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.

Obligatoire

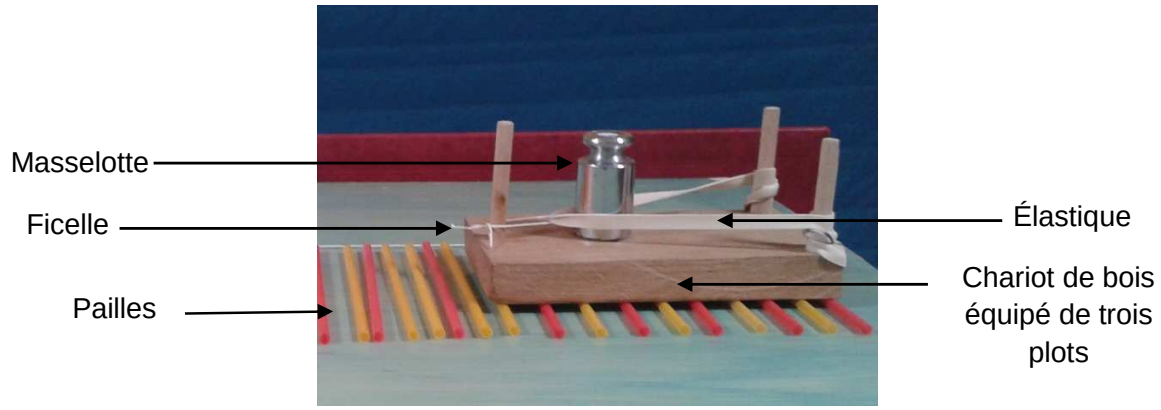
Le sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11.

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

EXERCICE 1 : NEWTON CAR (11 points)

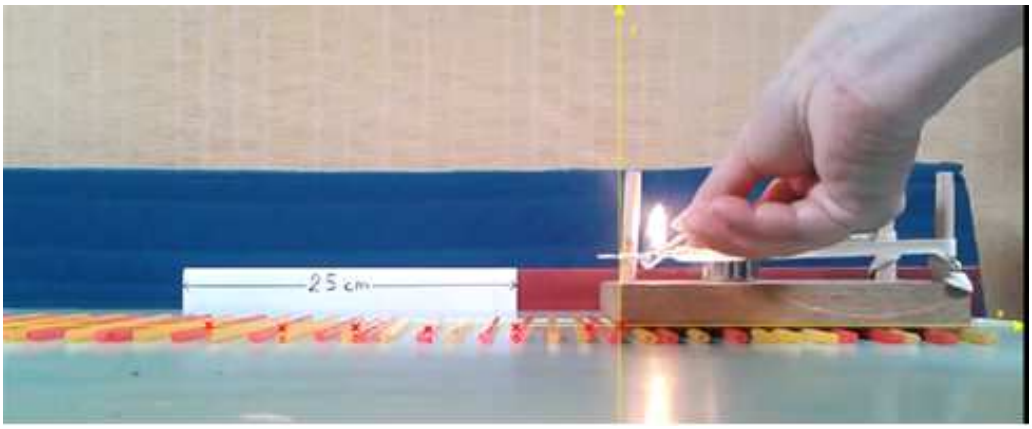
Le « Newton Car » challenge, impulsé par la NASA, est un défi scientifique qui peut être proposé aux élèves de lycée.
Une « Newton Car » est composée d'un chariot de bois équipé de trois plots permettant de maintenir un élastique étiré à l'aide d'une ficelle. Le chariot est positionné sur une série de pailles en plastique. Une masselotte est placée au niveau de la courbure de l'élastique. L'éjection de la masselotte met en mouvement le chariot.

Photographie de la « Newton Car »



L'objectif étant de parcourir la plus grande distance, c'est-à-dire d'avoir la plus grande vitesse au démarrage, les élèves sont amenés à mesurer cette grandeur par différentes méthodes.

À la date t = 0 s, le système est immobile. On brûle la ficelle comme photographiée ci-dessous :



On observe alors le déplacement du chariot et de la masselotte dans la même direction mais en sens opposé.

Pour étudier le mouvement de la « Newton Car », on considère le système S constitué de l'ensemble {chariot + ficelle + élastique + masselotte}.

On note $\overrightarrow{v_{C0}}$ la vitesse du chariot et $\overrightarrow{v_{m0}}$ la vitesse de la masselotte juste après la rupture de la ficelle.

