

Corrigé du bac 2015 : Physique-Chimie Obligatoire Série S – Polynésie

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

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.

EXERCICE I : PERFORMANCE D'UNE ATHLÈTE (10 points)

1. Étude du mouvement du boulet avant le lâcher du marteau par l'athlète

1.1) L'accélération est telle que $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$. Dans un mouvement circulaire, le vecteur vitesse n'est pas un vecteur constant car changeant de direction en permanence : sa dérivée par rapport au temps n'est donc pas nulle. Il existe bien une accélération dans un contexte de mouvement circulaire.

1.2)

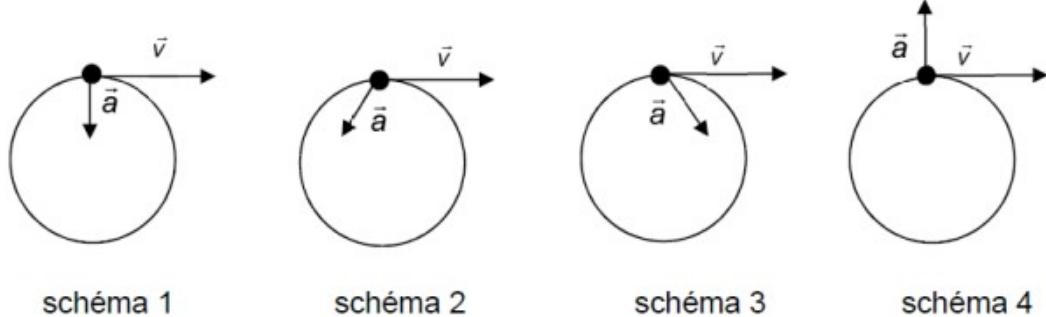


schéma 1

schéma 2

schéma 3

schéma 4

Lors d'un mouvement circulaire, l'accélération est centripète : on peut donc d'emblée éliminer le schéma 4.

Lors d'un mouvement accéléré, le produit scalaire $\vec{a} \cdot \vec{v}$ est positif, ce qui est le cas dans le schéma 3.

Lors d'un mouvement uniforme, le même produit scalaire est nul, ce qui est le cas dans le schéma 1 (vecteurs orthogonaux).

1.3) Appliquons la seconde loi de Newton au système : $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$

$\vec{P} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ avec \vec{F} la force exercée par le câble sur le boulet. L'expression suggère que la résultante de la somme des forces extérieures soit dans le même plan que l'accélération car égale à celle-ci au facteur de masse près, or cela n'est pas possible ! De plus, la force \vec{F} est nécessairement dans le même plan que l'accélération qui est centripète.

On peut donc conclure que c'est le poids qui est négligeable devant la force \vec{F} .

Partons sur un rayon $R=1,5\text{m}$.

D'après la seconde loi de Newton, on a $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ or pour un mouvement circulaire, la norme de l'accélération vaut $a = \frac{v^2}{R}$, d'où $\vec{F} = m \cdot \frac{v^2}{R}$.

En faisant le rapport de ces deux grandeurs, nous pouvons vérifier notre affirmation plus haut :

$$\frac{F}{P} = \frac{m \cdot \frac{v^2}{R}}{m \cdot g} = \frac{v^2}{R \cdot g} = \frac{26^2}{9,8 \times 1,5} = 46$$

Le poids est donc bien négligeable devant la force exercée par le câble sur le boulet.

2. Étude du mouvement du boulet après le lâcher du marteau par l'athlète

2.1) La seule force qui intervient dans cette étude est le poids \vec{P} du boulet, d'où $\vec{P}=m \cdot \vec{g}=m \cdot \vec{a}$ et enfin, $\vec{a}=\vec{g}$. En projetant sur les axes (Ox) et (Oy), on obtient :

$$\vec{a} \quad \left| \begin{array}{l} a_x=0 \\ a_y=-g \end{array} \right. \text{ puis en primitivant} \quad \vec{v} \quad \left| \begin{array}{l} v_x=v_0 \cos \alpha \\ v_y=-g \cdot t + v_0 \sin \alpha \end{array} \right. \text{ et puis}$$

