BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2019

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30
Coefficient : 6

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10.
L'annexe de la page 10 est à rendre avec la copie.

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

Obligatoire

EXERCICE 1 : LA CERISE (9 points)



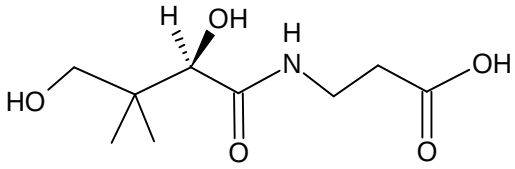
La légende raconte que durant leur migration, les oiseaux laissent tomber des noyaux tout le long de leur envolée. C'est ainsi que les cerisiers se retrouvent à l'état sauvage en France, en Europe, au Moyen-Orient et dans la région du Caucase

Le célèbre général romain Licinius Lucullus, fin gastronome, partait en campagne et en profitait pour ramener et faire découvrir l'épice rare, le fruit insolite. Vainqueur en 73 avant J.C de Mithridate VI, Lucullus est le premier à avoir rapporté en Italie « la perle rouge », la cerise d'Asie Mineure en Italie. Certains historiens parlent de Césaronte, d'autres des abords de la Mer Caspienne, une cerise plus douce que la sauvage des marchés d'Athènes et des abords du forum romain.

Source : http://www.cerises-de-france.fr/

Partie A : Vitamine B5

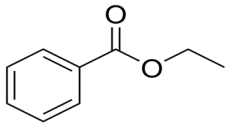
La cerise est connue pour ses nombreux apports nutritionnels. On peut notamment remarquer ces apports en vitamine et particulièrement la vitamine B5. Cette vitamine n'est autre que l'acide pantothénique dont une représentation est donnée ci-dessous.



1. Écrire la formule semi-développée de cette molécule, puis entourer les différents groupes caractéristiques présents et nommer les familles des fonctions correspondantes.
2. Déterminer si la molécule de vitamine B5 est chirale. Possède-t-elle des stéréoisomères de configuration ? Si oui, les dessiner en utilisant la représentation de Cram et indiquer la relation d'isomérie entre ces stéréoisomères.

Partie B : Synthèse de l'arôme de cerise

La synthèse de l'arôme de cerise peut être réalisée au laboratoire par la mise en œuvre d'une réaction d'estérification. L'un des premiers à avoir étudié ce type de réaction est le chimiste français Marcelin Berthelot. L'arôme de cerise est composé d'un ester dont le nom en nomenclature officielle est le benzoate d'éthyle et dont une représentation est donnée ci-dessous.



Au laboratoire, le benzoate d'éthyle est préparé à partir de l'acide benzoïque et de l'éthanol selon la réaction d'estérification d'équation :

Acide benzoïque + éthanol ⇆ benzoate d'éthyle + X

Le protocole mis en œuvre est le suivant :

a) Dans un ballon de 100 mL, introduire 2,00 g d'acide benzoïque et, tout en agitant, ajouter goutte à goutte 20 mL d'éthanol puis 1 mL d'acide sulfurique concentré ;
b) Chauffer à reflux pendant 2 h ;
c) Évaporer l'alcool restant par distillation fractionnée ;
d) Transvaser le liquide restant dans une ampoule à décanter contenant une solution aqueuse salée saturée ;

e) Laver la phase organique avec 10 mL d'une solution aqueuse à 10 % d'hydrogénocarbonate de sodium ;
f) Séparer la phase aqueuse de la phase organique, et transvaser la phase organique dans un erlenmeyer propre et sec ;
g) Ajouter à la phase organique environ 1 g de sulfate de magnésium anhydre.

La masse d'ester obtenue est m = 1,48 g.

