BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Obligatoire

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

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.
« Conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 »

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte **12** pages numérotées de **1** à **12**.

Le sujet est composé de 3 exercices indépendants les uns des autres.

Le candidat doit traiter les trois exercices.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

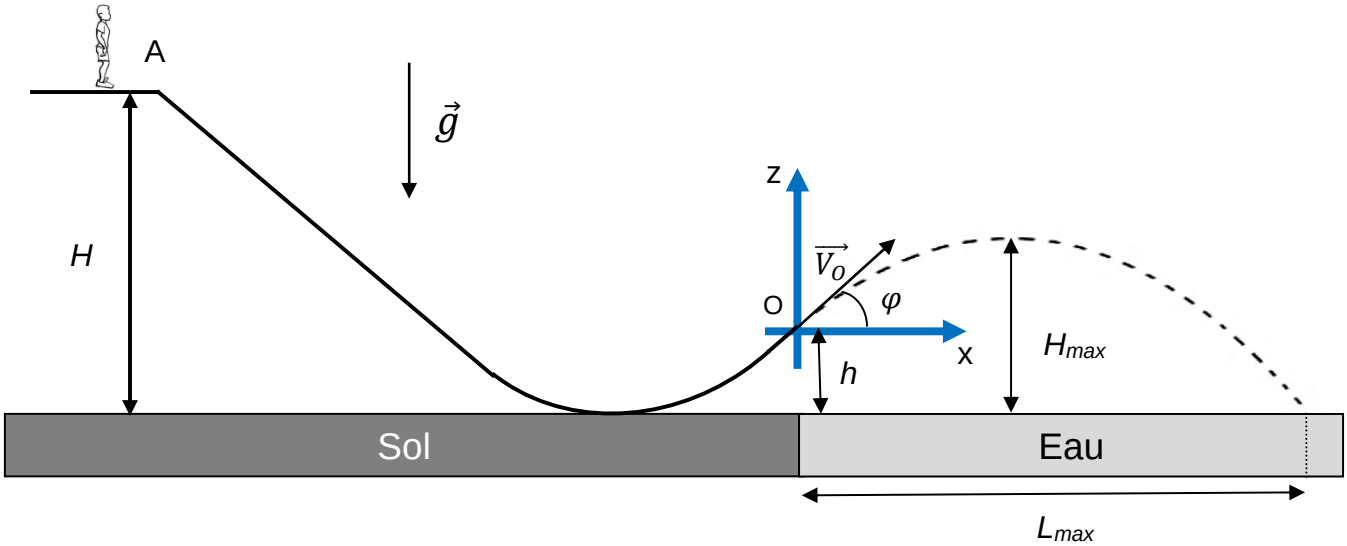
EXERCICE I – WATER JUMP (6 points)

Le *water jump* est une activité en plein essor. Le principe en est simple : un skieur muni d'une combinaison glisse sur un toboggan préalablement mouillé et terminé par un tremplin. Puis, à la sortie de ce dernier, il effectue un saut en chute libre avant de terminer sa course dans un plan d'eau.





Le *water jump* est également utilisé l'été par les skieurs qui ne peuvent s'entraîner sur les pistes faute de neige.



Données

- Intensité du champ de pesanteur terrestre : g = 9,81 m.s^{-2}.
- Masse du skieur et de son équipement : m = 73 kg.

Il existe quatre tremplins dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous.

	Hauteur H	Hauteur h	Angle φ
Tremplin débutant	H_1 = 3,5 m	h_1 = 0,85 m	φ_1 = 20°
Tremplin médian	H_2 = 7,0 m	h_1 = 0,85 m	φ_1 = 20°
Tremplin averti	H_1 = 3,5 m	h_2 = 1,7 m	φ_2 = 45°
Tremplin expert	H_2 = 7,0 m	h_2 = 1,7 m	φ_2 = 45°

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Le sol horizontal est choisi comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur.

Les dimensions du skieur étant faibles devant toutes les autres utilisées dans le problème, il est modélisé par un point matériel. Les frottements seront négligés dans toutes les étapes du mouvement.

L'étude est effectuée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

L'origine des énergies potentielles est choisie au niveau du sol.