Les mouvements sont étudiés dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

- intensité du champ de pesanteur : g = 9,81 m.s^{-2} ;
- masse du chariot M = 200 g ;
- on note m la masse de la masselotte ;
- évaluation d'une incertitude par une approche statistique :

• valeur moyenne $\overline{X}$ associée à n mesures indépendantes X_i d'une grandeur X :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} ;$$

• écart type expérimental noté σ_{n-1} :

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}} ;$$

• incertitude élargie pour un niveau de confiance de 95 % : $U(X) = 2\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$.

1. Principe de propulsion de la « Newton Car »

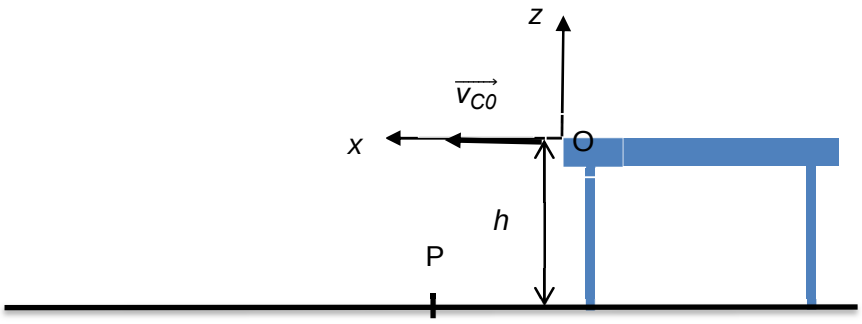
1.1. Après avoir brûlé la ficelle, faire l'inventaire des forces modélisant les actions extérieures qui agissent sur le système S.

1.2. À quelle condition le système S peut-il être considéré comme pseudo-isolé ? Si on suppose le système pseudo-isolé, montrer que la quantité de mouvement du système S est nulle.

1.3. Déterminer la relation donnant la vitesse $\overrightarrow{v_{C0}}$ du chariot en fonction de la vitesse $\overrightarrow{v_{m0}}$ de la masselotte, de la masse M du chariot et de la masse m de la masselotte. Prévoir le sens du mouvement du chariot. On néglige les masses de la ficelle et de l'élastique.

2. Détermination de la vitesse du chariot par l'étude d'un mouvement de chute

On installe la « Newton Car » au bord d'une table de hauteur h = 75,0 cm. Lorsque la ficelle est brûlée, le chariot est propulsé avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_{C0}}$ horizontale.
On étudie le mouvement de la « Newton Car », assimilée à un point matériel, dans le repère (xOz) donné ci-dessous et on note P le point d'impact au sol.



L'expérience est répétée 10 fois afin d'augmenter la qualité de la mesure. On mesure à chaque fois au sol l'abscisse x_P du point de chute du chariot.

Les mesures sont consignées dans le tableau ci-dessous :

x_P (en cm)	65	66	61	62	61	63	59	65	60	63

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.1. Faire l'inventaire des forces modélisant les actions qui s'exercent sur le chariot lors de la chute (on néglige l'action de l'air).

2.2. Donner le résultat de la mesure de x_P accompagné d'une évaluation de son incertitude élargie pour un niveau de confiance de 95 %.

2.3. Montrer que les équations horaires du mouvement du chariot s'écrivent :

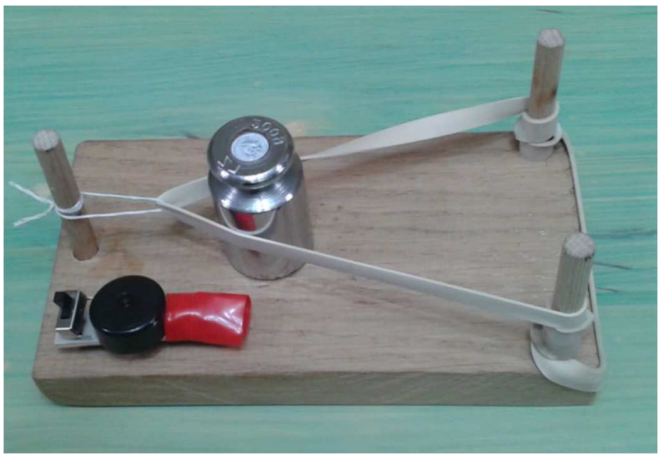
$$x(t) = v_{C0}.t \qquad \text{et} \qquad z(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2$$

2.4. En déduire la valeur de la vitesse initiale v_{C0} en explicitant votre démarche.

3. Détermination de la vitesse du chariot en utilisant l'effet Doppler

On fixe un petit buzzer alimenté par une pile à l'avant du chariot après avoir raboté une partie du chariot pour que la masse du système ne change pas.

Document : dispositif avec buzzer



On réalise la même expérience que dans la partie 1.

3.1 Étude du son du buzzer quand la « Newton Car » est immobile.

On enregistre le son émis par le buzzer lorsque le dispositif est immobile. L'enregistrement du signal sonore obtenu est représenté sur la figure 1 et son analyse spectrale sur la figure 2.

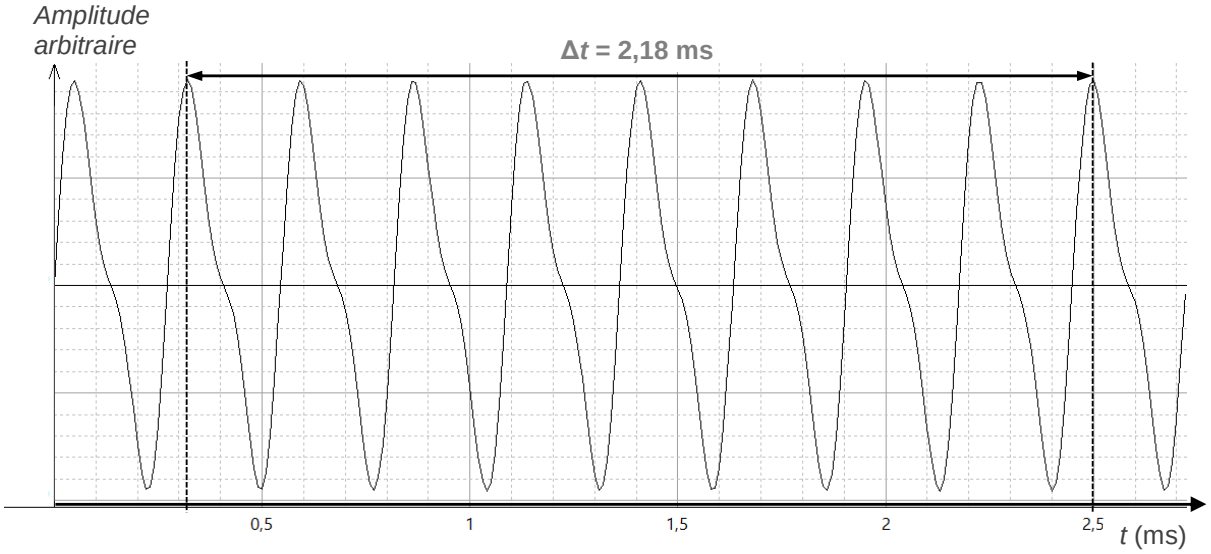


Figure 1 : enregistrement du signal sonore émis par le buzzer.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

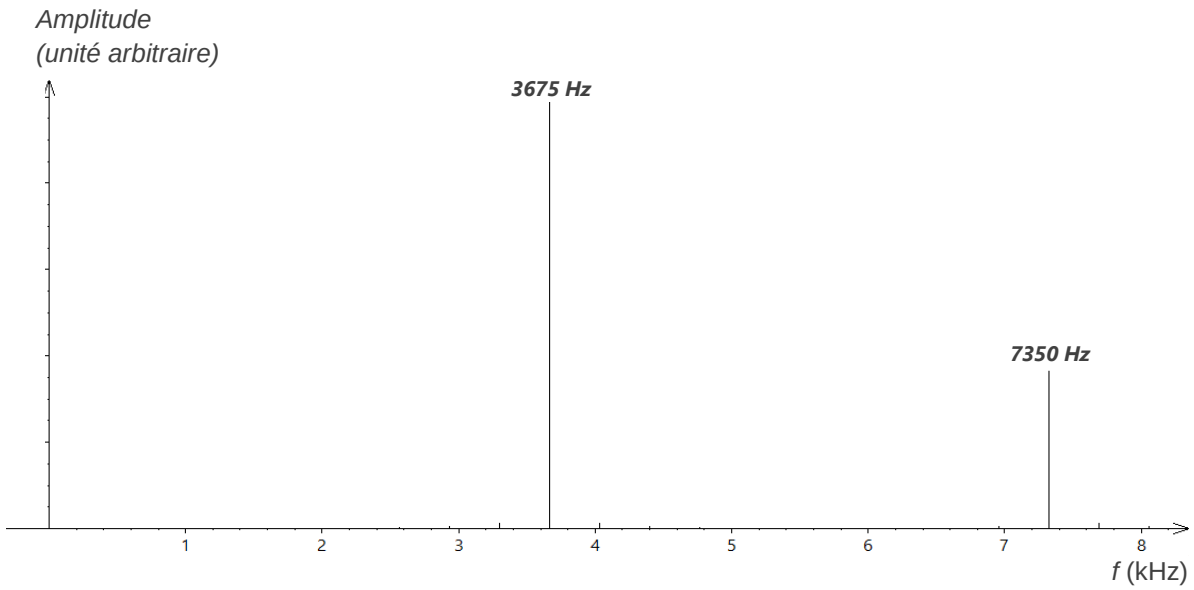


Figure 2 : spectre du signal sonore émis par le buzzer.

3.1.1. Comment appelle-t-on chacun des pics qui apparaît sur le spectre du signal ? Justifier.

3.1.2. Le son du buzzer est-il pur ou complexe ? Justifier.

3.1.3. À partir de l'enregistrement du signal (figure 1), déterminer la fréquence f_E du son émis par le buzzer. Cette fréquence est-elle en accord avec le spectre du signal sonore émis (figure 2) ?

3.2 Étude du son du buzzer quand la « Newton Car » est en mouvement.

On installe sur un support un microphone relié à un ordinateur pour permettre de faire l'acquisition du son du buzzer lorsque le chariot passe devant le microphone.

L'enregistrement est donné sur la figure 3.

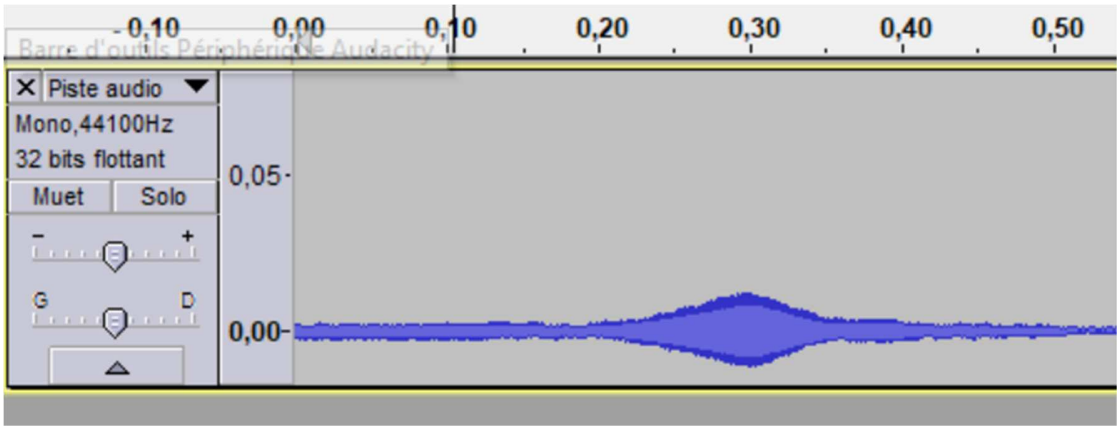


Figure 3

On sélectionne une première portion de signal correspondant à l'approche du chariot. L'analyse spectrale indique une fréquence f'_R = 3690 Hz.

On sélectionne une deuxième portion de signal correspondant à l'éloignement du chariot. L'analyse spectrale indique une fréquence f_R = 3658 Hz.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

- Si le récepteur s'approche de l'émetteur, la fréquence perçue est : $f_R' = f_E \cdot \left(\frac{v_{son}}{v_{son} - v_c}\right)$;
- Si le récepteur s'éloigne de l'émetteur, la fréquence perçue est : $f_R = f_E \cdot \left(\frac{v_{son}}{v_{son} + v_c}\right)$;
- f_E est la fréquence de l'onde émise par l'émetteur ;
- v_c est la vitesse du chariot par rapport au récepteur ;
- v_{son} est la vitesse de propagation du son dans l'air. Elle est donnée par la relation : $v_{son}(\theta°C) = v_{son}(0°C) \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}}$ avec $v_{son}(0°C) = 331$ m.s^{-1} et θ la température en °C.

3.2.1. Expliquer en quelques lignes en quoi consiste l'effet Doppler.

3.2.2. L'expérience se déroule à 25,0 °C. Quelle est alors la valeur de la propagation du son dans l'air ?

3.2.3. Estimer la valeur de la vitesse du chariot en explicitant votre démarche.

4. Optimisation de la « Newton Car »

Lors de l'expérience conduite dans la partie 1, le chariot s'arrête lorsqu'il a parcouru une distance d = 246 cm. On suppose que la vitesse initiale du chariot est égale à 1,6 m.s^{-1}.

Pour simplifier on modélise la situation en introduisant une force de frottement de valeur constante.

4.1 Sachant que la variation de l'énergie mécanique d'un solide est égale au travail des forces non conservatives, déterminer, dans le cadre de ce modèle, la valeur de la force de frottement.

4.2 Au vu de l'ensemble de l'étude réalisée, quels paramètres peut-on modifier pour gagner le « Newton Car » challenge ?

EXERCICE 2 : GÉLULE DE GUARANA (4 points)



Le guarana est une liane originaire de la forêt amazonienne qui grimpe sur les arbres et produit des graines riches en caféine, théobromine, xantine, théophylline, oligo-éléments et vitamines.

Le guarana, utilisé dès l'époque précolombienne, est recommandé pour favoriser la concentration mentale, la mémoire et la vigilance.
Il est commercialisé sous différentes formes : graines, gélules, poudres, infusettes, comprimés, …

L'Agence européenne pour la sécurité des aliments (EFSA) a publié, le 27 mai 2015, une recommandation de dose journalière au-delà de laquelle la caféine peut présenter un risque pour la santé. Pour les adolescents, la dose journalière de caféine est fixée à 3 mg par kilogramme de masse corporelle.

L'objectif de cet exercice est de déterminer le nombre de gélules de guarana qui pourrait être consommé quotidiennement, sans risque pour la santé.

Pour déterminer la quantité de caféine contenue dans une gélule, on réalise les expériences suivantes :

- préparation d'une solution aqueuse S_0 de caféine de concentration molaire 2,50 mmol.L^{-1} ;
- préparation de six solutions aqueuses à partir de la solution S_0 ;
- mesure de l'absorbance de chacune des solutions filles après réglage du spectrophotomètre :

Solution fille	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Concentration molaire (mmol.L^{-1})	$2{,}50 \times 10^{-2}$	$5{,}00 \times 10^{-2}$	$7{,}50 \times 10^{-2}$	$1{,}00 \times 10^{-1}$	$1{,}25 \times 10^{-1}$	$1{,}50 \times 10^{-1}$
Absorbance	0,230	0,452	0,677	0,880	1,112	1,325

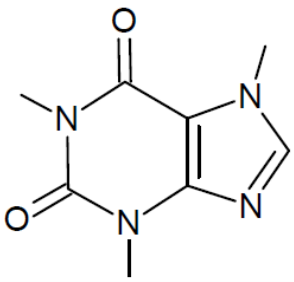
- dissolution d'une gélule de guarana dans 500 mL d'eau distillée. Le spectrophotomètre ne fournissant des mesures exploitables que pour des absorbances inférieures à 2, la solution obtenue, trop concentrée pour les mesures d'absorbance, à la même longueur d'onde, est diluée d'un facteur 10. L'absorbance de la solution diluée notée S est mesurée : A = 0,524.

Données : masses molaires atomiques

M(C) = 12,0 g.mol^{-1} ; M(H) = 1,0 g.mol^{-1} ; M(N) = 14,0 g.mol^{-1} ; M(O) = 16,0 g.mol^{-1}.

1. La molécule de caféine

La formule topologique de la molécule de caféine est représentée ci-contre :



1.1. Représenter la formule semi-développée de la molécule de caféine.

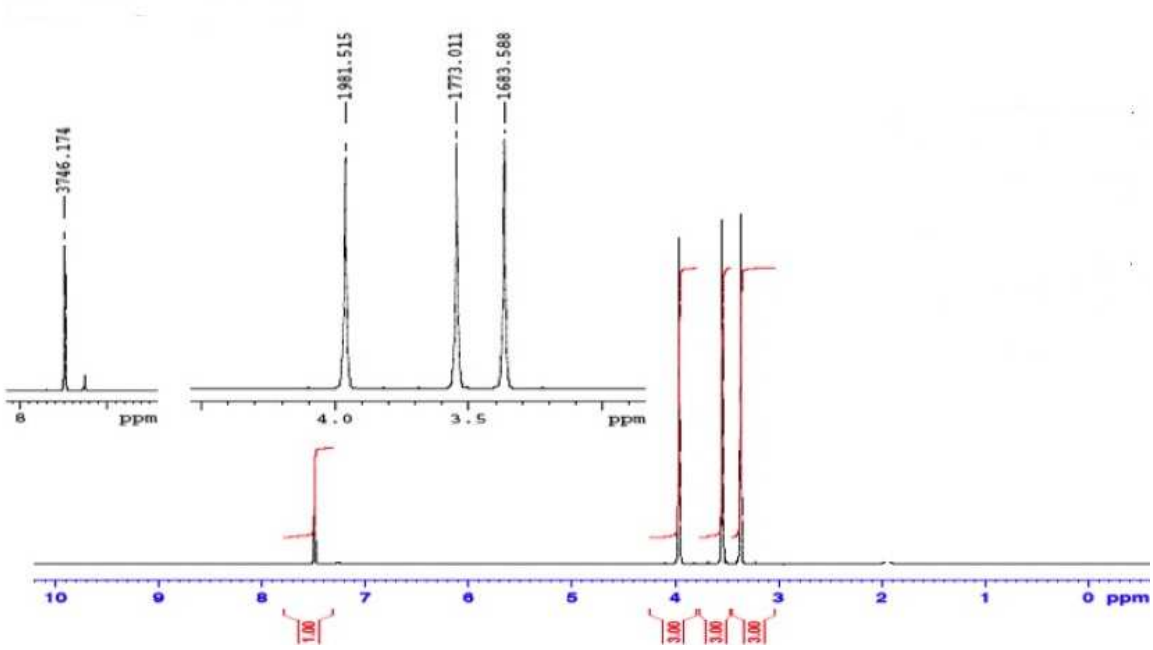
1.2. Calculer sa masse molaire.

1.3. Combien de signaux doit-on observer sur le spectre RMN du proton de cette molécule ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.4. Prévoir la multiplicité des différents signaux sur spectre RMN du proton de la caféine. Justifier.

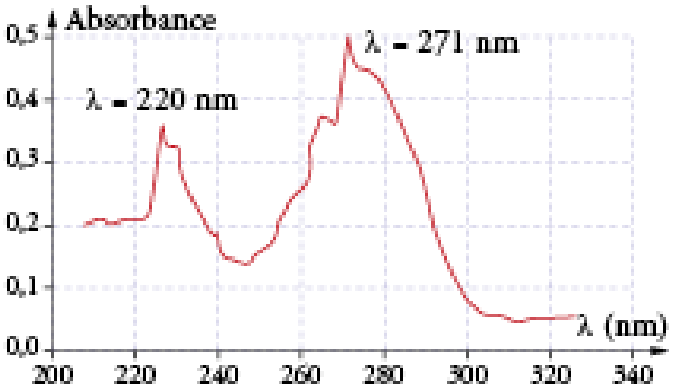
Le spectre RMN du proton de la caféine est donné ci-dessous :



1.5. Commenter les courbes d'intégration des signaux.

2. Nombre maximal de gélules de guarana ingérable par jour

Le spectre d'absorption de la caféine, pour une solution aqueuse de caféine, est donné ci-dessous :



Spectre d'absorption de la caféine

2.1. À quelle longueur d'onde doit-on régler le spectrophotomètre pour effectuer l'analyse quantitative de la caféine dans la gélule ? Peut-on utiliser un spectrophotomètre visible pour réaliser cette analyse ?

2.2. La molécule de caféine est-elle colorée ? Justifier.

2.3. Combien de gélules un adolescent de 60 kg peut-il ingérer sans aucun risque pour sa santé ?

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.

EXERCICE 3 : LE LAIT DE CHÈVRE (5 points)

L'acide caprique est un acide gras saturé de longueur de chaîne moyenne, présent en petites quantités dans le lait de vache et le lait de chèvre. Par contre, il est abondant dans les huiles tropicales comme l'huile de noix de coco et l'huile de palmiste. L'acide caprique est, entre autres, responsable de bienfaits pour la santé attribués à l'huile de coco.

Cet exercice propose d'étudier la structure et les propriétés acidobasiques de l'acide caprique et de vérifier, par un titrage, que le lait de chèvre en contient environ trois fois plus que le lait de vache.

Données :

- masse molaire atomique (en $g.mol^{-1}$) :

Hydrogène	Carbone	Oxygène
1,0	12,0	16,0

- 100 mL de lait de vache contiennent environ 0,09 g d'acide caprique (sous ses différentes formes acidobasiques) ;
- la conductivité σ d'une solution ionique peut s'exprimer en fonction de la concentration molaire $[X_i]$ en ions dans la solution et des conductivités molaires ioniques λ_i de chaque ion X_i selon l'expression :

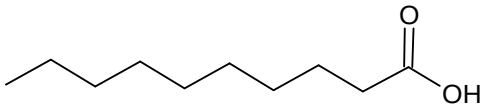
$$\sigma = \sum_i \lambda_i \times [X_i]$$

- conductivités molaires ioniques à 25 °C :

Ion	H_3O^+	$C\ell^-$	Na^+	HO^-	$RCOO^-$
λ ($mS.m^2.mol^{-1}$)	34,96	7,63	5,01	19,8	< 4

1. Structure et propriétés acidobasiques de l'acide caprique

1.1. Comment appelle-t-on la représentation donnée ci-dessous de l'acide caprique ? Recopier la molécule et entourer la chaîne de longueur moyenne évoquée dans le texte introductif. Vérifier que la masse molaire de l'acide caprique a pour valeur 172 $g.mol^{-1}$.



1.2. Représenter un exemple d'acide carboxylique à longueur de chaîne courte et le nommer.

Par souci de simplification, l'acide caprique sera noté R-COOH dans la suite de l'exercice.

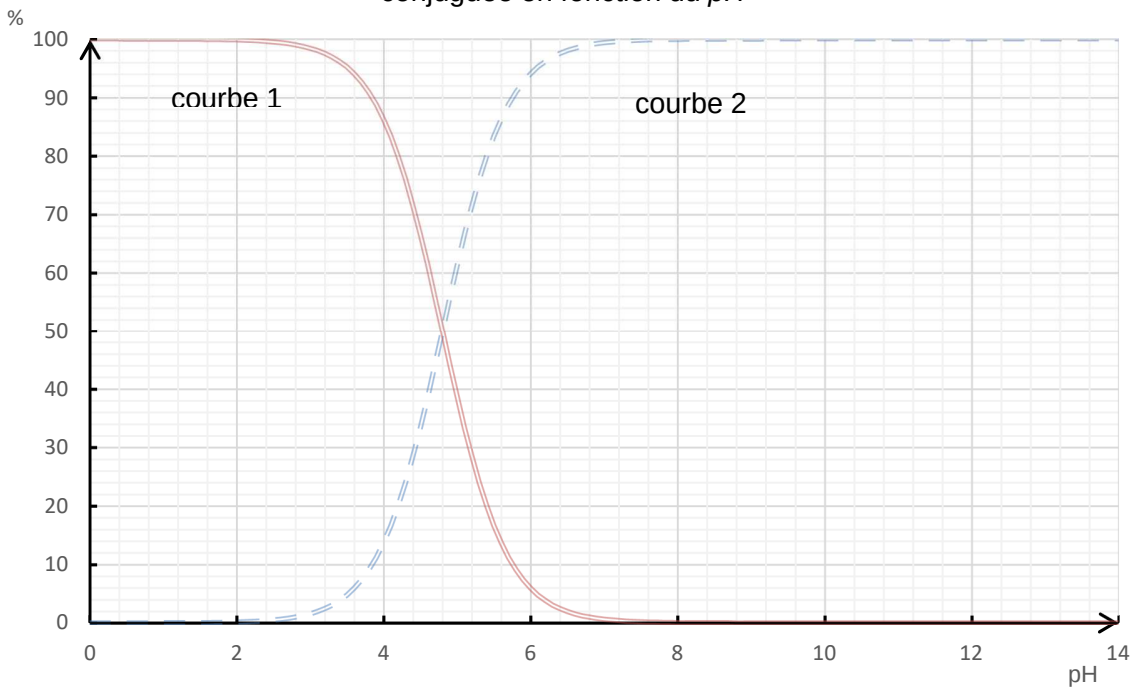
1.3. Définir un acide au sens de la théorie de Brönsted. Justifier que l'acide caprique possède des propriétés acido-basiques et donner le couple acide/base auquel il appartient.

Un producteur de lait souhaite connaître sous quelle forme, acide ou basique, est présent l'acide caprique dans le lait de chèvre. Une mesure du *pH* de ce lait indique la valeur de 6,0.

1.4. Les quantités des formes acide et basique de l'acide caprique, en solution aqueuse, dépendent du *pH* de la solution. À 25 °C, les proportions de ces espèces en fonction du *pH* sont données par les courbes de la figure 1.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

figure 1: diagramme de répartition de l'acide caprique et de sa base conjuguée en fonction du *pH*



1.4.1. Identifier la courbe correspondant à l'acide caprique et celle correspondant à l'autre forme du couple et déterminer la valeur du pK_a de ce couple en explicitant votre démarche.

1.4.2. En déduire quelle est la forme acido-basique de l'acide caprique présente majoritairement dans le lait de chèvre.

1.4.3. Une espèce chimique est considérée comme négligeable devant une autre si sa concentration molaire est au moins 100 fois inférieure à l'autre. Dans le cas du lait de chèvre, peut-on négliger une des formes acido-basiques de l'acide caprique devant l'autre ? Justifier la réponse.

2. Titrage de l'acide caprique contenu dans le lait de chèvre

L'acide caprique contenu dans le lait de chèvre et sa base conjuguée ont été extraits afin de reconstituer une solution aqueuse notée S de même pH que le lait de chèvre.

Il est possible de réaliser le titrage de l'espèce majoritaire contenue dans 10,0 mL de solution S par une solution titrante de concentration molaire égale à $1{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1} à choisir entre :

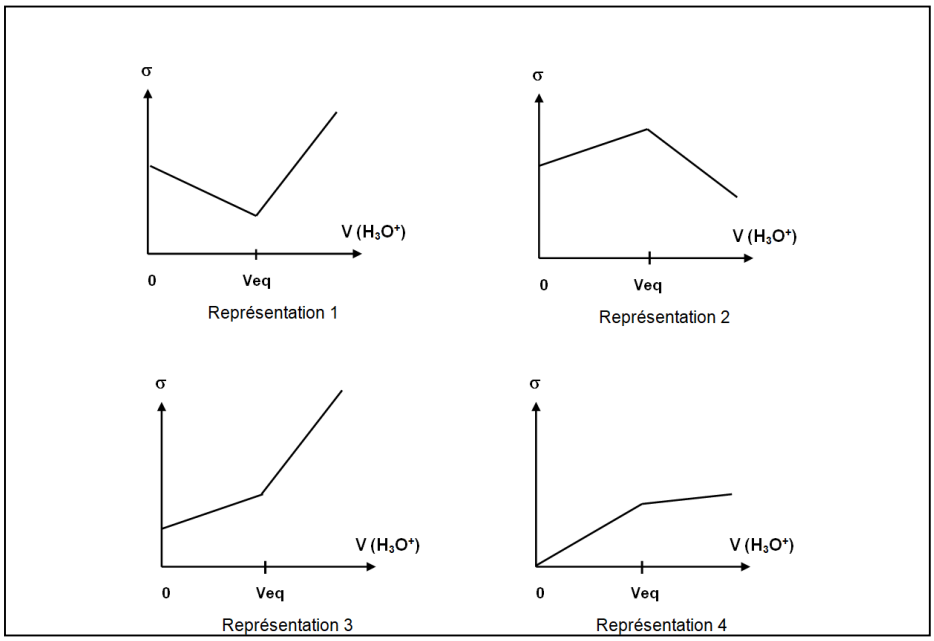
- une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq)$, $C\ell^-(aq)$) ;
- une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$).

2.1. Choisir la solution titrante en justifiant votre choix et établir l'équation de la réaction support du titrage.

2.2. Définir l'équivalence d'un titrage et écrire la relation entre les quantités de matière des espèces chimiques mises en jeu.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.3. Choisir parmi les 4 représentations proposées ci-dessous, celle représentant au mieux le suivi conductimétrique de l'espèce prédominante contenue dans le lait de chèvre. Justifier la réponse en faisant notamment un bilan de l'évolution des espèces ioniques au cours du titrage.



2.4. On obtient lors du titrage un volume de solution titrante versée à l'équivalence égal à 14,1 mL.

Le lait de chèvre contient-il bien trois fois plus d'acide caprique (sous ses différentes formes acidobasiques) que le lait de vache ?

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives, à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti, et à faire preuve d'esprit critique sur la méthode choisie pour effectuer cette comparaison.
La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

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