$$\vec{OM} \quad \left| \begin{array}{l} x=v_{0x} \cdot \cos \alpha \cdot t + x_0 \\ y=-\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_{0y} \sin \alpha \cdot t + y_0 \end{array} \right.$$

$$\text{A } t=0, \quad x_0=0 \quad \text{et} \quad y_0=h \quad \text{d'où} \quad \vec{OM} \quad \left| \begin{array}{l} x=v_{0x} \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y=-\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_{0y} \sin \alpha \cdot t + h \end{array} \right.$$

2.2) En utilisant l'équation de la trajectoire donnée, et en utilisant les valeurs numériques des données, on a :

$$y = \frac{-g \cdot x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} + \tan \alpha \cdot x + h = \frac{-9,8 \cdot x^2}{2 \times 26^2 \times 2^2 \cos^2(45)} + \tan(45) \cdot x + 3,0 = 0$$

$$0,0145 x^2 + x + 3,0 = 0$$

Il s'agit là d'un polynôme du second degré. En le résolvant, on obtient $x_1=-2,9 \text{ m}$ et $x_2=71,86 \text{ m}$
Nous retenons évidemment la solution positive, que nous arrondissant pour tenir compte des chiffres significatifs. Nous obtenons alors une distance de 72m.
D'après le classement, l'athlète aurait été 11 ème.

2.3) A $t=0$, $h=3,0 \text{ m}$ donc $E_{p0}=mgh=4,0 \times 9,8 \times 3,0=118 \text{ J}$

On veut déterminer l'instant où le boulet touche le sol, nous devons donc résoudre l'équation :

$$y = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_{0y} \sin \alpha \cdot t + h = 0$$

$$-\frac{1}{2} \times 9,8 t^2 + 18 t + 3,0 = 0 \quad \text{d'où} \quad t=3,9 \text{ s}$$

Lorsque le boulet touche le sol, la hauteur par définition est nulle, donc son énergie potentielle l'est également.

La courbe qui correspond à nos résultats est celle de E_{p2} .

2.4) A $t=0$, $E_{c0}=\frac{1}{2} m v_0^2=0,5 \times 4,0 \times 26^2=1,3 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

$$E_{m0}=E_{p0}+E_{c0}=1,4 \cdot 10^3 \text{ J}$$

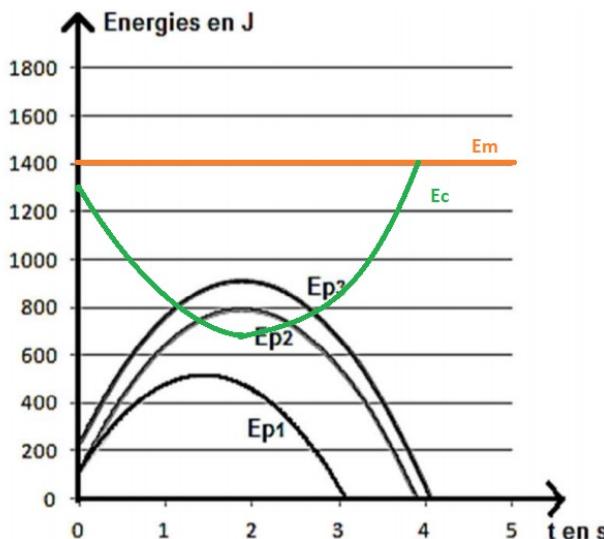
On néglige les frottements de l'air ; il y a donc conservation de l'énergie mécanique entre les temps $t=0$ et $t=3,9 \text{ s}$.