Partie 1 : étude énergétique du skieur sur le tremplin

1.1. Par des mesures, estimer l'angle φ du tremplin photographié de profil.

1.2. S'agit-il du tremplin débutant ou expert ?

1.3. Quel est l'intérêt d'humidifier le toboggan avant son utilisation ?

Utilisation du tremplin débutant

1.4. Exprimer l'énergie mécanique E_{mA} du skieur à l'instant initial, lorsqu'il s'élance du point A sans vitesse initiale.

1.5. Déterminer la relation entre l'énergie mécanique E_{mO} au moment où il quitte la piste en O et l'énergie mécanique E_{mA}. Justifier votre réponse.

1.6. Déterminer la vitesse du skieur au point O.

Utilisation du tremplin médian

1.7. Le skieur s'élance à présent depuis le tremplin médian. Expliquer qualitativement comment varie son énergie mécanique par rapport à la situation précédente.

1.8. Peut-on affirmer que la vitesse du skieur à la sortie du tremplin double lorsque la hauteur du toboggan double ? Justifier qualitativement votre réponse.

Partie 2 : étude du mouvement du skieur après avoir quitté le tremplin

2.1. En détaillant votre raisonnement et en précisant la loi utilisée, exprimer le vecteur accélération $\vec{a}$ du skieur lorsqu'il a quitté le toboggan.

2.2. On déclenche le chronomètre lorsque le skieur est au point O. Déduire de la question précédente que les équations horaires du mouvement, dans le repère (O,x,z), peuvent s'écrire :

$$x(t) = v_O \cdot \cos(\varphi) \cdot t$$

$$z(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_O \cdot \sin(\varphi) \cdot t$$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Partie 3 : application à l'entraînement pour les skieurs durant l'été



En ski acrobatique (« free style »), il faut effectuer un maximum de figures lors des sauts.

Pour ce faire les skieurs doivent sauter le plus haut possible.

3.1. Que vaut la composante de la vitesse du skieur suivant z lorsqu'il atteint son point culminant ?

3.2. Le skieur atteint sa hauteur maximale à l'instant t_{max}. Exprimer t_{max} en fonction de v_O, g et φ .

3.3. À l'aide des équations horaires, montrer que l'expression de l'ordonnée correspondante, notée z_{max} dans le repère (O,x,z), vaut $z_{max} = \dfrac{v_O^2 \cdot sin^2(\varphi)}{2\,g}$.

3.4. Calculer la hauteur maximale atteinte H_{max} au-dessus du plan d'eau si le skieur utilise le « tremplin averti » sachant que sa vitesse en O vaut v_O = 5,9 m.s^{-1}.

3.5. Vous êtes entraîneur d'une équipe de ski acrobatique. Choisir le tremplin à utiliser pour que les skieurs fassent un maximum de figures en vol. Justifier votre réponse à l'aide de l'expression de z_{max} établie à la question 2.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II – LE "*GRAND FOUR SOLAIRE*" D'ODEILLO (9 points)



Perché à 1535 m d'altitude, le "*Grand Four Solaire*" d'Odeillo est un laboratoire de recherche du CNRS (centre national de la recherche scientifique). D'une puissance de 1000 kW au foyer, il est à ce jour le four solaire le plus puissant au monde.
Située dans le sud de la France, à 74 km de Perpignan, la commune de Font-Romeu-Odeillo-Via bénéficie d'un ensoleillement exceptionnel. Elle est également célèbre pour la pureté de son air.

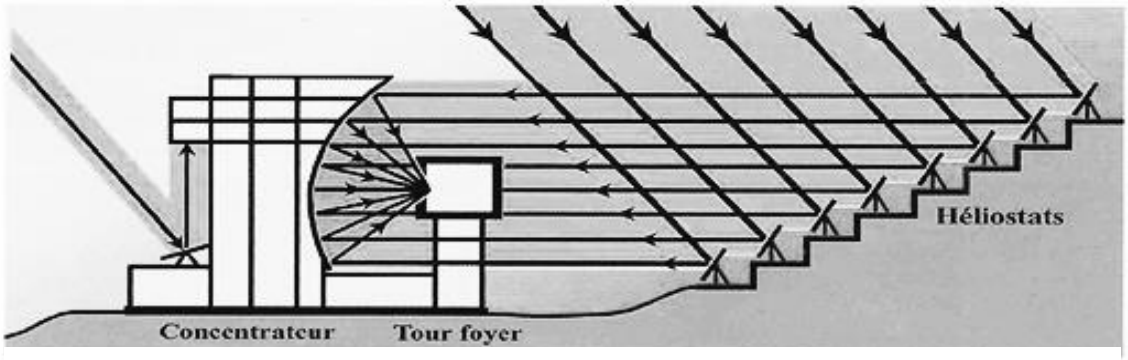
Les deux parties 1 et 2 sont indépendantes et peuvent être traitées dans l'ordre de votre choix.

Partie 1 : fonctionnement du four solaire

La lumière du Soleil est captée par 63 héliostats. De 45 m^2 chacun, ils sont mobiles suivant deux axes pour suivre le mouvement apparent du Soleil tout en réfléchissant les rayons vers un grand miroir parabolique fixe, aussi appelé concentrateur. Les rayons réfléchis par les héliostats, parallèles à un axe Nord-Sud, éclairent toujours la même surface du concentrateur. Réfléchis une deuxième fois par la parabole du concentrateur, ils viennent enfin se concentrer dans un foyer situé 18 m en avant. La tache lumineuse fait seulement 40 cm de diamètre.
Au niveau du foyer, la température peut atteindre 3400 °C.

D'après la vidéo : Odeillo, le Soleil apprivoisé réalisée par le CNRS

Schéma de principe



D'après le livret *"Énergie solaire et sites touristiques en Cerdagne"* rédigé en collaboration avec le CNRS.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données concernant le "*Grand Four Solaire*"

Le concentrateur (ou **parabole**) constitué de plusieurs miroirs	**Les héliostats** (chaque héliostat est constitué de plusieurs miroirs plans)
Superficie totale de la parabole : 1830 m^2 Nombre total de miroirs : 9130	Superficie totale : 2835 m^2 Nombre total de miroirs : 11340

Données générales

- La réflectivité moyenne des miroirs des héliostats, ainsi que celle du concentrateur, est estimée à 70%.

  La réflectivité correspond au pourcentage de rayonnement incident qui est réfléchi par la surface d'un matériau.

- On supposera que la puissance reçue par unité de surface de miroir pendant l'utilisation du "*Grand Four Solaire*" d'Odeillo est de 720 W/m^2.

Compréhension générale du principe de fonctionnement

L'objectif est de retrouver, par calcul, la valeur de la puissance disponible au foyer du "*Grand Four Solaire*" d'Odeillo.

1.1. Exprimer, puis calculer, la puissance réfléchie par l'ensemble des héliostats.

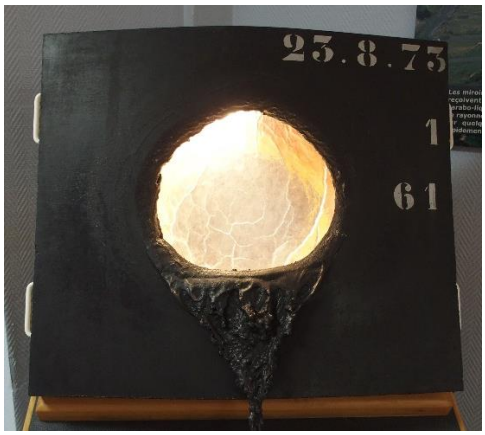
1.2. Montrer que la valeur de la puissance au foyer du four d'Odeillo vaut $1{,}00.10^6$ W.

Une expérience étonnante

Pendant la phase de mise au point du "*Grand Four Solaire*", des expériences ont été réalisées pour tester ses performances.

Une plaque en acier de 10 mm d'épaisseur, positionnée au foyer et soumise au rayonnement solaire concentré, a ainsi été percée d'un trou de diamètre 40 cm égal à celui de la tache lumineuse en seulement 1 minute et 27 secondes.

La photo ci-contre représente une plaque en acier exposée à Odeillo à l'issue de l'expérience.



