

Corrigé du bac 2016 : Physique- Chimie Obligatoire Série S – Polynésie

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

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

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-
chimie pour le site www.sujetdebac.fr

EXERCICE I – L'ALANINE EN INFRAROUGE (7 points)

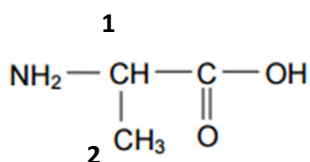
1) L'alanine

1.1.1) La molécule possède un groupement -COOH, il s'agit d'un acide carboxylique : Acide [amino]propanoïque

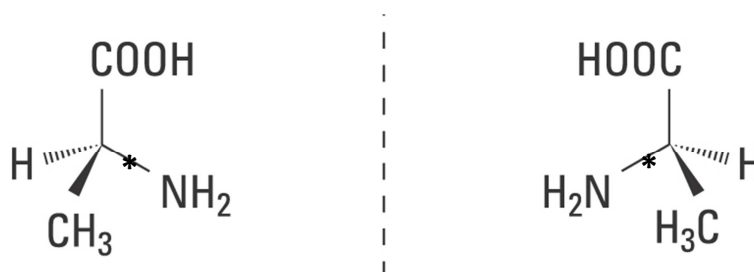
Il y a une amine NH₂ sur le carbone numéro 2 : 2-amino-

La chaîne carbonée possède 3 carbones : -propan-

D'où l'appellation « acide 2-aminopropanoïque » pour l'alanine.



1.1.2) L'alanine possède un atome de carbone asymétrique : elle possède donc un énantiomère.



1.2.1) Il y a autant de réactifs que de produits dans la réaction présentée : il s'agit donc d'une réaction de substitution.

1.2.2) Le rendement de la réaction est exprimé tel que :

$$\eta = \frac{n_{\text{alanine}}}{n_{\text{alanine}}^m} = 0,80$$

Avec n_{alanine}^m la quantité de matière d'alanine maximale et n_{alanine} la quantité de matière de l'alanine expérimentale.

Ainsi,

$$n_{alanine}^m = \frac{n_{alanine}}{\eta}$$

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagi dans les proportions stœchiométriques. On a alors la relation :

$$n_{alanine}^m = n_{bromo}^i$$

$$n_{alanine}^m = \frac{m_{bromo}^i}{M_{bromo}}$$

D'où :

$$m_{bromo}^i = n_{alanine}^m \cdot M_{bromo} = \frac{n_{alanine}}{\eta} \cdot M_{bromo} = \frac{m_{alanine}}{\eta \cdot M_{alanine}} \cdot M_{bromo}$$

$$m_{bromo}^i = \frac{1,0 \cdot 10^3}{(3 \cdot 12 + 7 \cdot 1 + 2 \cdot 16 + 1 \cdot 14) \cdot 0,80} \cdot (3 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 2 \cdot 16 + 1 \cdot 80) \\ = 2,1 \text{ kg}$$

Il faudra 2,1 kg d'acide 2-bromopropanoïque pour 1 kg d'alanine pour obtenir un rendement de 80%.

1.3) Le spectre IR du composé A possède 2 bandes caractéristiques : une située à environ 3000 cm^{-1} et l'autre à 1600 cm^{-1} . La première correspond à la présence d'une liaison O-H et la seconde à une liaison C=O. Or ces deux liaisons sont présentes dans les deux molécules.

On aperçoit cependant deux bandes plus fines et plus subtiles à environ 2600 et 3100 cm^{-1} qui semblent correspondre à deux liaisons N-H. Il s'agirait alors du spectre IR de l'alanine.

