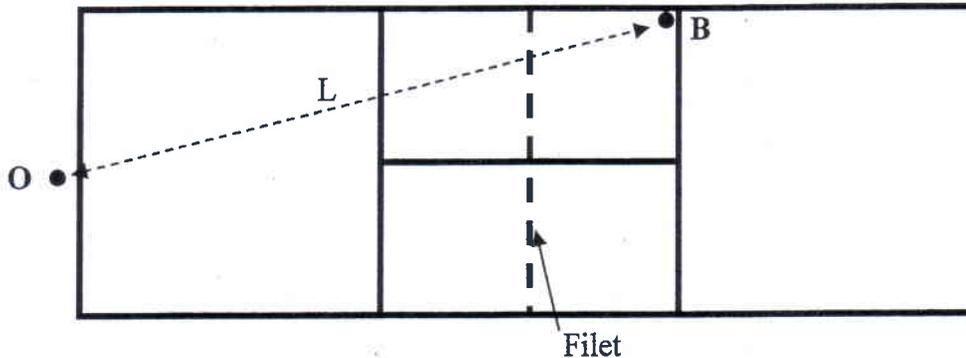
- 3.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage de l'aspirine, qu'on notera HA.  
3.2. Calculer la quantité de matière d'aspirine dosée, puis celle contenue dans la fiole entière.  
3.3. Comparer la masse d'aspirine dosée à la masse introduite. L'aspirine préparée est-elle pure ?

## EXERCICE II. UN SERVICE AU TENNIS (5,5 points)

Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.

Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du filet.

On étudie un service du joueur placé au point O.



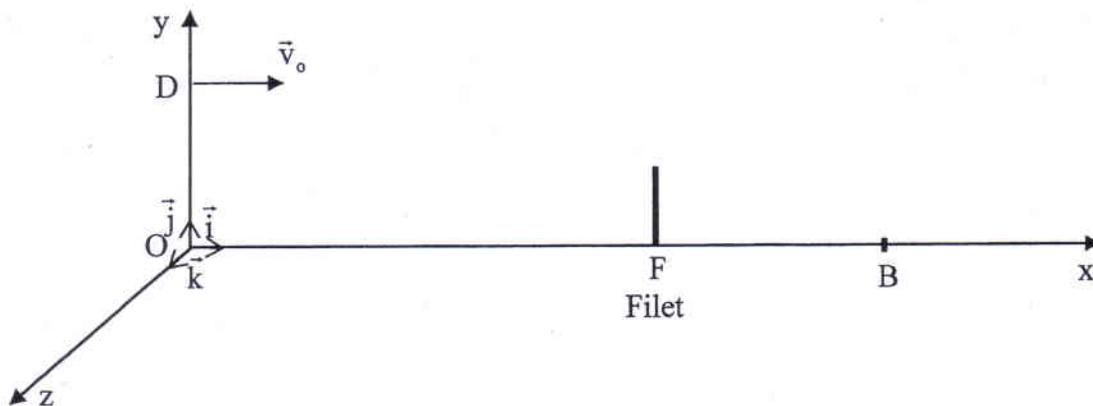
Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que  $OB = L = 18,7$  m.

Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur  $H = 2,20$  m.

La balle part alors de D avec une vitesse de valeur  $v_0 = 126 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , horizontale comme le montre le schéma ci-dessous.

La balle de masse  $m = 58,0$  g sera considérée comme ponctuelle et on considérera que l'action de l'air est négligeable.

L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Oxyz comme l'indique le schéma ci-dessous :



### 1. Équations horaires paramétriques et trajectoire.

1.1. Faire le bilan des forces appliquées à la balle pendant son mouvement entre D et B. En indiquer les caractéristiques (direction, sens, grandeur) et l'expression.

1.2. Établir l'expression du vecteur accélération de la balle au cours de son mouvement.

1.3. Montrer que les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$$x(t) = v_0 t \qquad y(t) = \frac{-gt^2}{2} + H \qquad z(t) = 0$$

1.4. Montrer que le mouvement de la balle a lieu dans un plan.

1.5. Dédurre de la réponse à la question 1.3. l'équation littérale de la trajectoire de la balle dans le plan xOy.

## 2. Qualité du service.

On prendra  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

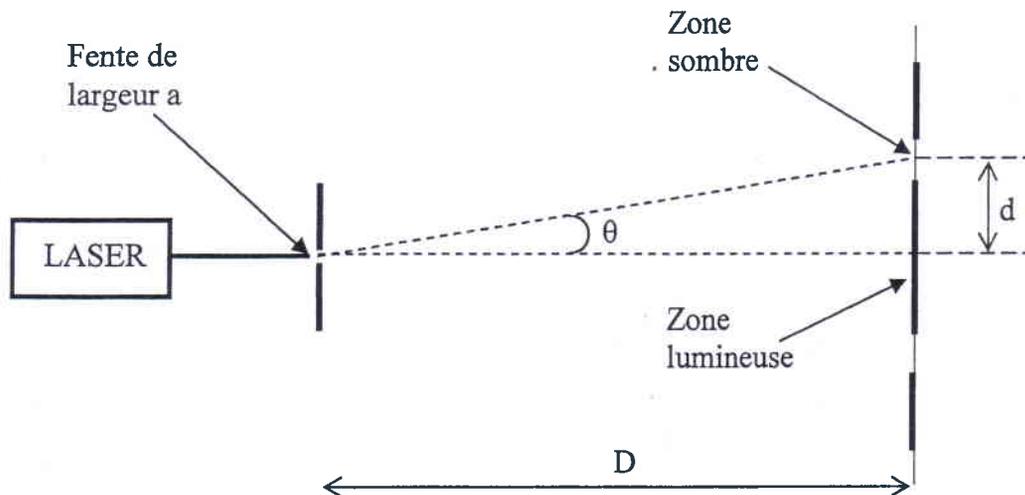
- 2.1. Sachant que la distance  $OF = 12,2 \text{ m}$ , la balle, supposée ponctuelle, passe-t-elle au-dessus du filet ?
- 2.2. Montrer que le service sera considéré comme mauvais, c'est-à-dire que la balle frappera le sol en un point  $B'$  tel que  $OB'$  soit supérieur à  $OB$ .
- 2.3. En réalité, la balle tombe en  $B$ . Quel est le paramètre, non pris en compte dans ce problème, qui peut expliquer cette différence ?