Données

- L'acier est un mélange principalement composé de fer et de carbone. Ses caractéristiques varient donc en fonction de sa composition. Pour celui utilisé, on utilisera les valeurs moyennes suivantes :
  - température de fusion : 1500°C ;
  - température d'ébullition : 2800°C ;
  - masse volumique à l'état solide : 7200 $kg.m^{-3}$;
  - capacité thermique massique à l'état solide : 460 $J.kg^{-1}.°C^{-1}$;
  - énergie nécessaire à la fusion de 1 kg de cet acier : $L_f = 2{,}50.10^5$ $J.kg^{-1}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

- L'énergie E transmise lors de la fusion d'un échantillon de masse m à température constante est donnée par la relation : $E = m.L_f$
- Le volume d'un cylindre de longueur e et de rayon R est : $V = \pi . R^2.e$

1.3. Indiquer, parmi les relations ci-dessous, celle liant la puissance et l'énergie.

$$P = E.\Delta t \qquad P = \frac{E}{\Delta t} \qquad P = \frac{\Delta t}{E}$$

1.4. Quelle conversion d'énergie est réalisée au foyer du concentrateur afin que le rayonnement solaire concentré puisse percer une plaque en acier ?

1.5. En déduire la température minimale atteinte au foyer pendant cette expérience.

1.6. À l'aide du texte de fonctionnement du Grand Four Solaire et de la description de la plaque, montrer que la masse d'acier fondu est de l'ordre de 9 kg.

1.7. L'objectif est de retrouver, par calcul, la durée nécessaire au perçage de la plaque d'acier et de critiquer le modèle utilisé.

1.7.1. Estimer l'énergie nécessaire pour élever la température de l'acier jusqu'à sa température de fusion. On supposera que la température initiale de l'acier était celle de l'air ambiant, à savoir 20°C.

1.7.2. Estimer l'énergie nécessaire à la fusion de l'acier.

1.7.3. En déduire la durée nécessaire théorique pour réaliser cette expérience.

1.7.4. Comparer le résultat obtenu par calcul au résultat expérimental.

1.7.5. Expliquer la différence entre ces deux résultats en identifiant des transferts thermiques qui n'ont pas été pris en compte dans le modèle.

Partie 2 : la synthèse du dihydrogène par voie solaire

Le four solaire d'Odeillo permet d'envisager différents modes de synthèse du dihydrogène. L'objectif de cette partie est d'en étudier deux et de les comparer à la synthèse par vaporeformage du méthane.

La synthèse industrielle du dihydrogène par vaporeformage du méthane

Plus de 95 % de la production de dihydrogène se fait à partir de combustibles fossiles. Parmi les différents procédés, le vaporeformage est de loin le plus employé.

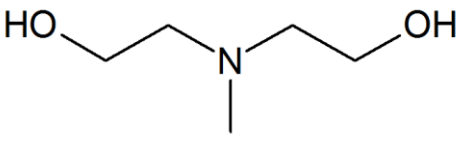
Dans cette première partie, l'étude est centrée sur le vaporeformage du méthane.

Données : *Masses molaires atomiques (en g.mol^{-1}) : $M_H = 1,0$ $M_C = 12,0$ $M_O = 16,0$*

Ce procédé de vaporeformage se déroule en 3 étapes.

1ère étape : la désulfuration

L'objectif de cette étape est d'extraire le sulfure d'hydrogène présent dans le gaz naturel. Cette extraction utilise de la méthyldiéthanolamine (MDEA) dont la formule topologique est donnée ci-contre.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

La MDEA et le sulfure d'hydrogène sont dissous en solution aqueuse et réagissent entre eux. L'équation de la réaction correspondante est la suivante :

$$H_2S(aq) + MDEA(aq) \leftrightarrows HS^-(aq) + MDEAH^+(aq)$$

2.1. Donner la formule brute de la MDEA.

2.2. Justifier que cette réaction est une réaction acide-base et donner les couples mis en jeu.

2.3. Le pH d'une solution aqueuse de MDEA de concentration molaire 0,10 $mol.L^{-1}$ est égal à 10,7. Déterminer si la MDEA est un acide fort, une base forte, un acide faible ou une base faible.

2ème étape

Lors de cette deuxième étape réalisée à haute température (entre 850 et 900°C) et sous pression (20 à 30 bars), le méthane présent dans le gaz naturel désulfuré réagit avec l'eau en présence d'un catalyseur à base de nickel pour former du dihydrogène et du monoxyde de carbone.