Confirmons-le grâce au spectre RMN :

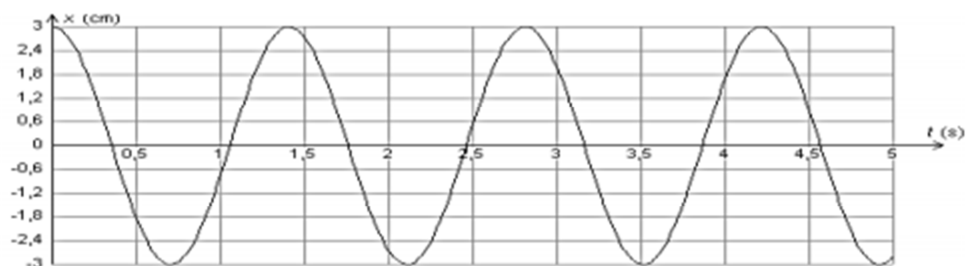
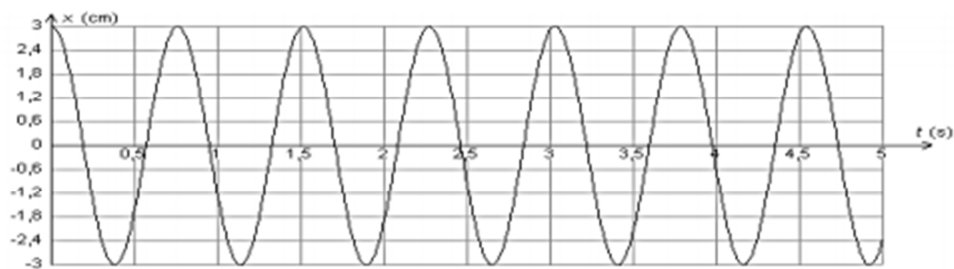
On observe un doublet et un quadruplet. Le doublet correspondrait aux hydrogènes du groupe CH₃, voisins avec un seul protons H uniquement. Le quadruplet correspondrait au proton H de la liaison C-H, qui possède 3 voisins.

Les spectres du composé A sont donc ceux de l'alanine.

2) Spectroscopie infrarouge

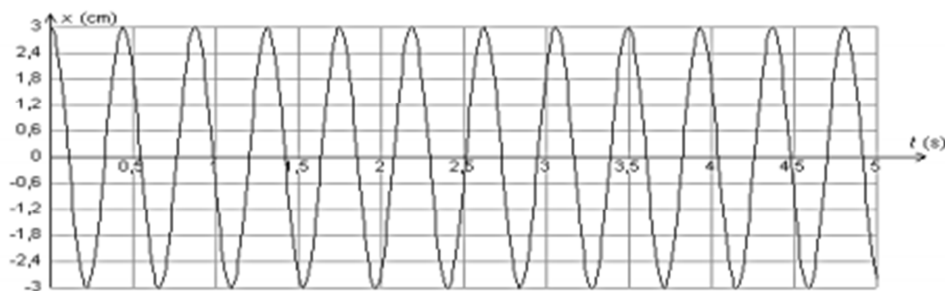
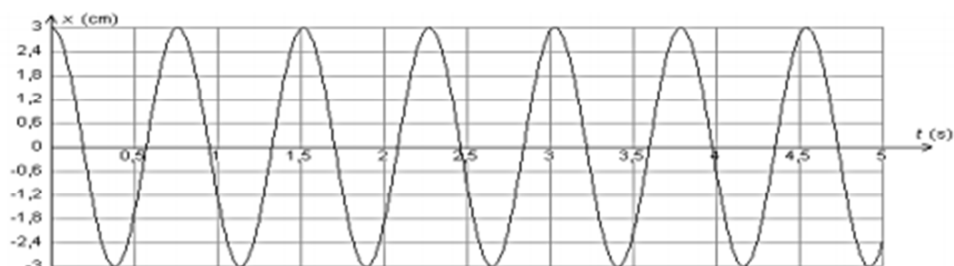
2.1) Discutons tout l'abord de l'influence de la masse en comparant les courbes 1 et 3.

La courbe 1 concerne une masse $m = 145 \text{ g}$ et la courbe 3 une masse $m = 500 \text{ g}$, avec pour les deux une même constante de raideur k .



On remarque qu'avec l'augmentation de la masse, la période temporelle T a augmenté.

Pour ce qui est de l'influence de la constante de raideur k , nous allons comparer les courbes 1 et 2, qui ont des constantes de raideur k valant respectivement 10 et 30 N/m.



On constate qu'avec l'augmentation de la constante de raideur, la période temporelle des oscillations a diminué.

2.2.1) Le nombre d'onde s'exprime de la manière suivante : $\sigma = \frac{1}{\lambda}$. Or nous savons qu'une longueur d'onde s'exprime en m, donc un nombre d'onde s'exprimera en m^{-1} .

2.2.2) On nous donne dans l'énoncé l'expression suivante pour le nombre d'onde :

$$\sigma = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\alpha}{\mu}} \text{ avec } \mu = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B}$$

A et B étant les atomes de la liaison.

Pour la liaison C-H, on a alors un nombre d'onde qui vaut :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\alpha}{\frac{m_A m_B}{m_A + m_B}}} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\alpha \cdot (m_A + m_B)}{m_A m_B}} \\ &= \frac{1}{2\pi \cdot 3,0 \cdot 10^{10}} \sqrt{\frac{5,0 \cdot 10^5 (1,99 \cdot 10^{-23} + 1,67 \cdot 10^{-24})}{1,99 \cdot 10^{-23} \cdot 1,67 \cdot 10^{-24}}} \end{aligned}$$

$$\sigma = 3,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$$

2.2.3) Si on considère que les masses réduites des deux liaisons sont identiques, le seul paramètre qui peut avoir une influence dans cette différence est la valeur de α , puisque tous les autres paramètres sont constants.

On aurait alors $\alpha(C=O) > \alpha(C-O)$, ce qui voudrait dire que la force de liaison est plus grande pour C=O que pour C-O.

Cela paraît réaliste car une double liaison est toujours plus forte qu'une simple liaison.

Remarque : Voyez cela comme si vous attachiez un objet avec une corde ou avec deux : vous aurez plus de résistance s'il est doublement accroché !

EXERCICE II : SE CHAUFFER AVEC LE NUMÉRIQUE (8 points)

1) Isolation thermique des murs du centre de données

1.1) L'énoncé nous indique dans les données qu'afin d'obtenir le label HQE, le mur doit avoir une résistance thermique Z_{HQE} de $4,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{W}^{-1}$. La résistance thermique s'exprime telle que :

$$Z_{HQE} = \frac{e}{\lambda}$$

On en déduit alors l'épaisseur e :

$$e = \lambda Z_{HQE}$$

La conductivité thermique du béton armé valant $\lambda = 2,2 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, on a :

$$e = 2,2 * 4,00 = 8,8 \text{ m}$$

L'épaisseur du mur constitué uniquement de béton armé devrait être de 8,8 m.

1.2) On nous donne dans l'énoncé l'expression de la résistance thermique $R_{th} = \frac{Z}{S}$ or nous savons que $Z = \frac{e}{\lambda}$, donc $R_{th} = \frac{\frac{e}{\lambda}}{S} = \frac{e}{\lambda S}$.

« Dans toute cette partie, on raisonnera sur un mur extérieur dont la surface est de $1,0 \text{ m}^2$ ».

La surface étudiée vaut alors $S = 1,0 \text{ m}^2$.

On a alors $R_{th} = \frac{e}{\lambda} = Z$.

Remarque : Dans l'énoncé, Z est déjà défini comme étant la résistance thermique d'un matériau de surface égale à $1,0 \text{ m}^2$.

La résistance thermique et la conductivité thermique sont inversement proportionnelles pour une même épaisseur e .

La conductivité thermique de la laine de verre est inférieure à celle du béton armé, donc sa résistance thermique est supérieure, ce qui en fait un bon isolant thermique.

1.3) L'énoncé nous indique que les résistances thermiques de plusieurs matériaux superposés s'ajoutent.

La surface S étudiée dans toute la partie de l'exercice vaut $1,0 \text{ m}^2$, donc la résistance thermique est égale à la conductivité thermique.

$$Z_{total} = R_{th\ total} = R_{th}^{beton} + R_{th}^{laine} + R_{th}^{polymère}$$

$$Z_{total} = \frac{e^{beton}}{\lambda^{beton}} + \frac{e^{laine}}{\lambda^{laine}} + \frac{e^{polymère}}{\lambda^{polymère}}$$

$$\frac{e^{laine}}{\lambda^{laine}} = Z_{total} - \frac{e^{beton}}{\lambda^{beton}} - \frac{e^{polymère}}{\lambda^{polymère}}$$

$$e^{laine} = \lambda^{laine} \left(Z_{total} - \frac{e^{beton}}{\lambda^{beton}} - \frac{e^{polymère}}{\lambda^{polymère}} \right) = 0,032 * \left(4,00 - \frac{0,050}{0,018} - \frac{0,20}{2,2} \right) = 0,12\ m$$

L'épaisseur minimale de laine de verre nécessaire pour obtenir le label HQE est donc de 12 cm.

2) Bilan thermique du centre de données

2.1) Les ordinateurs sont capables de céder de l'énergie thermique soit par conduction, soit par convection, soit par rayonnement.

2.2) Calculons l'énergie thermique totale libérée en une journée par les 20 000 serveurs en supposant que la totalité de l'énergie électrique intervient dans la transformation :

$$Q_{serveurs} = N * P * \Delta t = 20\ 000 * 480 * 24 * 60 * 60 = 8,3.10^{11}\ J$$

On retrouve bien la valeur attendue.

2.3.1) Le transfert thermique à travers le sol est défini de la manière suivante :

$Q_{sol} = \varphi . \Delta t$, avec φ le flux thermique qui vaut :

$$\varphi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$$

D'où

$$Q_{sol} = \Delta t * \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}} = \Delta t * \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{Z}{S}}$$

La surface S vaut maintenant $80 * 50 = 4000\ m^2$.

On a alors, pour une journée :

$$Q_{sol} = \Delta t * \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{Z}{S}} = 24 * 3600 * 4000 * \frac{23 - 11}{4,00} = 1,0.10^9 J = 1,0\ GJ$$

2.3.2) L'énergie thermique totale perdue par l'ensemble des parois du centre de données au cours d'une journée d'hiver est égale à la somme des transferts thermiques au niveau du sol, des murs et de la toiture.

$$Q_{totale} = Q_{sol} + Q_{murs} + Q_{toiture} = 1,0.10^9 + 9,0.10^8 + 6,8.10^8 = 2,6.10^9 J$$

2.4) A la question 2.2), nous avons calculé l'énergie thermique totale libérée en une journée par les 20 000 serveurs, qui valait $8,8.10^{11}$ J, or l'énergie thermique totale perdue par l'ensemble des parois du centre de données au cours d'une journée vaut $2,6.10^9$ J.

Toute l'énergie thermique perdue par les serveurs n'est donc pas évacuée et une partie reste dans le bâtiment. La température à l'intérieur de celui-ci va donc beaucoup augmenter, ce qui peut causer quelques problèmes au niveau des serveurs eux-mêmes.

3. Valorisation de l'énergie produite par les serveurs

3.1) Convertissons la valeur de l'énergie thermique libérée en six mois par les serveurs en kWh :

$$Q_{6\text{ mois}}(kWh) = \frac{Q_{6\text{ mois}}}{3,6.10^6} = \frac{1,5.10^{14}}{3,6.10^6} = 4,2.10^7 kWh$$

Pour obtenir la surface correspondante, il faut diviser par l'énergie thermique nécessaire pour chauffer $1m^2$:

$$S = \frac{Q_{6\text{ mois}}(kWh)}{50} = 8,4.10^5 m^2$$

« Selon Dalkia, la filiale commune de Veolia et d'EDF qui exploite le réseau de chauffage, le centre de données peut chauffer jusqu'à $600\,000\,m^2$ »

La valeur annoncée dans la citation ci-dessus est réaliste car elle est proche de la valeur obtenue par les calculs.