## 3. Énergie de la balle.

- 3.1. Donner l'expression littérale de la variation d'énergie potentielle de la balle entre l'instant où elle quitte la raquette et l'instant où elle touche le sol. Calculer sa valeur.
- 3.2. Quelle est l'expression de l'énergie cinétique de la balle lorsqu'elle part de  $D$  ? Indiquer les unités dans le système international.
- 3.3. Écrire les expressions de l'énergie mécanique de la balle en  $D$  ( $E_{mD}$ ) et de la balle en  $B'$  ( $E_{mB'}$ ).
- 3.4. Quelle est la relation entre  $E_{mD}$  et  $E_{mB'}$  ? Justifier.
- 3.5. Dédurre de 3.4. l'expression de la vitesse  $v_B$  de la balle lorsqu'elle frappe le sol. Calculer cette vitesse.

### EXERCICE III. CARACTÈRE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE (4 points)

On réalise une expérience en utilisant un LASER, une fente de largeur réglable et un écran blanc. Le dispositif (vu de dessus) est représenté ci-dessous :



Les mesures de la largeur de la fente  $a$ , de la distance de la fente à l'écran  $D$  et de la largeur de la zone lumineuse centrale  $2d$  conduisent aux résultats suivants :

$$a = 0,200 \text{ mm}$$

$$D = 2,00 \text{ m}$$

$$2d = 12,6 \text{ mm}$$

1. Quel est le nom du phénomène observé ?

#### 2. Exploitation des résultats de l'expérience.

2.1. L'angle  $\theta$  étant « petit », on peut faire l'approximation :  $\tan \theta \approx \theta$  (en rad).

En utilisant les résultats des mesures, calculer la valeur de l'angle  $\theta$  en radians.

2.2. Donner la relation qui lie les grandeurs  $\theta$  (écart angulaire),  $\lambda$  (longueur d'onde de la lumière) et  $a$  (largeur de la fente). Indiquer les unités dans le système international.

Calculer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$ .

2.3. Quelle est la relation entre  $\lambda$  (longueur d'onde de la lumière),  $c$  (célérité de la lumière) et  $\nu$  (fréquence de la lumière) ?

Indiquer les unités dans le système international.

2.4. Indiquer comment varie  $d$  lorsque :

- on remplace la lumière émise par le LASER (lumière rouge) par une lumière bleue ?
- on diminue la largeur de la fente  $a$  ?

2.5. Qu'est-ce qui différencie une lumière monochromatique d'une lumière polychromatique ?

#### 3. Dispersion de la lumière.

On remplace le LASER par une source de lumière blanche et la fente par un prisme en verre.

3.1. Quelle est la grandeur qui ne change pas lors du passage d'une radiation de l'air dans le verre : la longueur d'onde, la fréquence ou la célérité ?

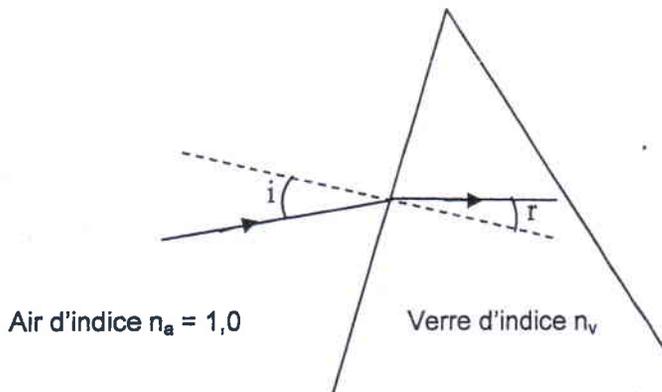
3.2. Donner la relation qui définit l'indice de réfraction d'un milieu transparent pour une radiation lumineuse monochromatique, en précisant la signification des symboles utilisés.

3.3. On donne : célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ; indice du verre utilisé  $n = 1,50$  pour une radiation lumineuse donnée.

Calculer la célérité de cette radiation dans le verre.

3.4. Qu'appelle-t-on milieu dispersif ?

Lorsque la lumière passe de l'air dans le prisme, elle est déviée :



Relation de Descartes

Pour une lumière monochromatique :

$$n_a \cdot \sin i = n_v \cdot \sin r$$

On observe que si on fixe la valeur de  $i$ , la valeur de  $r$  varie lorsque la fréquence de la radiation incidente varie.

3.5. Dédire de ces informations, à partir de la relation de Descartes et de la définition de l'indice de réfraction que le verre est dispersif.