$$E_m(t=3,9 \text{ s})=E_p(3,9 \text{ s})+E_c(t=3,9 \text{ s})=E_c(t=3,9 \text{ s})$$

$$\text{Ainsi, } E_c(t=3,9 \text{ s})=1,4 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Au sommet de la trajectoire, $v_y=0$ donc $-g \cdot t + v_0 \sin \alpha = 0$, ainsi $t=1,9 \text{ s}$ et

$$E_{c \text{ Sommet}}=\frac{1}{2} m (v_0 \cos \alpha)^2=676 \text{ J}$$

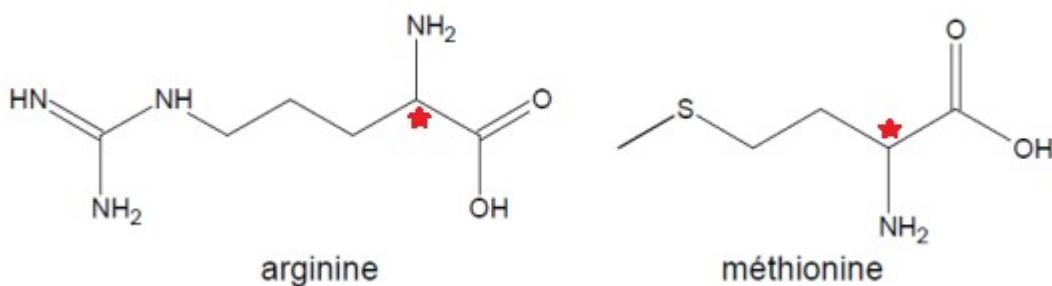


3. Créatine et créatinine chez l'athlète

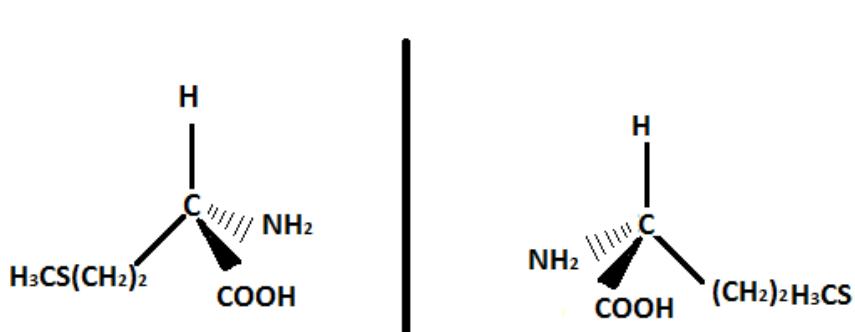
3.1. Créatine et créatinine

3.1.1) a) Les acides α -aminés possèdent tous une fonction acide carboxylique -COOH ainsi qu'une fonction amine -NH₂.

b) Pour repérer les molécules possédant des énantiomères, il faut repérer la présence de carbones asymétriques, c'est à dire de carbones possédant 4 liaisons reliées à 4 groupes distincts. C'est le cas de l'arginine ainsi que de la méthionine.



c)



3.1.2) La réaction de déshydratation de la créatine correspond à une réaction d'élimination car elle élimine des molécules d' H_2O .

3.1.3) La formule brute de la créatinine est C₄H₇N₃O.

3.2. Dosage du taux de créatinine chez l'athlète

3.2.1) Qui dit absorbance dit loi de Beer-Lambert : A=k.C

On connaît la concentration de la créatine dans le tube C ; $k = \frac{A}{C_3} = \frac{0,62}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 6,2 \cdot 10^3$ la
 $C_2 = \frac{A}{k} = \frac{0,71}{6,2 \cdot 10^3} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D'où on peut déduire concentration de créatinine

L'encadrement donné dans l'énoncé est en mg.L⁻¹ ; calculons donc la concentration massique associée :

$$C_m = C_2 \times M = 1,1 \cdot 10^{-4} \times 113 = 12,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

La valeur obtenue est légèrement supérieure à la valeur maximale attendue.

3.2.2) Le taux élevé de créatine peut s'expliquer par le fait qu'il l'est généralement chez les sportifs (du fait de leur masse musculaire plus importante par rapport à un individu non sportif).

EXERCICE II : ÉTUDE D'UN SONDEUR (5 points)

1) Les informations données à la fin de l'exercice nous indiquent que la vitesse de propagation du son varie avec, entre autre, la température du milieu, voilà pourquoi il est donc nécessaire que le sondeur possède un capteur de température.