3.2) La relation entre W , Q_{air} et Q_{eau} dans ces conditions est la suivante :

$$Q_{eau} = W + Q_{air}$$

3.3) Nous devons déterminer quel mode de chauffage il est possible d'envisager pour chauffer les logements voisins. Pour cela, nous allons commencer par calculer l'énergie thermique reçue par l'eau.

A la question précédente, nous avons montré la relation entre W , Q_{air} et Q_{eau} .

L'eau reçoit alors : $Q_{eau} = W + Q_{air} = 1,0.10^5 * 3,6.10^6 + 5,2.10^{11} = 8,8.10^{11} J$.

Remarque : Ne pas oublier que W n'est pas en Joules : il faut impérativement le convertir (en le multipliant par $3,6.10^6$)

Afin de déterminer le mode de chauffage le plus adapté, il faut calculer la hausse de température de l'eau, en particulier la température finale suite à l'énergie thermique qu'elle reçoit. Pour cela, nous devons trouver la masse d'eau qui reçoit cette énergie en 24h pour pouvoir utiliser une seconde relation de l'énergie reçue par l'eau qui circule en 24h, exprimée grâce à la capacité calorifique de l'eau c_{eau} :

$$Q_{eau} = m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot \Delta\theta$$

On nous donne un débit $D = \frac{V}{\Delta t} = 2,0.10^2 m^3 \cdot h^{-1}$, ce qui nous donne un volume d'eau égal à

$$V_{eau} = D \cdot \Delta t = 4,8.10^3 m^3$$

La masse d'eau qui reçoit l'énergie thermique vaut alors :

$$m_{eau} = \rho_{eau} V_{eau} = 1,0.10^3 * 4,8.10^3 = 4.8.10^6 kg$$

La capacité calorifique de l'eau étant connue, on a :

$$\Delta\theta = \frac{Q_{eau}}{m_{eau} \cdot c_{eau}} = \theta_f - \theta_i$$

$$\theta_f = \frac{Q_{eau}}{m_{eau} \cdot c_{eau}} + \theta_i$$

$$\theta_f = \frac{8,8.10^{11}}{4,8.10^6 * 4185} + 10 = 54^\circ C$$

En se référant au tableau fourni dans les données, nous pouvons affirmer que l'eau sera utilisée dans des radiateurs car la valeur de la température rentre dans l'intervalle $[50, 65]^\circ C$.

EXERCICE III : DU JUS DE POMME AU VINAIGRE (5 points)

1) Fermentation alcoolique

1.1) Le texte nous renseigne sur la fermentation alcoolique du D-glucose : « La fermentation alcoolique est due à l'oxydation du glucose contenu dans le jus de pomme en présence de levures. Il se forme de l'éthanol et du dioxyde de carbone. »

Le D-glucose a pour formule brute : $C_6H_{12}O_6$ (d'après sa représentation de Cram fournie par l'énoncé).

L'éthanol a pour formule brute : C_2H_6O .

Ainsi, on peut en déduire l'équation de la réaction : $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_6O + 2CO_2$.

Il s'agit d'une fermentation alcoolique car l'éthanol ainsi formé est un alcool avec deux atomes de carbone.

1.2) En écrivant l'équation de la réaction, on peut constater que la zymase ne rentre pas dans le bilan total. S'agissant en plus d'une enzyme, on peut alors supposer qu'elle joue le rôle de catalyseur dans cette réaction.

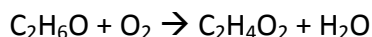
2) Fermentation acétique

2.1) L'acide acétique possède un groupe carboxyle caractéristique de la famille des acides carboxyliques. De plus, on compte dans sa chaîne carbonée 2 carbones : l'autre nom de l'acide acétique est l'acide éthanoïque.

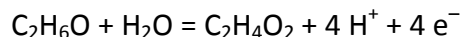
2.2) L'énoncé indique que « La principale transformation du cidre en vinaigre est due à des micro-organismes, *Mycoderma acetii*, qui fixent les molécules de dioxygène sur l'éthanol, ce qui conduit à la formation d'acide acétique. »

Nous avons là des informations quant à la réaction qui va se produire. D'après la question 2.1), on sait que l'acide acétique correspond à l'acide éthanoïque, de formule brute : $C_2H_4O_2$.

On a alors la réaction suivante :



On remarque qu'entre l'éthanol C_2H_6O et l'acide éthanoïque, il y a une différence de 2 protons H et un oxygène. On peut alors en déduire la réaction l'oxydation suivante :



L'éthanol subit donc une oxydation : c'est un réducteur.

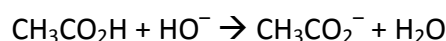
Par conséquent, le dioxygène est oxydant : $O_2 + 4 e^- + 4 H^+ = 2H_2O$.

3. Analyse d'un cidre en cours de fermentation

Nous devons déterminer si le cidre mis en fermentation depuis plusieurs semaines et analysé peut être commercialisé sous l'appellation vinaigre.

Pour cela, il faut déterminer sa teneur acétique et regarder si elle est supérieure à 5,0 g pour 100 mL.

Le cidre est titré par une solution d'hydroxyde de sodium, ce qui nous donne l'équation suivante :



A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagi dans les proportions stœchiométriques. Nous pouvons alors écrire que $n'_{CH_3CO_2H} = n_{HO^-}$

On peut lire sur le graphique du suivi pH-métrique (au niveau du saut net de pH) le volume équivalent V_E qui vaut $V_E = 12,5$ mL.

Ainsi, $n'_{CH_3CO_2H} = cV_E$ puis $m'_{CH_3CO_2H} = cV_E \cdot M = 0,15 * 12,5 * 10^{-3} * 60 = 0,1125$ g

La masse calculée $m'_{CH_3CO_2H}$ représente la masse présente dans 25,0 mL de vinaigre qui a été dilué 10 fois. Il faut donc multiplier cette masse par 10 pour avoir la masse totale dans 25 mL de vinaigre pur :

$$m_{CH_3CO_2H} = 10 * 0,1125 = 1,125$$
 g

Il faut ensuite multiplier à nouveau cette masse par 4 pour avoir la masse totale présente dans 100mL de vinaigre pur :

$$m_{CH_3CO_2H}^T = 4 * m_{CH_3CO_2H} = 4 * 1,125 = 4,5$$
 g

Il est écrit dans l'énoncé que « néanmoins une différence de 0,2 degré, soit deux grammes d'acide acétique par litre de vinaigre, peut être admise en moins dans la mesure de cette teneur ». La valeur minimale de la teneur acétique admise doit être de $5,0 \pm 0,2$ degré acétimétrique.

Déterminons l'incertitude sur la mesure expérimentale du degré acétimétrique :

$$\frac{U(d)}{d} = \sqrt{\left(\frac{U(V)}{V}\right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2}$$

$$U(d) = d \cdot \sqrt{\left(\frac{U(V)}{V}\right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2} = 4,5 * \sqrt{\left(\frac{0,1}{25,0}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{12,5}\right)^2 + \left(\frac{0,005}{0,15}\right)^2} = 0,2$$

Avec l'incertitude, cela nous donne une teneur acétique qui vaut $d = 4,5 \pm 0,2$ degré acétimétrique, ce qui n'atteint pas les 4,8 degrés acétimétriques et reste donc insuffisant. Le cidre fermenté étudié ne peut donc pas être commercialisé sous l'appellation vinaigre.