2.4. Écrire l'équation de cette réaction.

3ème étape

Lors de cette dernière étape, on fait réagir le monoxyde de carbone obtenu précédemment avec de l'eau : $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$.

2.5. Quel est l'intérêt de cette dernière étape ?

Le dihydrogène obtenu est ensuite séparé du dioxyde de carbone et purifié.

Ce procédé présente un rendement élevé (de l'ordre de 80%). Il a un coût de production attractif (environ 2 euros le kg de dihydrogène) mais libère du dioxyde de carbone.

2.6. La synthèse du dihydrogène par vaporeformage peut être modélisée par une réaction qui correspond au bilan des réactions des deuxième et troisième étapes. Montrer que l'équation de cette réaction s'écrit :

$$CH_4 + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 4H_2.$$

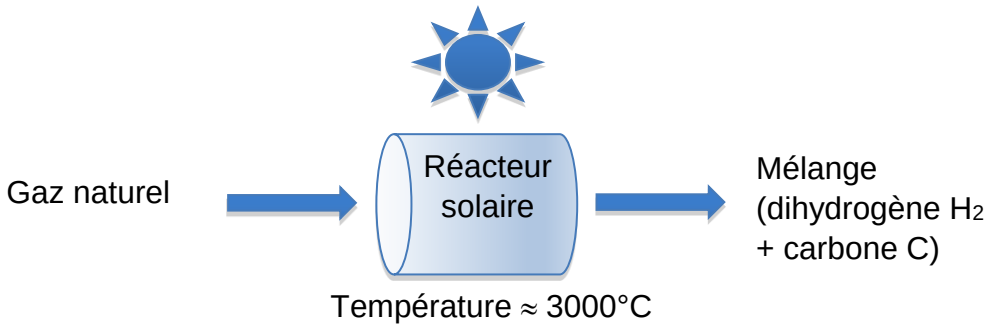
En déduire la masse de dioxyde de carbone formé pour 1,0 kg de dihydrogène produit.

La synthèse du dihydrogène par voie solaire

Un des objectifs du four solaire d'Odeillo est de réussir à produire du dihydrogène sans émettre de gaz à effet de serre tel que le dioxyde de carbone.

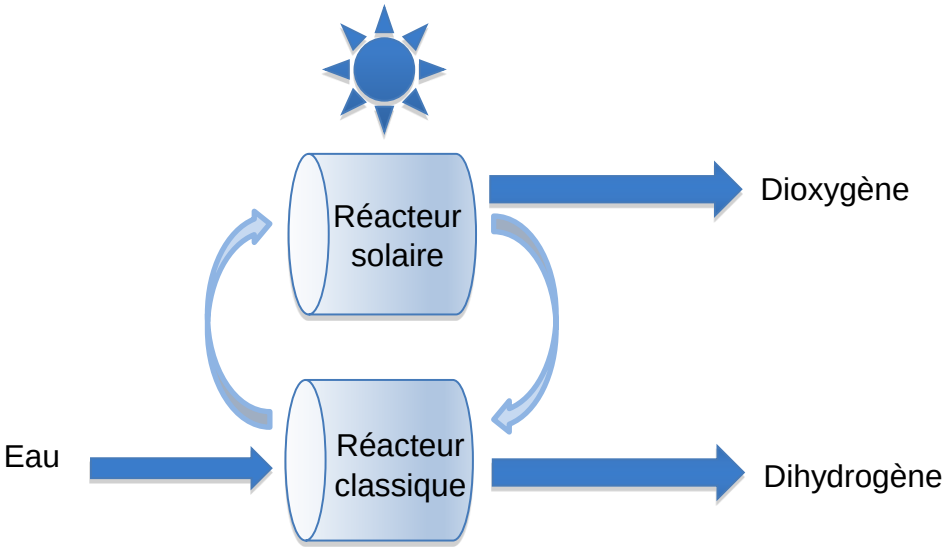
Il existe deux procédés de synthèse par voie solaire.

Procédé 1 : la décomposition directe du gaz naturel (CH_4)



Il faut ensuite séparer le dihydrogène des particules de carbone.

