BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2007

_____

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

_____

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

_____

obligatoire

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

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

I. La galiote (7 points)
II. Découvertes liées à des éclipses de Soleil (5 points)
III. Synthèse d'un ester (4 points)

EXERCICE I. LA GALIOTE (7 points)

La galiote était un navire de guerre qui fit son apparition à la fin du XVII^{ème} siècle, sous le règne de Louis XIV. Les galiotes possédaient de lourds canons, fixés au pont, projetant des boulets de 200 livres (environ 100 kg) portant jusqu'à 1200 toises (environ 2400 m).
Selon la description détaillée de Renau, Inspecteur Général de la Marine, ces bâtiments sont destinés à emporter des canons en mer. Ils sont de moyenne grandeur et à fond plat. De par leur fabrication, l'angle de tir des canons est fixe et a pour valeur $\alpha = 45°$, ce qui permet de tirer à la plus grande distance possible.
La structure d'une galiote doit être très robuste pour résister à la réaction considérable du boulet et leur échantillon(1) est ordinairement aussi fort que celui d'un vaisseau de 50 canons.

(1) dimension et épaisseur des pièces utilisées pour la construction.

D'après le site Internet de l'Institut de Stratégie Comparée.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.
Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

1. Action de la poudre de canon sur le boulet

L'éjection du boulet est provoquée par la combustion de la poudre. Une force de poussée est donc exercée sur le boulet par l'ensemble {galiote + canon + gaz}.
Justifier l'expression soulignée dans le texte encadré ci-dessus, à l'aide d'une des trois lois de Newton. Énoncer cette loi. (On pourra s'aider d'un schéma).

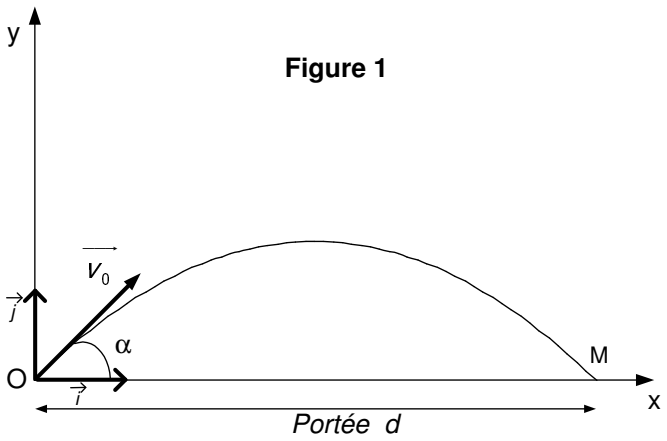
2. La trajectoire du boulet

*On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du boulet de masse m. L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. Le repère d'étude est $(O, \vec{i}, \vec{j})$ et l'origine des dates est choisie à l'instant où le boulet part du point O (voir **figure 1** ci-dessous).*
Le vecteur vitesse initiale $\vec{v_0}$ du point G est incliné d'un angle α (appelé angle de tir) par rapport à l'horizontale. ***Une fois le boulet lancé, la force de poussée de la partie précédente n'intervient plus.***

Données :
Volume du boulet : $V = 16\ dm^3 = 16\ L$
Masse du boulet : $m = 100\ kg$
Valeur du champ de pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$
Masse volumique de l'air : $\rho = 1{,}3\ kg.m^{-3}$

Aide au calcul		
$1{,}6 \times 1{,}3 = 2{,}1$	$\sqrt{2{,}4} \approx 1{,}5$	
$\frac{1{,}6}{1{,}3} = 1{,}2$	$\frac{1{,}3}{1{,}6} = 0{,}81$	$\sqrt{24} \approx 4{,}9$

Figure 1



2.1. Inventaire des forces agissant sur le boulet après son lancement

2.1.1. La poussée d'Archimède
Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède puis la calculer.

2.1.2. Le poids
Calculer la valeur P du poids du boulet après avoir précisé son expression littérale.

2.1.3. *Dans cet exercice, on pourra négliger la poussée d'Archimède devant le poids si la valeur de ce dernier est au moins cent fois plus grande que celle de la poussée d'Archimède.*
Montrer que l'on est dans cette situation.

2.1.4. *Pendant le vol, compte tenu de la masse, de la vitesse et de la forme du boulet, on fait l'hypothèse que les forces de frottement dans l'air sont négligeables devant le poids.*
En tenant compte de la remarque et des résultats précédents, établir le bilan des forces exercées sur le système {boulet} pendant le vol.

2.2. Équation de la trajectoire

Dans toute cette partie, on négligera la poussée d'Archimède et on ne tiendra pas compte des forces de frottement dues à l'air.

2.2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les équations horaires du mouvement du point G s'écrivent :

$$x(t) = (v_0 . \cos \alpha) . t$$

$$\text{et } y(t) = -\frac{1}{2} g . t^2 + (v_0 . \sin \alpha) . t$$

2.2.2. Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sous la forme $y(x) = Ax^2 + Bx$. On donnera les expressions littérales de A et B et on précisera leurs unités respectives.

2.3. Portée du tir

L'équation de la trajectoire du boulet peut se mettre sous la forme $y(x) = x \cdot (Ax + B)$.
*Au cours d'un tir d'entraînement, un boulet tombe dans l'eau. Dans ces conditions, la distance entre le point de départ du boulet et son point M d'impact sur l'eau est appelée portée (voir **figure 1 page 2**).*
On négligera la différence d'altitude entre les points O et M devant les autres distances.

2.3.1. Exprimer la portée *d* du tir en fonction de A et B.

2.3.2. *L'expression littérale de la portée d en fonction de v_0, α et g est :* $d = \frac{v_0^2 . \sin 2\alpha}{g}$.

Retrouver, en la justifiant, la valeur $\alpha = 45°$ donnée dans le texte, pour laquelle la portée est maximale, pour une vitesse v_0 donnée.

2.3.3. À partir de la question précédente et des données, calculer la vitesse initiale du boulet pour atteindre la portée maximale donnée dans le texte.

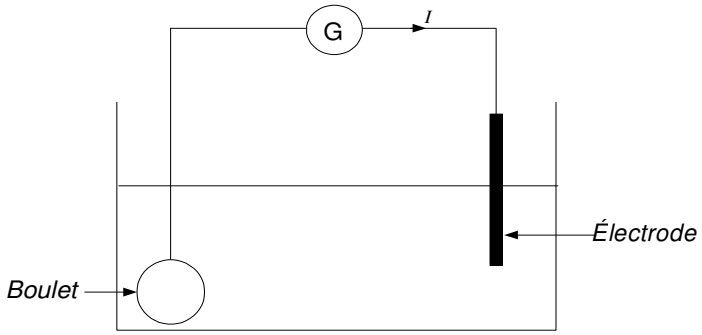
2.3.4. *En fait, les frottements dans l'air ne sont pas négligeables.*
Avec un angle de tir restant égal à 45°, la vitesse initiale du boulet doit-elle être supérieure ou inférieure à celle trouvée à la question 2.3.3. pour obtenir la même portée maximale ? Justifier sans calcul.

3. Restauration d'un boulet par électrolyse

Un boulet est retrouvé par un archéologue, qui le restaure par électrolyse en solution basique. Ce procédé a pour but, notamment :
- d'éliminer la gangue (substance qui forme une enveloppe autour d'une autre matière) qui entoure le boulet ;
- de débarrasser l'objet de tous les ions chlorure qui, au contact de l'humidité de l'air et du dioxygène amènent à la formation d'acide chlorhydrique conduisant à la destruction rapide du boulet. Ces ions chlorure sont également présents dans la gangue.

Le schéma de principe de l'électrolyse est le suivant :

G *: générateur de tension continue*



La lente destruction de la gangue libère dans l'électrolyte les ions chlorure qu'elle contenait.

L'équation de la réaction modélisant l'électrolyse est :

$$2\,C\ell^- (aq) + 2\,H_2O(\ell) = C\ell_2(g) + H_2(g) + 2\,HO^-(aq)$$

Les couples d'oxydoréduction mis en jeu sont : $C\ell_2(g) / C\ell^-(aq)$ et $H_2O(\ell) / H_2(g)$

3.1. La réaction se produisant à l'anode est-elle une oxydation ou une réduction ?

3.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'anode. À quelle borne du générateur est reliée cette électrode ?

3.3. *À l'une des électrodes, on observe un dégagement de dihydrogène. L'équation de la réaction électrochimique associée est :*

$$2\,H_2O(\ell) + 2\,e^- = H_2(g) + 2\,HO^-(aq) \quad (1)$$

La pression exercée par le dihydrogène permet de décoller la gangue. L'élimination de la gangue se fait sous une intensité I constante et pendant une durée Δt qui dépendent, entre autres, de la nature de l'objet et de son état de corrosion.

Données :

Charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C — *Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}0 \times 10^{23}$ mol^{-1}*

Intensité du courant : I = 1,0 A — *Durée de l'électrolyse : Δt = 530 heures*

Aide au calcul			
$5{,}3 \times 3{,}6 \approx 19$	$2 \times 1{,}6 \times 6 \approx 19$	$\frac{5{,}3}{3{,}6} = 1{,}5$	$\frac{2 \times 6}{1{,}6} = 7{,}5$

On note Q la valeur absolue de la charge électrique totale ayant circulé dans le dispositif pendant la durée Δt de l'électrolyse.

3.3.1. Donner l'expression littérale du nombre *N* d'électrons transférés et celle de la quantité d'électrons $n(e^-)$ en fonction des grandeurs données.

3.3.2. *Pour simplifier, on fait l'hypothèse que la réaction correspondant à l'équation (1) est la seule à se produire au niveau de l'électrode concernée.*

En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir une relation entre la quantité $n(H_2)$ de dihydrogène dégagé et la quantité d'électrons $n(e^-)$ et en déduire que $n(H_2) = \frac{1}{2} . \frac{I.\Delta t}{e.N_A}$.

3.3.3. Calculer la valeur de $n(H_2)$.

3.3.4. En déduire quel serait le volume de dihydrogène dégagé dans les conditions de l'expérience. *On donne le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M = 24$ L. mol^{-1}.*

EXERCICE II : DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)

Cet exercice se compose de deux parties indépendantes.
Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

A. Partition lunaire

Des chercheurs du CEA de l'équipe d'Elisabeth Blanc viennent d'annoncer qu'une éclipse n'a pas pour seul effet une baisse de la luminosité. Lors de l'éclipse du Soleil du 11 août 1999, à 12 h 16 précises, l'ombre de la Lune commence sa traversée de la France à la vitesse de 2850 km.h^{-1} sur un axe Cherbourg-Strasbourg. Sur son passage, la température de l'air chute rapidement d'environ 5 °C. Le déplacement de cette zone froide, à la même vitesse que celui de l'ombre (…), engendre dans son sillage des ondes transversales dont la fréquence est largement inférieure à 20 Hz.

D'après la revue Les Défis du CEA - n° 97 octobre-novembre 2003

1. Ondes créées lors de l'éclipse

1.1. Définir une onde mécanique progressive.

1.2. Définir une onde transversale.

1.3. Dire, en justifiant la réponse, si les ondes créées lors de l'éclipse peuvent être sonores.

2. Caractéristiques des ondes créées

L'équipe en charge du projet a pu détecter à faible altitude, une série d'ondes dont la période moyenne est de l'ordre de 10 minutes et la célérité moyenne est de l'ordre de 100 km.h^{-1}.

2.1. Vérifier que la fréquence de l'onde est effectivement largement inférieure à 20 Hz.

2.2. Ces ondes peuvent-elles être diffractées par des montagnes séparées par une distance de 10 km ? Justifier la réponse.

Aide au calcul	
$\frac{1}{6} = 1{,}7 \times 10^{-1}$	$\frac{1}{36} = 2{,}8 \times 10^{-2}$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique

Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillante dans le jaune très proche de celle du sodium. N. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium (du grec hélios qui signifie Soleil). Ce n'est que vingt-sept ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}998 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$
Constante de Planck : $h = 6{,}626 \times 10^{-34}\ J.s$
$1\ eV = 1{,}602 \times 10^{-19}\ J$
Longueur d'onde de la raie D du sodium dans le vide : $\lambda_{Na} = 589{,}0$ nm.
Longueur d'onde de la raie jaune de l'hélium dans le vide : $\lambda_{He} = 587{,}6$ nm.

Aide au calcul	
$\frac{6{,}626\times2{,}998\times1{,}602}{589{,}0} = 5{,}403\times10^{-2}$	$\frac{6{,}626\times2{,}998}{587{,}6\times1{,}602} = 2{,}110\times10^{-2}$
$\frac{6{,}626\times2{,}998}{589{,}0\times1{,}602} = 2{,}105\times10^{-2}$	$\frac{6{,}626\times2{,}998\times1{,}602}{587{,}6} = 5{,}416\times10^{-2}$

1. Spectre d'énergie

1.1. Illustrer, en s'aidant d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon (quantum d'énergie lumineuse).

1.2. *On note E l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.*

Donner l'expression littérale de *E* en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck *h* et de la célérité de la lumière dans le vide *c.*

1.3. *Raie D du sodium*

1.3.1. Calculer la valeur de *E* en électronvolts, pour le rayonnement correspondant à la raie D du sodium.

1.3.2. Déterminer, en s'aidant de la **figure 2 page 7**, à quelle transition correspond cette émission.

1.4. *L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (de longueur d'onde λ_{He}) est égale à 2,110 eV.* En s'aidant de la **figure 2 page 7**, justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

2. Formation de l'hélium dans le Soleil

Les noyaux d'hélium 3 et d'hélium 4 peuvent être produits par une suite de réactions nucléaires dont les équations sont indiquées ci-dessous :

$$\begin{aligned} {}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H &\rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{1}e \\ {}^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H &\rightarrow {}^{3}_{2}He \\ {}^{3}_{2}He + {}^{x}_{2}He &\rightarrow {}^{4}_{2}He + y\,{}^{1}_{1}H \end{aligned}$$

2.1. Quel nom donne-t-on à ces réactions nucléaires ?

2.2. Parmi les noyaux ${}^{3}_{2}He$, ${}^{3}_{1}H$ et ${}^{4}_{2}He$, lesquels sont isotopes ? Justifier.

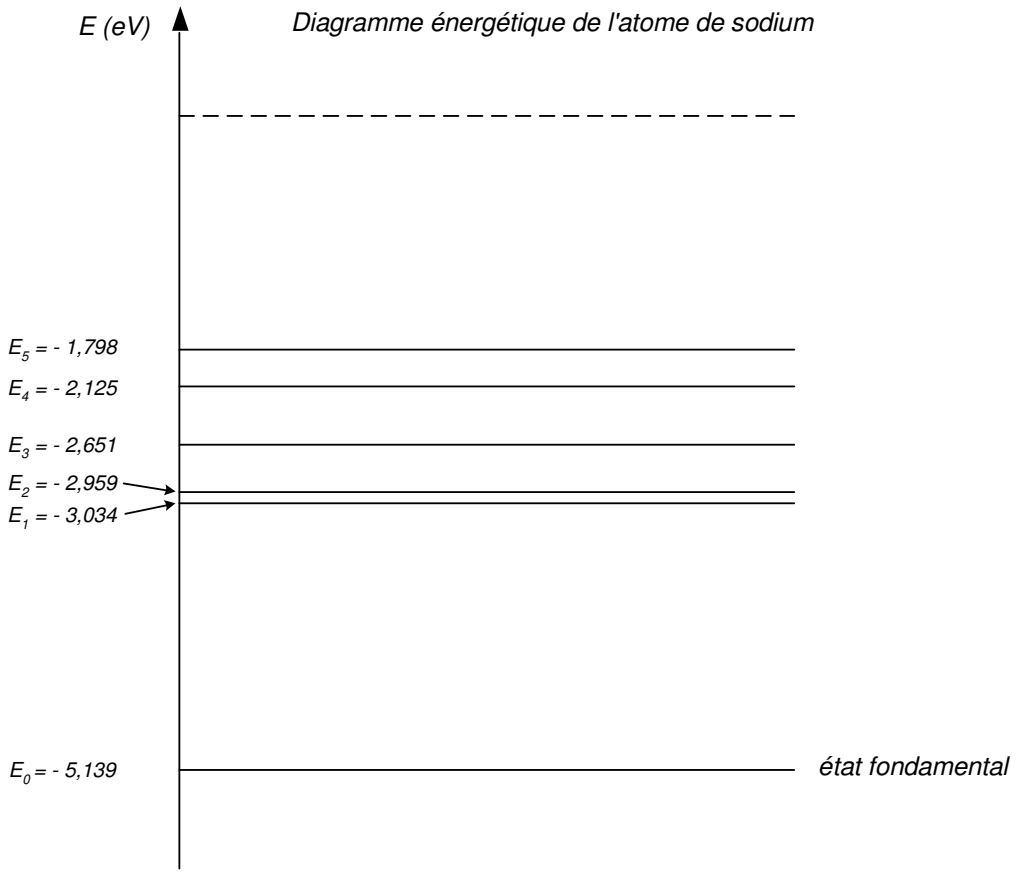
2.3. Déterminer les valeurs de *x* et *y* dans la troisième équation de réaction et justifier la réponse en précisant les lois de conservation utilisées.

2.4. *On étudie dans la couronne solaire les spectres d'émission des atomes d'hélium 3 et d'hélium 4. On rappelle qu'un spectre atomique caractérise la configuration électronique de l'atome (c'est-à-dire le nuage d'électrons de l'atome).*

2.4.1. Ces deux types d'atomes possèdent-ils la même configuration électronique ? Justifier.

2.4.2. Ces deux atomes auraient-ils pu être distingués l'un de l'autre expérimentalement dans le spectre obtenu par Pierre Janssen et Norman Lockyer ?

Figure 2



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. SYNTHÈSE D'UN ESTER (4 points)

L'huile essentielle de Gaulthérie autrement appelée "essence de Wintergreen" est issue d'un arbuste d'Amérique septentrionale : le palommier, également appelé "thé du Canada", "thé rouge", "thé de Terre Neuve". Cette substance est un anti-inflammatoire remarquable. Elle est aussi utilisée en parfumerie et comme arôme dans l'alimentation. Autrefois, elle était obtenue par distillation complète de la plante.

Cette huile est constituée principalement de salicylate de méthyle. Il est possible de synthétiser cet ester au laboratoire, à partir de l'acide salicylique et du méthanol selon la réaction d'équation :

$$C_7H_6O_3(s) + CH_4O\,(\ell) = C_8H_8O_3\,(\ell) + H_2O\,(\ell)$$

Cet exercice comporte 13 AFFIRMATIONS concernant un mode opératoire de cette synthèse.

L'aide au calcul peut comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, répondre par VRAI ou FAUX, en justifiant le choix à l'aide de définitions, de schémas, de calculs, d'équations de réactions,…

SI L'AFFIRMATION EST FAUSSE, DONNER LA RÉPONSE JUSTE.

Données :

Nom	**Formule**	**Masse molaire en g.mol^{-1}**	**Masse volumique en g.mL^{-1}**	**Température d'ébullition en °C (pression 1 bar)**
Acide salicylique	$C_7H_6O_3$	$M_1 = 138$		$\theta_1 = 211$
Méthanol	CH_4O	$M_2 = 32$	$\rho_2 = 0,8$	$\theta_2 = 65$
Salicylate de méthyle	$C_8H_8O_3$	$M_3 = 152$	$\rho_3 = 1,17$	$\theta_3 = 223$
Cyclohexane	C_6H_{12}	$M_4 = 84$	$\rho_4 = 0,78$	$\theta_4 = 81$

Formule de l'ion hydrogénocarbonate : HCO_3^- .

Masse volumique de l'eau : 1,0 g.mL^{-1} .

Couples acide/base : $HCO_3^-(aq) / CO_3^{2-}(aq)$

CO_2 , H_2O / $HCO_3^-(aq)$; le dioxyde de carbone est un gaz peu soluble dans l'eau.

Aide au calcul					
$\frac{1,38}{2,76} = 0,500$	$\frac{2,76}{1,38} = 2,00$	$\frac{2,1}{7,6} = 0,28$	$\frac{2,1}{3,04} = 0,69$	$\frac{1,52}{2,1} = 0,72$	$\frac{2,1}{1,52} = 1,4$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

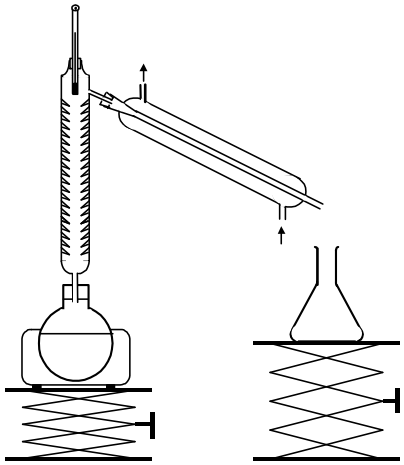
Dans un ballon, on introduit une masse m_1 = 27,6 g d'acide salicylique, un volume V_2 d'environ 20 mL de méthanol et 1 mL d'acide sulfurique concentré. Puis on chauffe à reflux. Sur le flacon de méthanol, on peut voir les pictogrammes suivants :



R : 11 *- Facilement inflammable.*
R : 23/25 *- Toxique par inhalation et par ingestion.*
S : 7 *- Conserver le récipient bien fermé.*
S : 16 *- Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer.*
S : 24 *- Éviter le contact avec la peau.*
S : 45 *- En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin.*

AFFIRMATION 1 : on doit manipuler le méthanol sous la hotte.

AFFIRMATION 2 : le schéma d'un chauffage à reflux est le suivant :

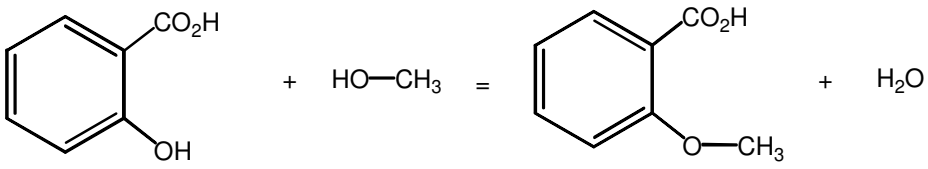


AFFIRMATION 3 : pour prélever le méthanol, il faut absolument utiliser une pipette jaugée munie d'une poire à pipeter (ou propipette).

AFFIRMATION 4 : la quantité n_1 d'acide salicylique introduit vaut $n_1 = 2{,}00 \times 10^{-1}$ mol.

AFFIRMATION 5 : la quantité n_2 de méthanol introduit vaut environ n_2 = 5 mol.

AFFIRMATION 6 : l'équation associée à la réaction de synthèse du salicylate de méthyle s'écrit :



Acide salicylique

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

AFFIRMATION 7 : le réactif introduit en excès est le méthanol.

Après plusieurs heures de chauffage, on refroidit à température ambiante. On ajoute 100 mL d'eau glacée et on verse dans une ampoule à décanter. On extrait la phase organique avec du cyclohexane. Cette phase a une masse volumique proche de celle du cyclohexane.

AFFIRMATION 8 : la phase organique se situe dans la partie inférieure de l'ampoule à décanter.

La phase organique contient l'ester, du méthanol, du cyclohexane et des acides. On lave ensuite plusieurs fois cette phase avec une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium afin d'éliminer les acides restant dans la solution. Il se produit un dégagement gazeux.

AFFIRMATION 9 : le gaz est du dioxyde de carbone.

On effectue à nouveau un lavage à l'eau et on sèche. On sépare les constituants de la phase organique par distillation.

AFFIRMATION 10 : lors de la distillation, le salicylate de méthyle est recueilli en premier.

Après purification, on récupère une masse $m_3 = 21$ g de salicylate de méthyle.

AFFIRMATION 11 : le rendement de cette synthèse est de 50 %.

AFFIRMATION 12 : l'ajout d'acide sulfurique a permis d'augmenter le rendement de la synthèse.

AFFIRMATION 13 : l'excès d'un des réactifs a permis d'augmenter le rendement de la synthèse.