Avec la valeur de la salinité de l'eau ainsi que la température données au début de l'exercice, on en déduit la célérité du son, qui vaut $v_{son} = 1490 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2) Pour répondre à la question, il nous faut calculer, d'après le document relatif à la réflexion des ondes acoustiques, la longueur d'onde de l'onde émise.

$$\lambda = \frac{v_{son}}{f} = \frac{1490}{83 \cdot 10^3} = 1,8 \text{ cm}$$

La valeur de la longueur d'onde est plus proche de l'ordre de grandeur de la sardine que de celui du thon ; le sondeur sera donc plus performant pour détecter le thon que la sardine.

Remarque : En réalité, une sardine mesure en moyenne une dizaine de centimètres ; sa taille est donc plus importante que la valeur de la longueur d'onde. Elle pourra donc être repérée par le sondeur.

3) Le signal émit fait un aller retour en se réfléchissant sur le poisson, et parcourt donc une distance 2d en un temps Δt.

$$2d = v_{son} \cdot \Delta t \quad \text{puis} \quad d = \frac{v_{son} \cdot \Delta t}{2} = \frac{1490 \times 32 \cdot 10^{-3}}{2} = 24 \text{ m}$$

4) La distance poisson-sommet du cône est plus élevée à l'entrée et à la sortie du cône par rapport au centre du cône ; l'onde parcourt donc une plus grande distance dans ces deux cas, d'où l'allure en « accent circonflexe » du signal observé.

5) La définition de l'image est de 160 pixels verticaux avec une incertitude de 1 pixel.
 Ceci nous donne une incertitude sur la profondeur de $50/160=0,31\text{m}$ pour la première plage allant de 0 à $p_{\max}=-50\text{m}$, et $100/160=0,62\text{m}$ pour la plage allant jusqu'à -100m.
 Le poisson se situe à une profondeur de 24m ; la place de mesure verticale la plus adaptée est celle qui va de 0 à $p_{\max}=-50\text{m}$.

6) L'angle α n'est connu qu'à l'entrée du cône (au temps t1) et à la sortie de celui-ci (au temps t3). La vitesse du poisson ne pourra donc être évaluée qu'à ces deux instants.

EXERCICE III : COMPOSITION D'UN MÉDICAMENT (5 points)

1. Étude du protocole de synthèse de l'acide benzoïque au laboratoire

1.1) Parmi les 3 propositions, il faut choisir la proposition A. En effet, le montage du chauffage à reflux possède deux avantages notables :

- il permet d'avoir une réaction rapide car il se trouve que la température est un facteur cinétique
- il limite les pertes de matières : le reflux conserve le mélange réactionnel

La distillation de la proposition C n'a aucun intérêt ici car elle sert dans la plupart des cas à séparer des espèces non miscibles (cf. extraction de l'eugénol des clous de girofles/du limonène de l'écorce d'orange...etc)

Quant à la proposition B qui ne suggère qu'un chauffage, nous aurions eu des pertes de matières.

1.2) Calculons les quantités de matières des réactifs à l'état initial :

$$n_{MnO_4^-} = \frac{m}{M} = \frac{2,0}{158} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{C_6H_5CH_2OH} = \frac{m}{M} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{1,04 \times 2,0}{108} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagit dans les proportions stœchiométriques. Ainsi,

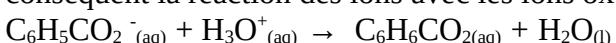
$$x_{\max} = \frac{n_{MnO_4^-}}{4} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad \text{ou bien} \quad x_{\max} = \frac{n_{C_6H_5CH_2OH}}{3} = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

La valeur de x_{\max} que l'on choisira sera la plus petite des 2 proposées plus haut (le réactif limitant est celui qui est consommé en premier!)

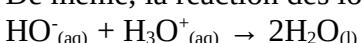
On choisi donc $x_{\max} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$; MnO_4^- est le réactif limitant.

1.3) La filtration sous vide effectuée permet de se débarrasser du solide MnO_2 formé lors de cette réaction.

1.4) On ajoute au filtrat, récupéré à la suite de la filtration sous vide, de l'acide chlorhydrique. Dans ce filtrat sont présents des ions benzoate $C_6H_5CO_2^-$, ainsi que des ions hydroxyde HO^- . Les ions benzoate constituent la base dans le couple acide/base $C_6H_6CO_2/C_6H_5CO_2^-$, par conséquent la réaction des ions avec les ions oxonium H_3O^+ donne :



De même, la réaction des ions hydroxyde avec les ions oxonium donne :



La réaction globale donne finalement : $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{CO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

1.5) Le rinçage à l'eau très froide permet d'éliminer les impuretés encore présentes parmi les cristaux : le recourt à l'eau froide limite les pertes en acide benzoïque car celui-ci est très peu soluble dans ces conditions.

Le séchage des cristaux à l'étuve permet d'éliminer toute trace d'eau – ils pourront en sortir une fois complètement secs, ce qui peut se vérifier en contrôlant leur masse qui est supposée rester constante lorsque c'est le cas.

1.6) Le spectre de l'alcool benzyllique présente une large bande vers 3300 cm^{-1} due au groupement OH de l'alcool lié par liaison hydrogène.

Le spectre de l'acide benzoïque possède quant à lui une bande forte vers 1680 cm^{-1} due au groupement C=O ainsi qu'une bande moyenne vers 2800 cm^{-1} .

Ces bandes sont caractéristiques de l'acide benzoïque (vérifié en se référant à l'écriture de sa formule topologique) ; de plus il ne possède pas de traces d'alcool benzyllique car son spectre ne contient pas la large bande caractéristique de l'alcool.

2. Analyse de la pureté du produit obtenu lors de la synthèse

2.1) **Remarque :** Lorsque l'on doit interpréter un changement de pente lors d'un titrage par conductimétrie, la méthode est toujours la même : raisonner en séquençant la réaction – d'abord avant l'équivalence, puis après. La difficulté ne réside que dans la rigueur de la méthode, et dans l'interprétation des données !

- **Avant l'équivalence :** Les espèces en présence sont les deux réactifs $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-$, ainsi que Na^+ à ne pas oublier car, présent dans la solution d'hydroxyde de sodium, il possède une conductivité molaire ionique non nulle.
En effet, à ce moment de la réaction, les ions hydroxyde introduits dans le mélange réactionnel sont immédiatement consommés pour donner $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-$.
On augmente ainsi la quantité d'ions présents dans le mélange : la conductivité croît.
- **Après l'équivalence :** Toutes les molécules de $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ ont réagi : les ions HO^- sont donc en excès. Les concentrations en HO^- et en Na^+ augmentent, et celle de $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-$ stagne – la tendance est donc toujours à l'augmentation de la conductivité. La raison pour laquelle cette augmentation est plus forte que précédemment réside dans la valeur particulièrement élevée de la conductivité des ions HO^- .

2.2) Pour discuter de la pureté du produit obtenu, calculons la masse d'acide benzoïque à l'équivalence. D'après le graphique, le volume équivalent V_E est égal à 9,8 mL.

$$m_{\text{acide}} = n_{\text{acide}} \times M_{\text{acide}} = c \times V_E \times M_{\text{acide}} = 0,10 \times 9,8 \cdot 10^{-3} \times 122 = 0,12 \text{ g}$$

Cette masse correspond à la masse de produit initialement recueilli puis dissout ; le produit est donc pur, exempt de toute trace d'alcool benzyllique ce qui est conforme aux spectres IR.

3. Étude d'un des excipients du médicament

L'acide benzoïque n'est pas ou très peu soluble dans l'eau, mais il l'est dans l'alcool. L'eau et l'alcool étant miscibles, le mélange éthanol/eau purifiée est utilisé afin de pouvoir dissoudre l'acide benzoïque dans la solution de Rhinamide.