Procédé 2 : la décomposition de l'eau par cycles
Les chercheurs ont mis au point plusieurs cycles de réactions chimiques dont le bilan global permet la production de dihydrogène à partir d'eau. Deux cycles sont étudiés dans cette question.



Cycle 1(mettant en œuvre du zinc)

- Étape 1 réalisée dans le réacteur solaire à 1700 °C : $ZnO \rightarrow Zn + ½\ O_2$
- Étape 2 réalisée dans le réacteur classique à environ 800 °C : $Zn + H_2O \rightarrow ZnO + H_2$

Cycle 2 (mettant en œuvre du fer)

- Étape 1 réalisée dans le réacteur solaire à 1600 °C : $Fe_2O_3 \rightarrow 2\ FeO + ½\ O_2$
- Étape 2 réalisée dans le réacteur classique à environ 600 °C :

$$2\ FeO + H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + H_2$$

2.7. Écrire l'équation de la réaction qui correspond au bilan de la transformation mise en œuvre dans le cycle 1.

2.8. Quels sont les deux intérêts du procédé de décomposition par cycles de l'eau par rapport au procédé de la décomposition directe du gaz naturel ?

Comparaison des deux voies de synthèse

2.9. Dans le cadre de la chimie verte, trouver deux intérêts en faveur de la synthèse du dihydrogène par voie solaire par rapport à la synthèse industrielle du dihydrogène.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III – UNE ODEUR D'ANANAS (5 points)

Les esters ont des arômes souvent agréables et fruités, et sont utilisés dans l'industrie alimentaire pour reproduire des arômes de fruits. Leur synthèse, qui nécessite l'utilisation d'un alcool et d'un acide carboxylique, est généralement facile à réaliser en laboratoire.

Présentation de la réaction d'estérification

L'estérification est une réaction chimique permettant de former un ester à partir d'un acide carboxylique et d'un alcool.
En se plaçant dans un cas général, si l'acide carboxylique a pour formule $R^1—CO_2H$ et l'alcool $R^2—OH$, alors l'ester formé sera $R^1—CO_2—R^2$ selon la réaction d'équation :



R^1 et R^2 sont des groupements alkyles.

Données

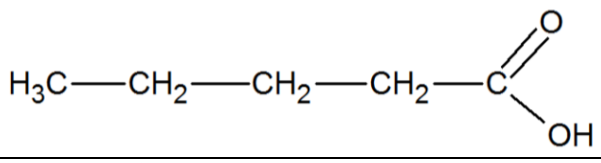
	H	C	O
Numéro atomique Z	1	6	8
Masse molaire atomique M (en $g.mol^{-1}$)	1,0	12,0	16,0
Électronégativité (Échelle de Pauling)	2,1	2,5	3,5

Bandes d'absorption caractéristiques en IR

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O-H (alcool)	3200 à 3400	forte, large
O-H (acide carboxylique)	2500 à 3200	forte à moyenne, large
C-H , carbone tétraédrique	2800 à 3000	forte
C=O	1650 à 1750	forte
C-O	1050 à 1450	forte

Partie 1 : étude du mécanisme réactionnel de la réaction d'estérification

On s'intéresse à la réaction de formation d'un ester à partir d'acide pentanoïque et d'éthanol.

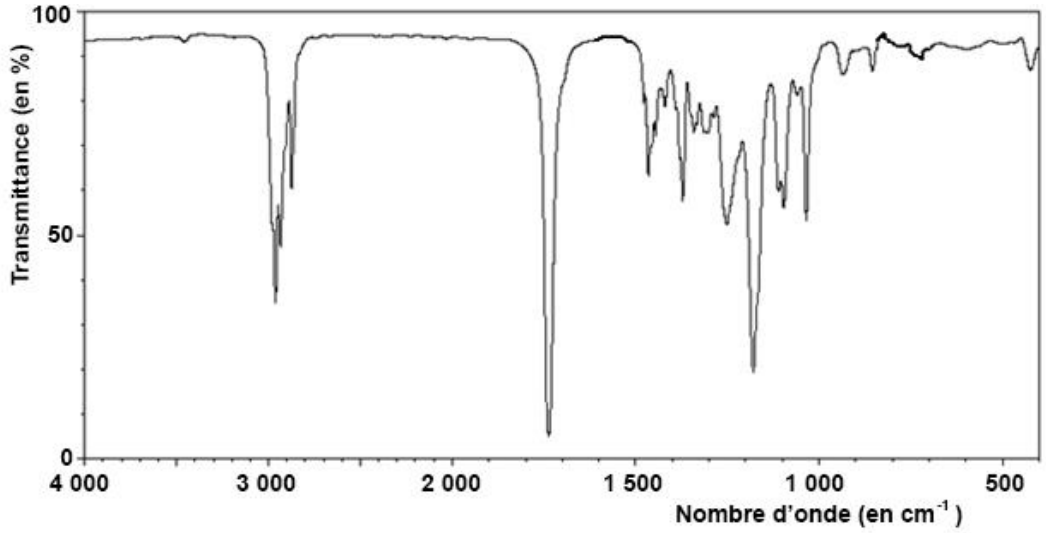
Acide pentanoïque	$C_5H_{10}O_2$	
Ethanol	C_2H_6O	$H_3C—CH_2—OH$

1.1. Écrire l'équation de la réaction de cette synthèse en utilisant les formules topologiques des espèces mises en jeu.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

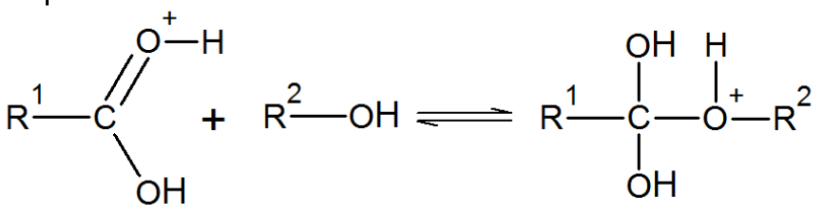
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.2. Le spectre infrarouge du produit obtenu après extraction est présenté ci-dessous. Quelles informations sur ce spectre permettent de savoir si la réaction a bien eu lieu ?



source : http://sdbs.db.aist.go.jp, septembre 2016

1.3. La réaction présente un mécanisme réactionnel, en plusieurs étapes. L'une des étapes est représentée ci-dessous :



1.3.1. Reproduire cette étape sur la copie. Ajouter les doublets non liants manquants et représenter la (les) flèche(s) courbe(s) rendant compte de cette étape.

1.3.2. À quelle catégorie de réaction appartient cette étape ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Partie 2 : réalisation de la synthèse de l'arôme d'ananas

La synthèse de l'arôme d'ananas a été réalisée au laboratoire mais il manque des informations dans le cahier de laboratoire. Les quantités de réactifs utilisés pour être dans les proportions stœchiométriques sont indiquées mais la nature des réactifs n'est pas précisée.

Réactifs présents au laboratoire

Nom	Formules chimiques	Caractéristiques physiques		Pictogrammes
Acide propanoïque	C_3H_6O	M = 74,1 g.mol^{-1} d = 0,99	T fusion : -21,0°C T ébullition : 141°C	
Acide butanoïque	$C_4H_8O_2$	M = 88,0 g.mol^{-1} d = 0,96	T fusion : -7,9°C T ébullition : 164°C	
Ethanol	C_2H_6O	M = 46,0 g.mol^{-1} d = 0,79	T fusion : -117°C T ébullition : 79°C	
Acide sulfurique concentré	H_2SO_4	M = 98,1 g.mol^{-1} d = 1,83		

Extrait du cahier de laboratoire

- Dans un ballon de 150 mL, afin d'être dans des proportions stœchiométriques, introduire 10,5 mL d'alcool et 16,5 mL d'acide carboxylique.

- Ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et agiter le milieu réactionnel.

- Faire chauffer à reflux pendant 30 minutes.

Après avoir été synthétisé, l'ester est isolé.

2.1. À l'aide des notes prises sur le cahier de laboratoire et des réactifs à disposition, déterminer l'acide carboxylique utilisé.

Pour cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

2.2. Indiquer les précautions à prendre lors du prélèvement des réactifs. Justifier.

2.3. Pourquoi chauffe-t-on à reflux ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 12 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer