BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2019

PHYSIQUE-CHIMIE
Série S

Obligatoire

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

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

Ce sujet comporte **11** pages numérotées de **1** à **11**.

La page n°11/11 est à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de 3 exercices indépendants les uns des autres.
Le candidat doit traiter les trois exercices.

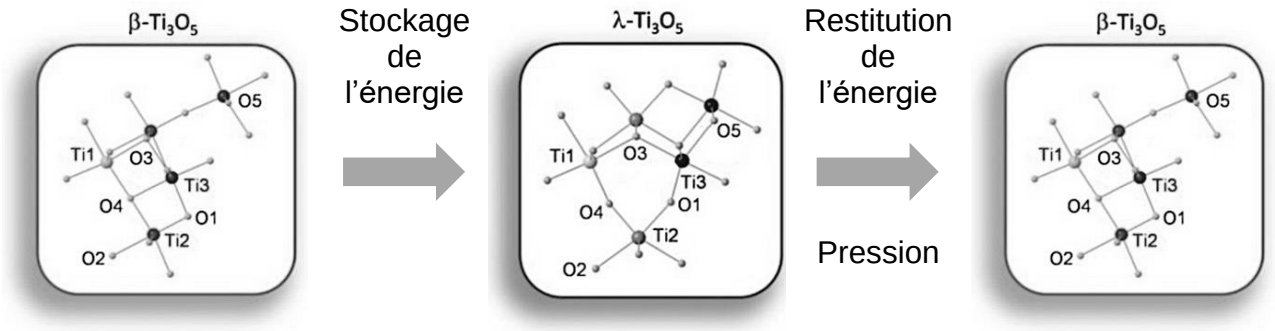
EXERCICE I. Une céramique comme réservoir d'énergie (6 points)

Des chercheurs de l'Université de Tokyo ont découvert une céramique capable de stocker de l'énergie. Son principe de fonctionnement est extrêmement simple ; *une courte exposition au Soleil permet de la « charger » !* Cette énergie peut être stockée pendant une longue durée et restituée selon les besoins.

Le secret de ce matériau (pentoxyde de trititane, Ti_3O_5) réside dans sa structure. En effet, sous certaines conditions (élévation de la température, exposition à un rayonnement électromagnétique, application d'un courant électrique…), le matériau change de structure cristalline (voir ci-dessous) ; l'énergie reçue permet le passage du beta-pentoxyde de trititane (β-Ti_3O_5) au lambda-pentoxyde de trititane (λ-Ti_3O_5). Cette nouvelle structure est stable.

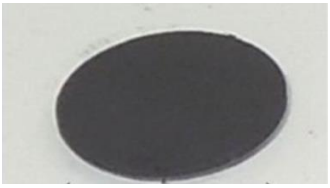
Pour restituer l'énergie, il suffit de soumettre ce matériau à une certaine pression.

Stockage puis restitution de l'énergie



Données

- Constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J.s
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m.s^{-2}
- La valeur de la célérité de la lumière c est supposée connue du candidat
- Volume V d'un cylindre de base circulaire de rayon r et de hauteur H : $V = \pi . r^2 . H$
- Surface S d'un disque de rayon R : $S = \pi . R^2$
- Caractéristiques de la pastille cylindrique de pentoxyde de trititane utilisée dans les expériences présentées dans cet exercice :



Diamètre :	13,0 mm
Épaisseur :	0,500 mm
Masse :	0,265 g

D'après *Tokoro, H. et al. (2015). External stimulation-controllable heat-storage ceramics. Nature communications. 6. 7037. 10.1038/ncomms8037.*

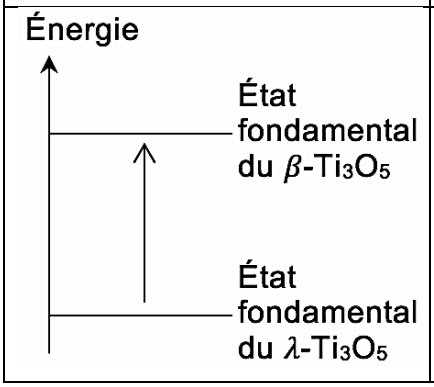
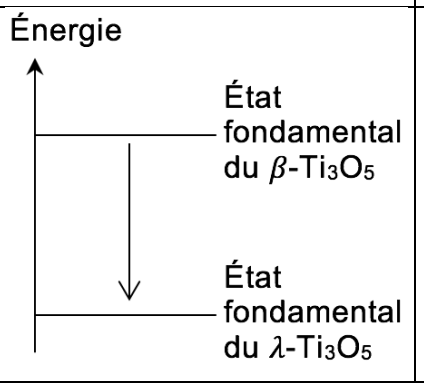
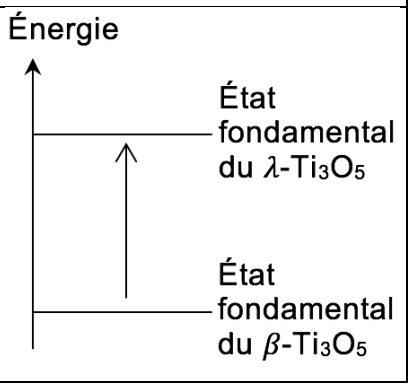
1. Stockage de l'énergie

Pour modifier la structure cristalline du pentoxyde de trititane, on utilise un laser. L'énergie électromagnétique du faisceau de lumière permet de modifier les liaisons à l'intérieur du cristal. Au cours de cette étape, l'énergie du rayonnement doit être focalisée sur la pastille de pentoxyde de trititane.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Pour modifier sa structure cristalline et effectuer le passage du β-Ti_3O_5 au λ-Ti_3O_5, le matériau doit recevoir une énergie volumique E = 230 J.cm^{-3}.

1.1. Parmi les schémas suivants, identifier celui qui illustre le stockage de l'énergie par le pentoxyde de trititane. Justifier votre réponse.

Schéma A	Schéma B	Schéma C
		

1.2. Sachant que la totalité de la surface de la pastille est éclairée, vérifier que l'énergie qu'il faut fournir à la pastille utilisée dans l'expérience vaut E_p = 15,3 J.

Caractéristiques du laser utilisé

Longueur d'onde du rayonnement : λ = 410 nm

Débit de photons : il correspond à un nombre de photons reçu par le matériau par unité de temps.

$D_{Laser} = 10^{21}$ photons par seconde ; $D_{Soleil} = 10^{17}$ photons par seconde

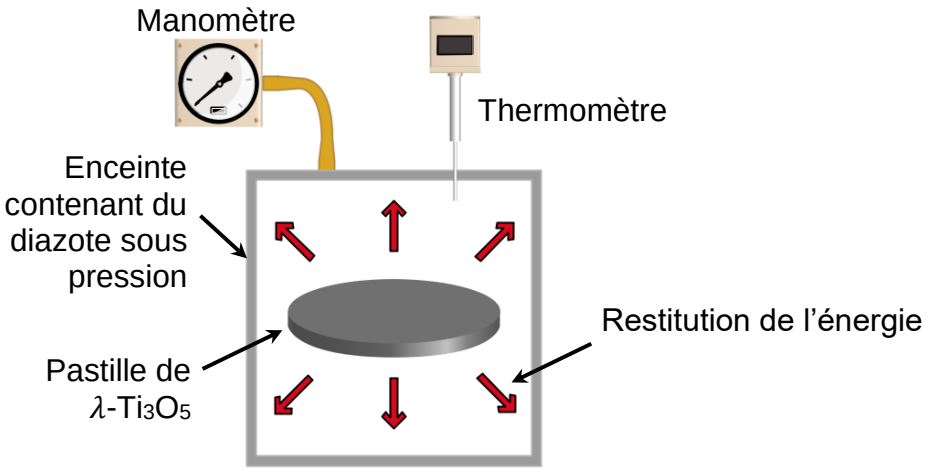
1.3. En utilisant vos connaissances, citer une propriété du laser qui justifie son utilisation dans cette expérience.

1.4. Calculer le nombre de photons nécessaires pour fournir l'énergie E_p à la pastille.

1.5. Donner l'ordre de grandeur de la durée minimale d'irradiation de la pastille par le laser pour permettre la transition β-Ti_3O_5 → λ-Ti_3O_5 et commenter la phrase : « *une courte exposition au Soleil permet de la « charger » !* ».

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Restitution de l'énergie



Pour libérer l'énergie stockée au sein de la structure cristalline, il suffit d'exercer une pression sur le matériau qui va entraîner une réorganisation de la structure en provoquant la transition λ-$Ti_3O_5 \rightarrow \beta$-$Ti_3O_5$.

Le dispositif utilisé pour les tests en laboratoire est une enceinte dans laquelle du diazote est mis sous pression que l'on peut faire varier.

Variation d'énergie interne d'un gaz parfait

En faisant l'hypothèse que le diazote contenu dans l'enceinte est un gaz parfait, la variation d'énergie interne ΔU du gaz s'exprime grâce à la relation :

$$\Delta U = \frac{5}{2}.n_{gaz}.R.\Delta T$$

ΔU désigne la variation d'énergie interne du gaz (J)

n_{gaz} désigne la quantité de matière de gaz présente dans l'enceinte (mol)

R désigne la constante des gaz parfaits, R = 8,31 $J.K^{-1}.mol^{-1}$

ΔT désigne la variation de température du gaz (K)

2.1. Que représente l'énergie interne d'un système ?

Au cours de l'expérience, l'enceinte utilisée est considérée comme parfaitement isolée thermiquement. Elle contient 40,0 mmol de diazote. Lorsque la pression P est exercée, la pastille restitue l'énergie stockée qui entraîne une élévation de température du gaz de 18,2 K. L'équilibre thermique est alors atteint.

2.2. Calculer l'énergie Q restituée par la pastille au cours de l'expérience.

2.3. En considérant que les échanges thermiques s'effectuent sans perte, calculer la masse de pentoxyde de trititane nécessaire pour chauffer 250 mL d'eau pure depuis la température ambiante jusqu'à 80°C. Commenter le résultat obtenu en dégageant l'intérêt de ce matériau.

Données Capacité thermique massique de l'eau liquide c_{eau} = 4,18 $J.g^{-1}.°C^{-1}$
Masse volumique de l'eau ρ_{eau} = 1,00 $g.mL^{-1}$

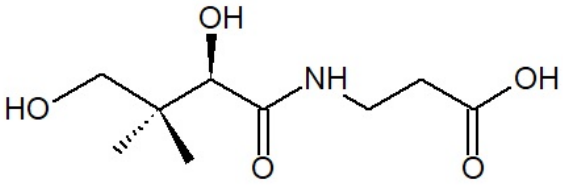
Le candidat est invité à prendre des initiatives (estimation de la température ambiante) et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

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. L'acide pantothénique (9 points)

La vitamine B5, ou acide pantothénique, est indispensable au métabolisme des différents nutriments énergétiques : glucides, lipides et acides aminés.
Par ailleurs, elle participe à la synthèse de certaines hormones (cortisol, aldostérone, adrénaline), est essentielle à la croissance des tissus (cicatrisation de la peau, pousse des cheveux) et est utile au bon fonctionnement intellectuel**.**

Formule de l'acide pantothénique :



Cet exercice a pour but d'étudier quelques caractéristiques de la molécule d'acide pantothénique, d'étudier une synthèse de cet acide et d'analyser un complément alimentaire permettant son apport.

1. La molécule d'acide pantothénique

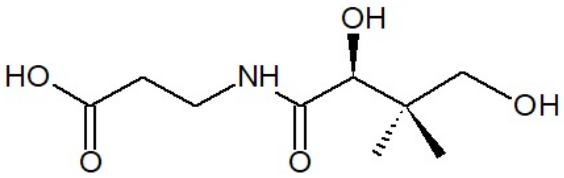
1.1. Sur la formule semi-développée de la molécule représentée en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, entourer le groupe caractéristique justifiant le qualificatif d'acide associé à son nom.

1.2. Expliquer pourquoi cette espèce chimique est qualifiée de « polyfonctionnelle ».

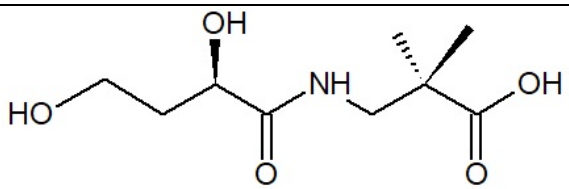
1.3. La molécule d'acide pantothénique possède-t-elle un ou plusieurs atome(s) de carbone asymétrique(s) ?
Sur la formule donnée en **ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**, repérer cet (ces) atome(s) avec un astérisque (*). Justifier sur la copie.

1.4. Déterminer parmi A et B lequel est un énantiomère de l'acide pantothénique. Justifier.

A



B

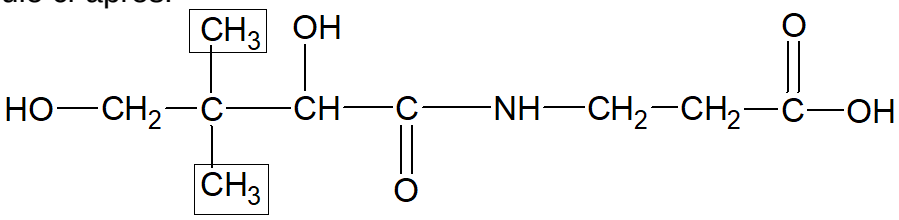


Le spectre RMN de l'acide pantothénique comporte, entre autres, deux signaux triplets.
On rappelle que les protons portés par un atome d'azote ou d'oxygène ne donnent pas de couplage avec les protons voisins.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.5. Identifier le ou les groupes de protons responsables de ces triplets. Les encadrer sur la formule en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, et justifier sur la copie.

1.6. Expliquer pourquoi un seul signal correspond aux groupes de protons encadrés dans la formule ci-après.

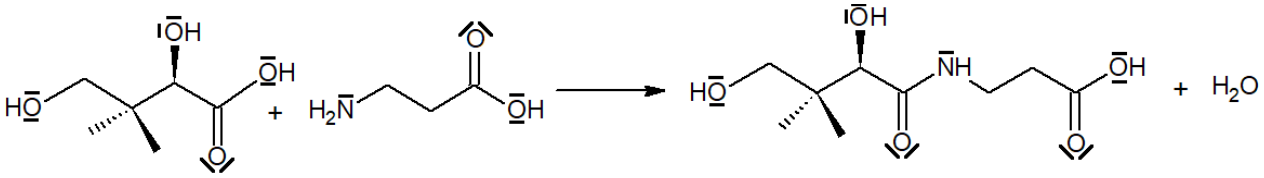


2. Synthèse de l'acide pantothénique

Données

- Couples acidobasiques et pK_A de la β-alanine :
  $C_3H_8NO_2^+$ / $C_3H_7NO_2$ (pK_{A1} = 2,3) ; $C_3H_7NO_2$ / $C_3H_6NO_2^-$ (pK_{A2} = 9,7)
- Valeurs d'électronégativité de quelques atomes : χ_C = 2,55; χ_O = 3,44 ; χ_N = 3,04; χ_H = 2,20.

L'acide pantothénique peut être obtenu à partir de l'acide pantoïque et de la β-alanine selon la réaction de synthèse d'équation suivante :



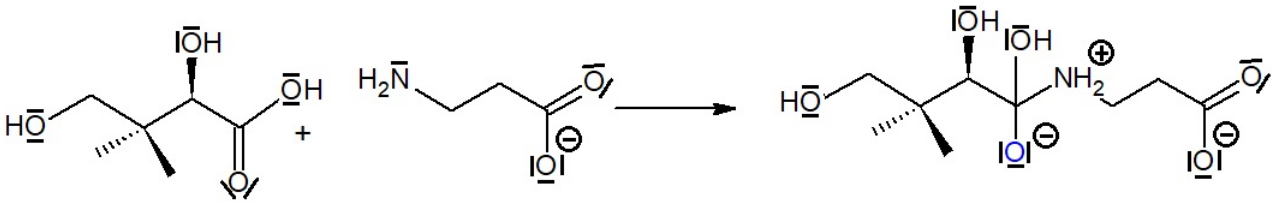
Acide pantoïque — β-Alanine — Acide pantothénique

2.1. Sur l'équation de réaction reproduite en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, entourer, pour chaque réactif, le groupe caractéristique qui réagit.

2.2. À quel problème peut-on être confronté si l'on souhaite obtenir uniquement l'acide pantothénique ?

<u>Première étape de la synthèse</u>

Pour favoriser la formation du produit désiré, on fait réagir, dans une première étape, l'acide pantoïque avec l'ion carboxylate de la β-alanine selon la réaction d'équation-bilan suivante :



Acide pantoïque — Ion carboxylate de la β-alanine

2.3. Donner, en justifiant, le nom de la catégorie de réaction correspondant à cette étape.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

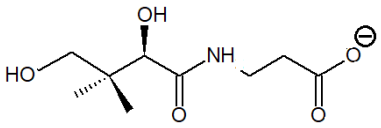
2.4. Sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter le mécanisme en indiquant les flèches courbes.

2.5. Sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter le diagramme de prédominance des différentes formes de la β-alanine avec les formules chimiques et les valeurs numériques manquantes.

2.6. Dans quel domaine de pH doit-on se situer pour obtenir l'ion carboxylate de la β-alanine ?

Dernière étape de la synthèse

Ion pantothénate



Le produit issu de la première étape conduit finalement à la formation de l'ion pantothénate (ci-contre), que nous noterons pour simplifier $RCOO^-$

Une fois la réaction de synthèse terminée, on ajoute de l'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{(aq)}$ + $Cl^-_{(aq)}$) pour obtenir l'acide pantothénique.

2.7. Donner l'équation de la réaction observée lors de l'ajout d'acide chlorhydrique et indiquer la nature de cette réaction.

3. Apports d'acide pantothénique par un complément alimentaire



L'apport en vitamine B5 est assuré par l'alimentation. Néanmoins, il est possible de le compléter à l'aide de comprimés de Bépanthène ® , contenant un dérivé de l'acide pantothénique : le dexpanthénol. Une fois ingéré, le dexpanthénol est transformé rapidement en acide pantothénique, qui peut être assimilé par le corps.
La masse indiquée sur la boite correspond à la masse de dexpanthénol contenu dans un comprimé.

L'acide pantothénique étant hydrosoluble, tout excès dans l'organisme est facilement évacué. Il n'a pas été décrit d'effet secondaire suite à l'ingestion d'acide pantothénique.

Données
Masses molaires
- Atomiques : M_C = 12,0 g.mol^{-1} ; M_O = 16,0 g.mol^{-1} ; M_H = 1,0 g.mol^{-1}; M_N = 14,0 g.mol^{-1}.
- Moléculaire : Dexpanthénol M = 205,0 g.mol^{-1}.

Apports suffisants en vitamine B5 (acide)

Âge	Masse
de 0 à 12 mois	1,7 mg
de 1 an à 8 ans	2,0 mg
de 9 ans à 13 ans	4,0 mg
14 ans et plus	5,0 mg
Femmes enceintes	6,0 mg

En l'absence de données scientifiques suffisantes, les autorités ont fixé, non pas un apport nutritionnel recommandé (ANR), mais un apport suffisant (AS), L'apport suffisant est un apport quotidien moyen recommandé.
Source : *Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, 2000.*

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

Spectre IR obtenu à l'aide d'un comprimé de Bépanthène

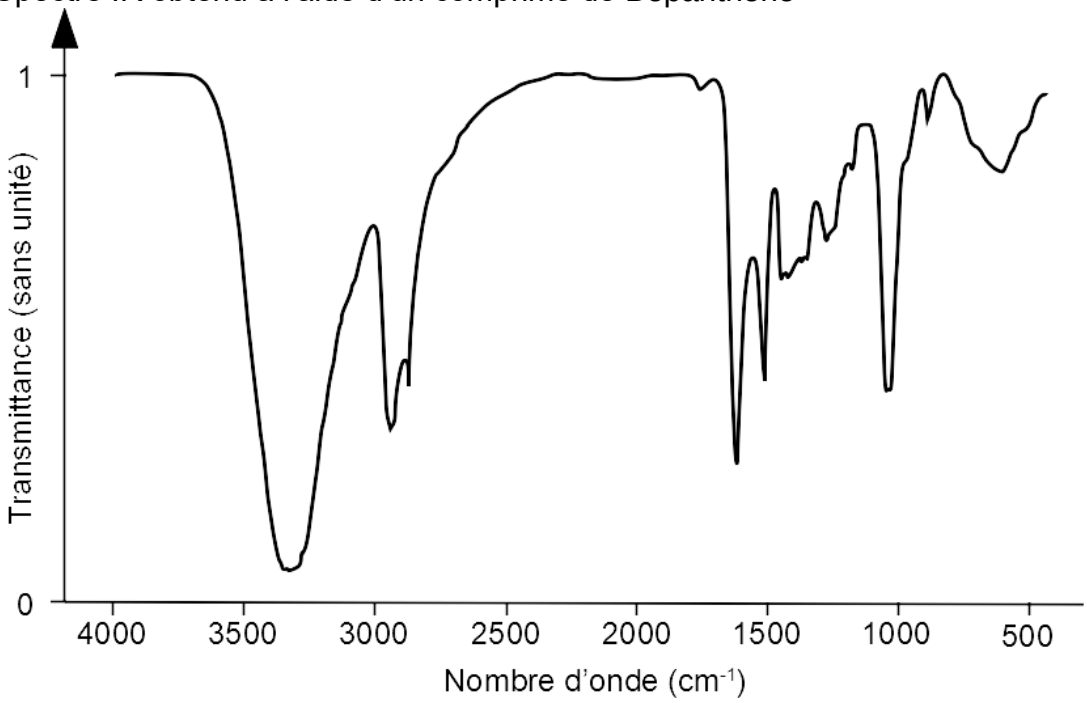
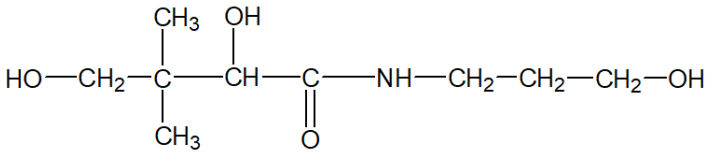


Table spectroscopique IR simplifiée

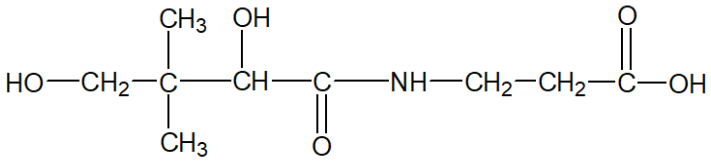
Liaison	**Nombre d'onde (cm^{-1})**	**Intensité**
O-H alcool	3200 - 3400	Forte, Large
O-H acide carboxylique	2500 – 3200	Forte, Large
N-H	3100 – 3500	Moyenne
C-H	2800 – 3000	Moyenne (plusieurs bandes)
C = O	1600 – 1740	Forte, Fine

Formules semi-développées du dexpanthénol et de l'acide pantothénique

Dexpanthénol



Acide pantothénique



3.1. Le spectre IR ci-dessus peut-il être celui de l'acide pantothénique ?

3.2. Écrire la formule brute de la molécule d'acide pantothénique.

On suppose que, une fois le comprimé ingéré, chaque molécule de dexpanthénol se transforme en une molécule d'acide pantothénique.

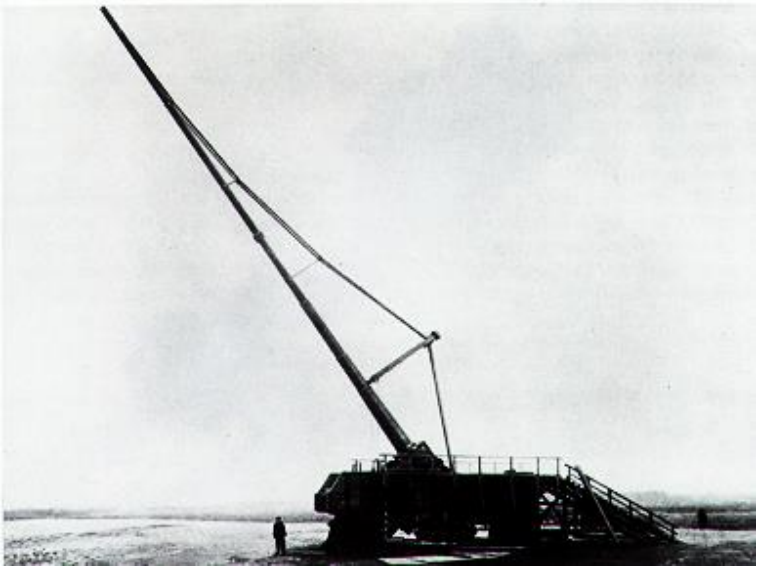
3.3. Un comprimé de Bépanthène est-il suffisant pour couvrir les apports en vitamine B5 d'une femme enceinte ? Si cette ingestion correspondait à un surdosage présenterait-elle un danger ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. Le canon de Paris (5 points)

Souvent confondu à tort avec la grosse Bertha, le canon de Paris est à la fois le plus célèbre et le plus mystérieux des canons de toute l'histoire de l'artillerie. Ce canon a bombardé Paris à la fin de la Première Guerre mondiale.
Le tube du canon mesure 36 m et pèse plus de 100 tonnes. La longueur et la masse exceptionnelles du canon ont obligé les ingénieurs de la société allemande Krupp à concevoir un système de soutènement inédit en artillerie. Comme pour un pont suspendu, des haubans et un mât central viennent rigidifier le long tube, l'empêchant de se courber sous son propre poids. Monté, le canon de Paris atteignait la masse de 750 tonnes.



Mais le secret du canon de Paris réside dans la trajectoire de l'obus. Avec une élévation égale à 50 degrés, le projectile est propulsé dans la haute atmosphère où l'air raréfié oppose moins de résistance à l'obus et accroît ainsi sa portée.
Le 30 janvier 1918, lors des essais finaux au pas de tir de la marine à Altenwalde, le canon tira un obus de 105 kg avec une vitesse d'éjection de 1600 $m.s^{-1}$. La durée de vol de l'obus a été de 176 s et il est tombé à 126 km de distance avec une assez bonne précision.
Les obus ont atteint une altitude de 42 km à l'apogée de leur trajectoire. C'était à l'époque la plus haute altitude jamais atteinte par un projectile lancé par l'homme. Le canon de Paris conserva ce record de 1918 à 1939.

D'après : http://html2.free.fr/canons/canparis.htm

Le but de cet exercice est de vérifier quelques données de ce document sur le vol de l'obus.

Données
Intensité de la pesanteur : g = 9,8 $m.s^{-2}$.
On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
On négligera les frottements et la poussée d'Archimède.
L'obus sera assimilé à un point matériel.
On rappelle que 1 tonne = 10^3 kg.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. Expulsion de l'obus

On suppose que le système {tube du canon + obus} est pseudo-isolé pendant cette phase d'expulsion, c'est-à-dire que l'ensemble des forces extérieures appliquées au système se compensent.

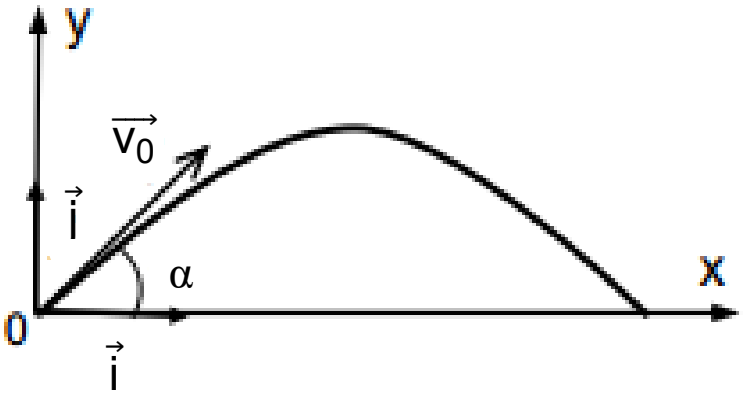
1.1. Comment varie la quantité de mouvement du système pendant cette phase de tir ?

1.2. En déduire la vitesse de recul du tube lors de l'expulsion de l'obus.

1.3. Quelle serait cette vitesse si le tube était 10 fois plus léger (10 tonnes) ? Justifier la masse importante du tube du canon de Paris.

2. Trajectoire de l'obus

On étudie le mouvement de l'obus dans le repère xOy donné ci-dessous.



Le point O est la gueule du canon (l'endroit où l'obus sort du tube du canon).
L'angle α entre le tube du canon et le sol correspond à l'élévation citée dans le document.
$\overrightarrow{V_0}$ est le vecteur vitesse initiale de l'obus à la sortie du canon.

2.1. En utilisant une loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de l'obus : $a_x(t)$ suivant l'axe x et $a_y(t)$ suivant l'axe y.

2.2. En déduire les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de l'obus et montrer que les équations horaires du mouvement de l'obus s'écrivent :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t \end{cases}$$

avec t en secondes, v_0 en mètres par seconde et $x(t)$ et $y(t)$ en mètres.

2.3. En déduire l'équation de la trajectoire $y = f(x)$.

3. Vérification des données du document

3.1. En utilisant la question 2.2, déterminer la durée du vol et la portée théorique (distance entre le canon et l'endroit où l'obus touche le sol). On négligera la hauteur du canon et on suppose que l'obus arrive à la même altitude que celle de son point de départ.

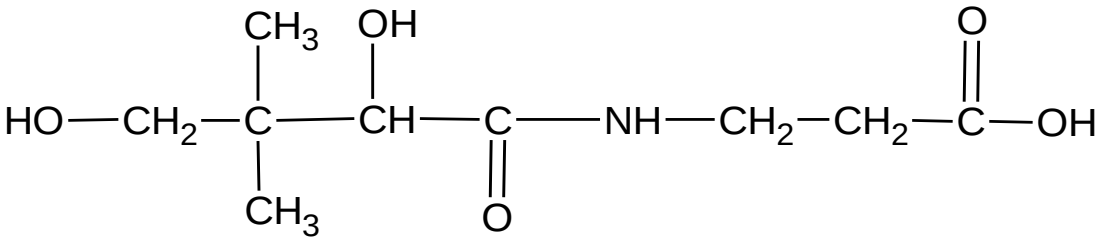
3.2. Déterminer l'altitude théorique maximale atteinte par l'obus connaissant l'expression de la composante verticale de la vitesse de l'obus : $v_y = -9{,}8 \times t + 1226$.

3.3. Expliquer l'écart existant entre les résultats théoriques obtenus dans les deux questions précédentes et les données du document.

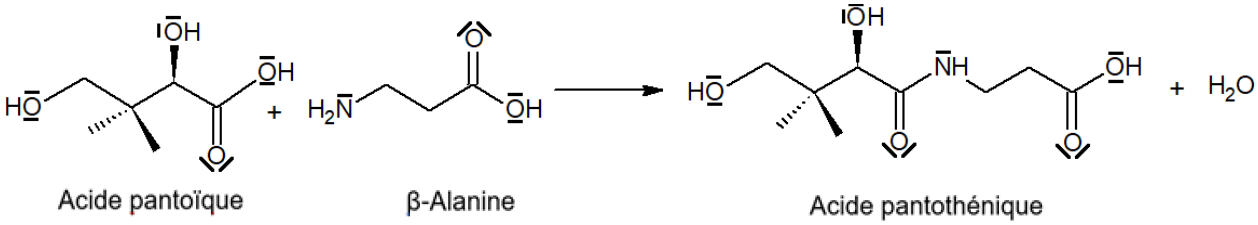
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II. ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

La molécule d'acide pantothénique
Questions 1.1, 1.3, 1.5.

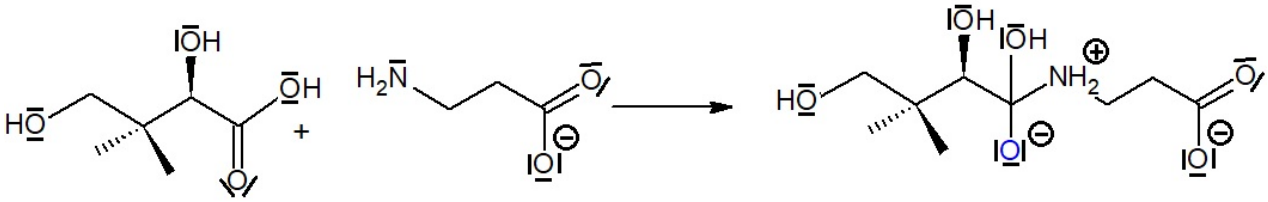


Synthèse de l'acide pantothénique
Question 2.1.



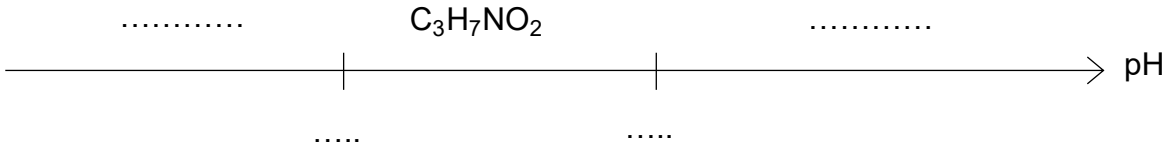
Acide pantoïque — β-Alanine — Acide pantothénique

Questions 2.4.



Acide pantoïque — Ion carboxylate de la β-alanine

Questions 2.5.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Modèle CMEN-DOC v2 A4 ©NEOPTEC

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)