Données : caractéristiques de quelques espèces chimiques

Espèce chimique	Caractéristiques	Pictogramme de sécurité
Acide benzoïque	- $T_{ébullition}$ = 122 °C - Soluble dans l'eau et l'éthanol - Masse molaire : 122 g.mol^{-1} - Masse volumique à 25 °C : ρ = 1,3 g.mL^{-1}	
Benzoate d'éthyle	- $T_{ébullition}$ = 212 °C - Soluble dans l'éthanol. - Masse molaire : 150,2 g.mol^{-1}	
Éthanol	- T_{fusion} = -114 °C - $T_{ébullilion}$ = 78 °C - Masse volumique à 20 °C : ρ = 0,79 g.mL^{-1} - Masse molaire : 46,1 g.mol^{-1}	
Acide sulfurique à 98 %	- T_{fusion} = 3 °C - $T_{ébullilion}$ = 337 °C - Masse volumique à 25 °C : ρ = 1,83 g.mL^{-1} - Masse molaire : 98,1 g.mol^{-1}	

1. Réaction de synthèse du benzoate d'éthyle et mécanisme réactionnel

1.1. Justifier le nom donné, en nomenclature officielle, à la molécule responsable de l'arôme de cerise.

1.2. Représenter la formule semi-développée de l'éthanol.

1.3. Écrire la formule de la molécule X produite lors de la réaction d'estérification. Justifier.

1.4. Le mécanisme réactionnel de l'estérification est proposé **en annexe à rendre avec la copie**. Indiquer les sites accepteurs et donneurs de doublets d'électrons mis en jeu dans l'étape 1.

1.5. Utiliser le modèle de la flèche courbe, pour rendre compte de l'étape 1 et représenter ces flèches sur l'annexe à rendre avec la copie.

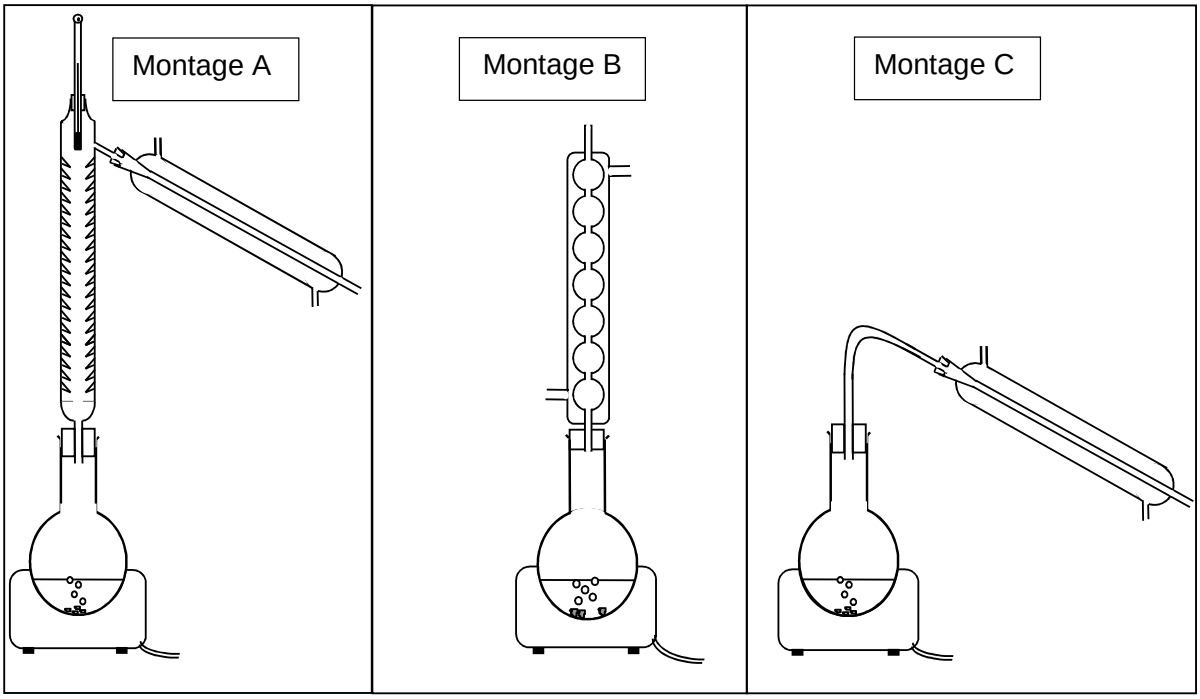
1.6. Identifier les étapes du mécanisme réactionnel correspondant à des réactions d'addition et d'élimination.

1.7. Quel rôle joue l'ion H^+ dans cette réaction ? Justifier.

2. Mise en œuvre du protocole de synthèse et identification du produit formé

2.1. Parmi les montages ci-dessous, choisir celui qui permet de réaliser la synthèse du benzoate d'éthyle (étape a et b). Expliquer son fonctionnement et son intérêt.

2.2. Parmi les montages ci-dessous, choisir celui qui permet d'éliminer l'éthanol restant (étape c). Expliquer pourquoi l'élimination de l'éthanol est possible par cette méthode.



2.3. Indiquer les précautions à prendre lors de la manipulation de l'acide sulfurique concentré.

Afin de caractériser l'ester formé lors de la synthèse, on réalise son spectre RMN. Les résultats obtenus sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Déplacement chimique δ (ppm)	8,1 à 7,4	4,4	1,4
Intégration (nombre de protons du signal)	5	2	3
multiplicité	multiplet	quadruplet	triplet

2.4. Montrer que les données du spectre RMN sont compatibles avec le produit formé dans la synthèse.

2.5. Quelle autre méthode aurait-on pu utiliser pour réaliser l'identification du produit formé ? Justifier.

2.6. Déterminer la valeur du rendement de la synthèse réalisée au laboratoire.

2.7. Proposer une ou plusieurs hypothèses pour justifier que ce rendement est inférieur à 100 %.

EXERCICE 2 : SAUT À LA PERCHE (6 points)

Le saut à la perche fait partie des épreuves olympiques depuis les premiers jeux olympiques modernes de 1896. Dans cette discipline, l'amélioration des records a souvent été liée à l'évolution du matériel. C'est en particulier avec l'apparition, dans les années 1960, des perches en fibre de verre que l'on a pu franchir la barre des 5 mètres, puis des 6 mètres. Ces perches en fibre de verre, que l'on utilise encore aujourd'hui, sont très flexibles. Cela leur permet, comme pour un ressort, d'emmagasiner de l'énergie lorsqu'elles sont déformées et de la restituer lorsqu'elles reprennent leur forme initiale.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un perchiste au cours des différentes phases de son saut : phase de prise d'élan, phase ascendante et phase descendante.

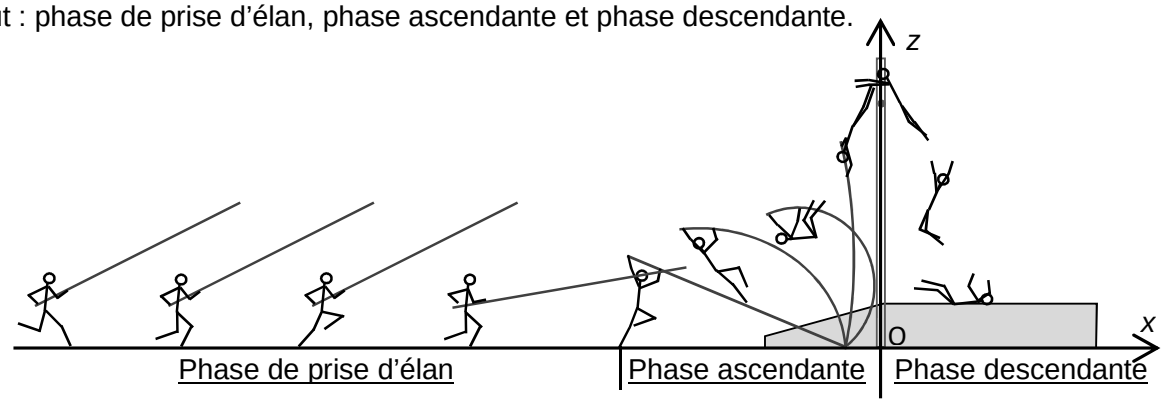


Figure 1 : Différentes phases lors d'un saut à la perche

Données :

- masse du perchiste : m = 70 kg ;
- intensité du champ de pesanteur : g = 9,8 m.s^{-2} ;
- hauteur du tapis de réception : h = 0,70 m ;
- hauteur du saut : H = 5,4 m.

1. Prise d'élan

La prise d'élan se fait sur une distance d'environ 40 m. Pour le perchiste, l'objectif est de parvenir avec une vitesse maximale au moment de l'impulsion (début de la phase ascendante). Si le perchiste atteint trop rapidement sa vitesse maximale, il s'épuise et risque d'arriver au moment de l'impulsion avec une vitesse trop faible. Il doit donc gérer son effort. Pour cela, ce n'est que dans les derniers mètres, lorsqu'il approche du sautoir, qu'il rythme davantage sa course pour atteindre sa vitesse maximale.

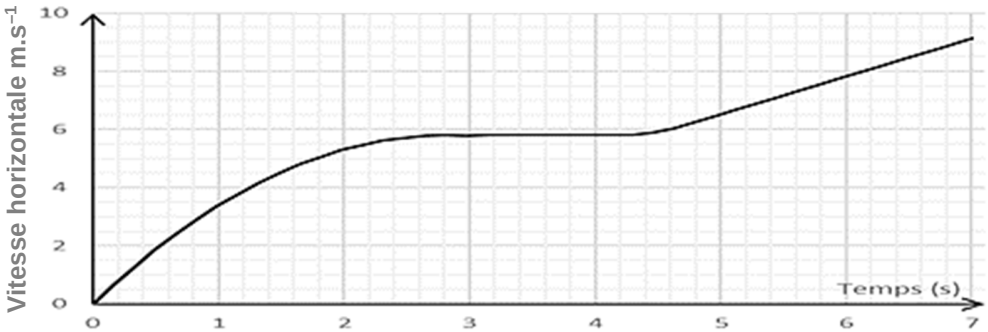


Figure 2 : Vitesse horizontale (selon l'axe (Ox)) du perchiste au cours du temps lors de la phase d'élan

1.1. Entre 3,0 s et 4,0 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.

1.2. Entre 5,5 s et 6,5 s, estimer la valeur de l'accélération du perchiste.

1.3. Entre 5,5 s et 6,5 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.

2. Phase ascendante

La phase ascendante est composée de trois étapes :

- Étape 1 : la flexion de la perche (la perche emmagasine de l'énergie en se déformant) ;
- Étape 2 : la déflexion de la perche (la perche restitue son énergie en reprenant sa forme initiale) ;
- Étape 3 : la « chute libre » ascendante.

La figure 3 montre l'évolution des différentes formes d'énergie du perchiste au cours de cette phase.

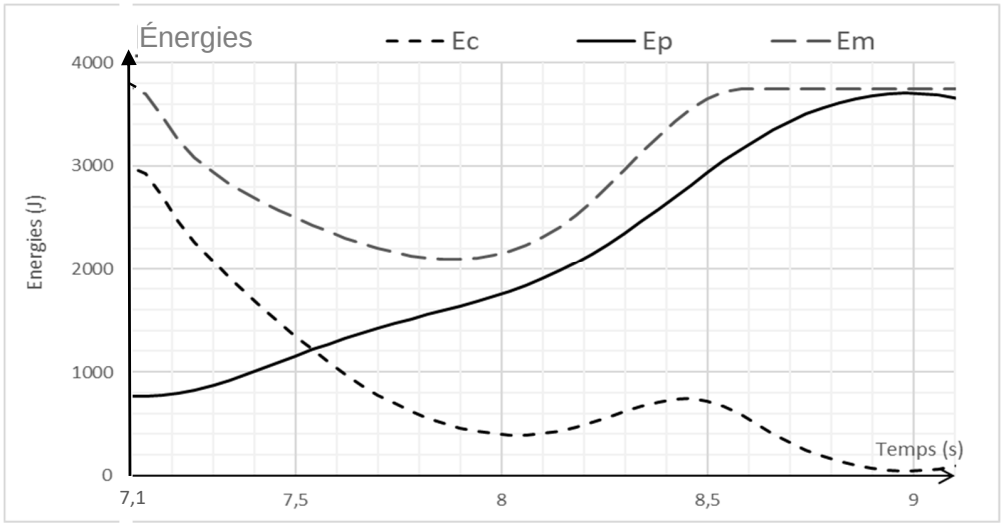


Figure 3 : Énergie mécanique E_m, énergie cinétique E_c et énergie potentielle de pesanteur E_p du perchiste au cours du temps lors de la phase ascendante

2.1. Déterminer, à partir des courbes d'énergies, la valeur de la vitesse à l'instant t_1 = 7,1 s et vérifier si cette valeur est cohérente avec celle de la vitesse à la fin de la course d'élan.

Pour simplifier l'étude on assimile le perchiste à un point matériel dans toute la suite du problème.

2.2. Déterminer, à partir des courbes, la valeur de la hauteur *H* du saut (distance entre le sol et la position la plus haute du perchiste) et comparer avec la valeur proposée dans les données.

2.3. Identifier, sur la figure 3, les différentes étapes de la phase ascendante, en indiquant pour chaque étape l'instant du début et de la fin de l'étape.

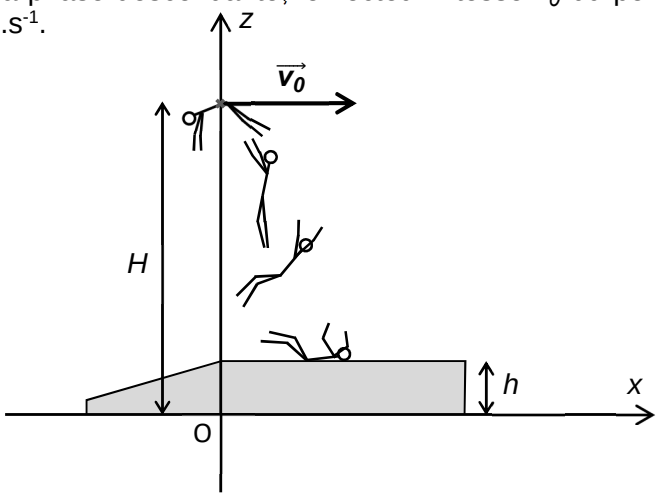
2.4. Comparer les énergies mécaniques du perchiste aux instants t_1 = 7,1 s et t_2 = 9 s. Interpréter.

2.5. Comment évoluerait la performance du perchiste si sa vitesse à l'instant t_1 était plus élevée ?

3. Phase descendante

La phase descendante est très spectaculaire. Elle correspond à une chute libre de plusieurs mètres.

On admet, qu'au début de la phase descendante, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ du perchiste est horizontal et que sa valeur est v_0 = 1,1 m.s^{-1}.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3.1. Énoncer la seconde loi de Newton.

3.2. En appliquant la seconde loi de Newton, montrer que les composantes du vecteur accélération $\overrightarrow{a_G}$ du perchiste sont : $a_x = 0$ et $a_z = -g$.

3.3. En prenant le début de la phase descendante comme origine des temps ($t = 0$ s) et en se plaçant dans le repère (Oxz), montrer que les équations horaires du mouvement du perchiste s'écrivent : $x(t) = v_0.t$ et $z(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + H$.

3.4. Quelle est la durée de la phase descendante ? Commenter le résultat.

EXERCICE 3 : BALLON DE CHAUFFAGE SANITAIRE (5 POINTS)



Plus de la moitié des logements produisent leur eau chaude de manière indépendante. Si l'on regarde la répartition selon l'énergie de production, l'électricité est la première source de production d'eau chaude sanitaire des résidences principales. La part de la consommation liée à l'eau chaude sanitaire (ECS) est en passe de devenir l'un des premiers postes de consommation dans les bâtiments résidentiels neufs. En effet, la Réglementation thermique 2012 (RT2012) imposant une réduction très importante des besoins de chauffage, l'ECS devient donc prépondérante face aux autres usages.

D'après www.ademe.fr

Figure 1 : Exemple de ballon d'eau chaude couramment installé dans les logements (d'après site marchand).

L'objectif de cet exercice est d'étudier les performances thermiques d'un ballon d'eau chaude sanitaire.

1. Respect de la réglementation

Dans cette partie on s'attache à vérifier que le ballon, dont les caractéristiques sont décrites ci-dessous, respecte la réglementation en vigueur (RT2012).

Caractéristiques techniques d'un ballon d'eau chaude sanitaire

Cumulus électrique – Gamme waterplus					
Capacité	Tension	Puissance	Temps de chauffe*	Constante de refroidissement**	Classe énergétique
200 L	230 V	2200 W	5 h 17 min	0,18 Wh.jour $^{-1}$.K^{-1}.L^{-1}	C
Surface d'échange thermique La surface S d'échange thermique du ballon avec le milieu extérieur est de 2,9 m^2. L'épaisseur des parois est négligeable.					
Isolation extérieure Le ballon est isolé par une couche de laine de roche d'épaisseur e = 70 mm et de conductivité thermique : 0,036 W.m^{-1}.K^{-1}					

* Temps de chauffe pour que l'eau du ballon passe de 15 à 65 °C.

** Constante de refroidissement pour un appareil réglé à 65 °C et une température ambiante de 20 °C.

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

Données :

- Résistance thermique R_{th} (en K.W^{-1}) d'une paroi :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda . S}$$

λ : conductivité thermique en W.m^{-1}.K^{-1} ;
e : épaisseur de la paroi en m ;
S : surface de la paroi en m^2.

- Le flux thermique Φ (en W) correspond à une énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps. Si ΔT est l'écart de température de part et d'autre de la paroi, le flux thermique à travers cette paroi est exprimé par la relation : $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$;
- Capacité thermique massique de l'eau à 20 °C : c_{eau} = 4180 J.kg^{-1}.K^{-1} ;
- Masse volumique de l'eau liquide : ρ_{eau} = 1000 kg.m^{-3} ;
- L'énergie perdue par jour lorsque 1 L d'eau contenu dans le ballon perd un degré est proportionnelle à une constante caractéristique du ballon, la constante de refroidissement Cr qui s'exprime en Wh.jour $^{-1}$.K^{-1}.L^{-1}. Par convention, pour la détermination de Cr, la température de stockage est choisie égale à 65 °C, avec une température de l'air ambiant de 20 °C.
- Selon la réglementation thermique (RT 2012), les chauffe-eaux à accumulation doivent avoir une constante de refroidissement Cr inférieure ou égale à 2 x V^{α} avec α = - 0,4 où V représente le volume (en litres) du ballon.

1.1. Citer les trois modes de transfert thermique.

1.2. On chauffe l'eau du ballon de 15 °C à 65 °C (on néglige les pertes) :

- Calculer la durée nécessaire pour chauffer l'eau du ballon.
- Vérifier que la valeur de cette durée est cohérente avec les caractéristiques fournies pour le ballon par le fabriquant.

1.3. Perte d'énergie du ballon d'eau chaude

1.3.1. Montrer que le flux thermique à travers les parois du ballon entre l'eau du ballon à 65 °C et l'air extérieur à 20 °C a pour valeur Φ = 67 W.

1.3.2. En déduire la valeur de l'énergie perdue par le ballon en une journée. Exprimer le résultat en Wh.

1.4. En utilisant le résultat précédent, évaluer le coefficient de refroidissement Cr du ballon d'eau chaude sanitaire étudié. Le résultat est-il cohérent avec la donnée du fabriquant ?

1.5. La réglementation thermique RT2012 est-elle respectée pour ce ballon ?

2. Mesure de température par rayonnement

Dans la notice fournie avec le ballon d'eau chaude étudié, il est recommandé de régler la température de l'eau dans le ballon autour de 65 °C. En effet, en dessous de cette limite, il y a un risque de développement bactérien (légionellose). Au-dessus de cette limite, le risque de brûlure est important.

Pour s'assurer que cette valeur est effectivement atteinte, on mesure la température de sortie du ballon à l'aide d'une caméra thermique. Cet instrument permet de mesurer l'intensité des rayonnements infrarouges émis par des objets, ce qui permet d'avoir accès à leur température.

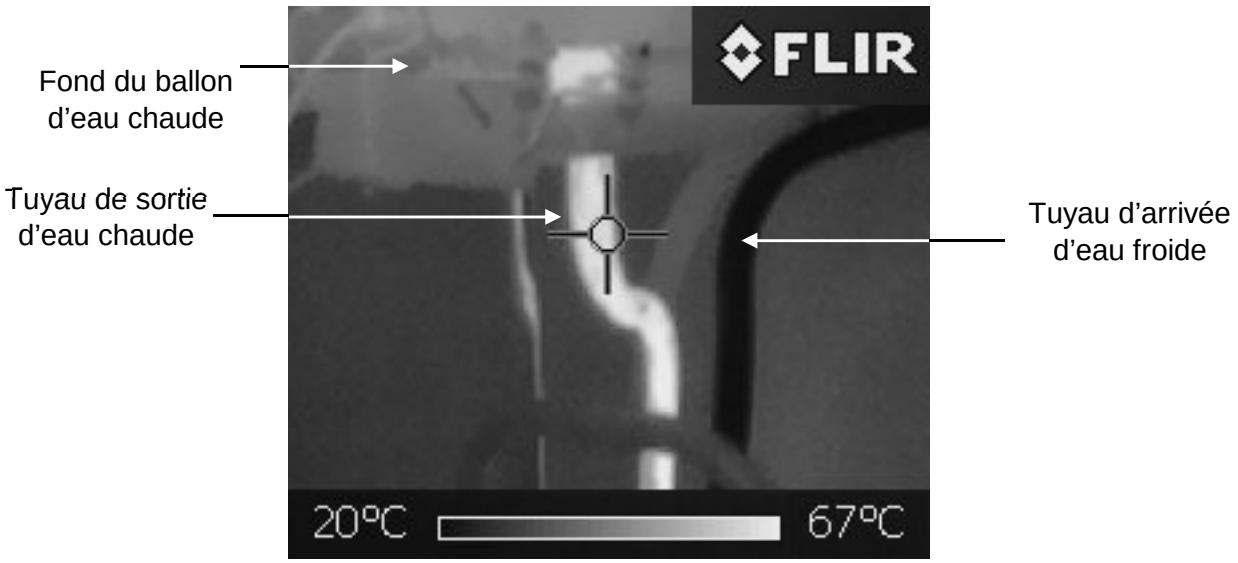
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Document 1 : Caractéristiques techniques de la caméra thermique utilisée

Données du détecteur	Type de détecteur	Matrice à plan focal
	Plage spectrale*	7,5 µm – 13 µm
	Résolution	120 x 120 pixels
Stockage des images	Type de stockage d'images	Carte SD
	Format des fichiers	JPEG standard
	Nombre maximal d'images	5000 images RGB

* on considère que la caméra est principalement sensible dans le domaine de longueur d'onde 7,5 µm à 13 µm.

Document 2 : Photographie du tuyau de sortie du ballon d'eau chaude sanitaire réalisée avec la caméra thermique



Données :

- La loi de Wien permet de déterminer la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission d'un corps incandescent à partir de sa température de surface selon la formule :

$$\lambda_{max} \cdot T = 2{,}898 \times 10^{-3}\ \text{m.K}$$ (on rappelle que 0 °C = 273 K).

2.1. Vérifier que la plage spectrale de la caméra permet de mesurer la température de sortie du ballon.

2.2. Estimer une valeur approchée de la température à la sortie du ballon en justifiant la méthode utilisée.

2.3. Sur la photographie en niveaux de gris, chaque pixel est codé sur 8 bits. Calculer, en octets, la taille de cette image. Quelle serait la taille de cette même image si elle était en couleur ?

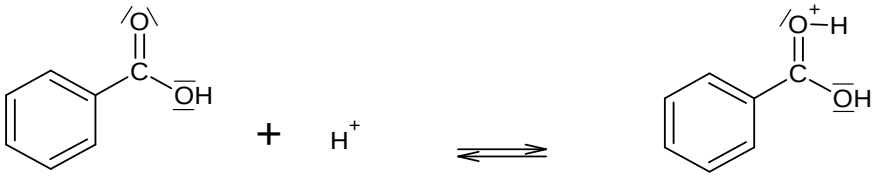
2.4. La caméra est équipée d'un dispositif de stockage externe (carte SD) de capacité 2 Gbit. Combien d'images en couleurs peut-il stocker ?

Ce résultat est-il cohérent avec les caractéristiques techniques de la caméra données par le constructeur ?

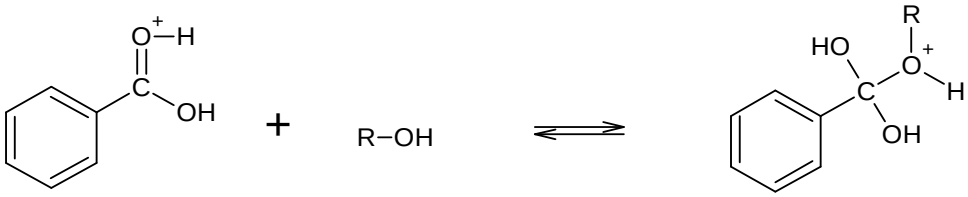
Annexe de l'exercice 1 à rendre avec la copie

Mécanisme réactionnel de l'estérification

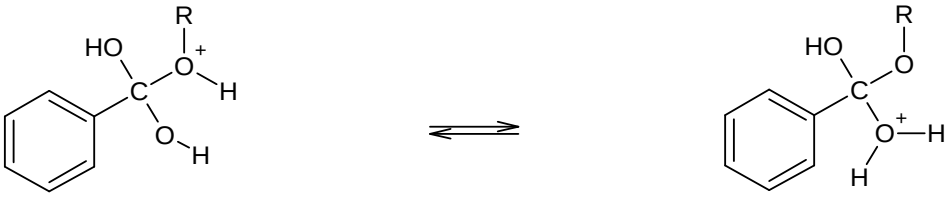
Étape (1)



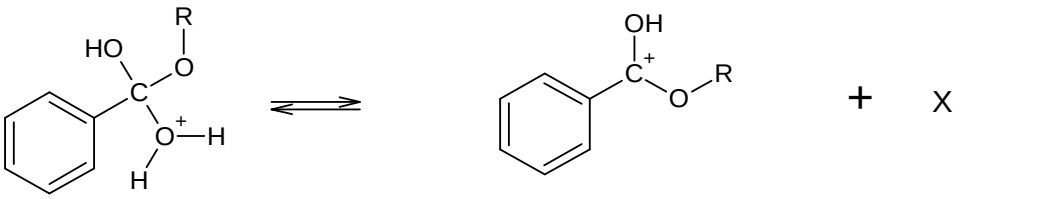
Étape (2)



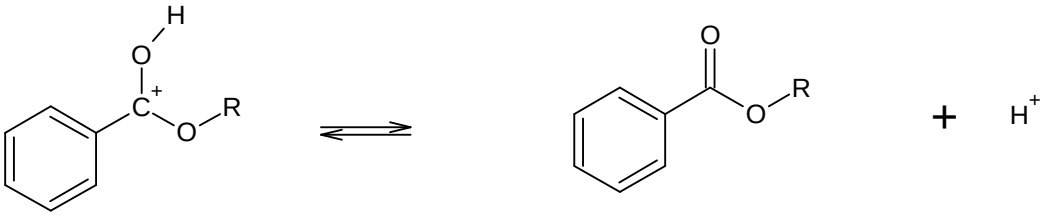
Étape (3)



Étape (4)



Étape (5)



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 10 / 10

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer