BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2014

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Obligatoire

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 10) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

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

EXERCICE I - UN PEU DE BALISTIQUE (8 points)

Lors de fouilles préventives sur un chantier de travaux publics, on a retrouvé ce qui ressemble à une arme à feu. Il s'agit d'un ancien pistolet lance-fusées en bronze datant probablement de la première Guerre Mondiale. Il est dans un état de conservation assez remarquable.
Ce type de pistolet était très utilisé lors de cette guerre car, en plus de lancer des fusées éclairantes, il pouvait servir de moyen de communication. En effet, à l'époque très peu de moyens étaient mis à disposition des troupes : les ondes hertziennes étaient très peu utilisées et c'étaient des kilomètres de câbles téléphoniques qui devaient être déroulés pour permettre la transmission de messages divers et variés. Ainsi les pistolets signaleurs se sont avérés très utiles.



Pistolet lance-fusées (d'après www.histoire-collection.com)

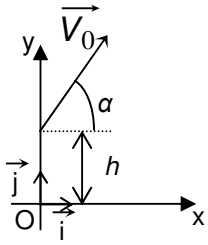
1. Durée de visibilité de la fusée

Sur la notice des fusées éclairantes que l'on peut utiliser dans ce type de pistolet, on trouve les informations suivantes :

> Cartouche qui lance une fusée éclairante s'allumant 1,0 seconde après son départ du pistolet et éclaire d'une façon intense pendant 6 secondes environ.
> Masse de la fusée éclairante : m_f = 58 g.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur g = 9,8 m.s^{-2}.
On négligera toutes les actions dues à l'air ainsi que la perte de masse de la fusée pendant qu'elle brille et on considèrera cette dernière comme un objet ponctuel.
On définit un repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) avec O au niveau du sol et tel que la position initiale de la fusée éclairante à la sortie du pistolet soit à une hauteur h = 1,8 m. Le vecteur vitesse initiale $\vec{v_0}$ est dans le plan (O,x,y) ; Ox est horizontal et Oy est vertical et orienté vers le haut.

À l'instant t = 0 s, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle α égal à 55 ° avec l'axe Ox et sa valeur est v_0 = 50 m.s^{-1}. On pourra se référer au schéma ci-contre.



1.1. Représenter le vecteur champ de pesanteur $\vec{g}$ sur le schéma donné en figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** et tracer qualitativement l'allure de la trajectoire suivie par la fusée éclairante dans ce champ de pesanteur.

1.2. En utilisant une loi de Newton que l'on énoncera, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante : $a_x(t)$ suivant x et $a_y(t)$ suivant y.

1.3. En déduire les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de la fusée éclairante et montrer que les équations horaires du mouvement de la fusée s'écrivent $x(t) = v_0.\cos(\alpha).t$ et $y(t) = -\frac{g}{2}t^2 + v_0.\sin(\alpha).t + h$ avec t en seconde, v_0 en mètre par seconde et x(t), y(t) et h en mètre.

1.4. Déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante.

On rappelle qu'une équation du second degré de la forme $ax^2 + bx + c = 0$ admet deux solutions $x_1 = \frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ si $\Delta = b^2 - 4ac$ est positif.

1.5. Calculer l'altitude à partir de laquelle la fusée commence à éclairer puis l'altitude à laquelle elle s'arrête. Ces valeurs paraissent-elles adaptées au but recherché ?

2. Pour aller un peu plus loin

Par souci de simplification, on ne considère que le système $\{\text{pistolet} - \text{fusée}\}$ et on s'intéresse à sa quantité de mouvement. La masse du pistolet à vide est m_p = 0,98 kg.

2.1. Exprimer la quantité de mouvement totale $\overrightarrow{p_0}$ du système $\{\text{pistolet} - \text{fusée}\}$ avant que la fusée ne quitte le pistolet puis montrer que celle-ci est équivalente au vecteur nul.

2.2. Éjection de la fusée

2.2.1. Que peut-on dire de la quantité de mouvement totale du système $\{\text{pistolet} - \text{fusée}\}$ si l'on considère ce système comme un système isolé au cours de l'éjection de la fusée du pistolet ?

2.2.2. En déduire dans ce cas l'expression vectorielle de la vitesse $\overrightarrow{v_p}$ de recul du pistolet juste après l'éjection de la fusée en fonction de la masse du pistolet m_p, de la masse de la fusée m_f et du vecteur vitesse initiale de la fusée $\overrightarrow{v_0}$.

2.2.3. La valeur réelle de la vitesse est beaucoup plus faible que la valeur que l'on obtient à la question précédente. Pourquoi observe-t-on une telle différence ? Justifier la réponse.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II - NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE (7 points)

Les parties 1. et 2. sont totalement indépendantes.

Partie 1 : Les ultrasons au service du nettoyage

On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant des ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons



Descriptif :

- réservoir amovible en acier inoxydable
- fréquence des ultrasons 42 kHz à ± 2 %
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraichement tirée du robinet.

Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

1. Étude des ultrasons

Données : - célérité des ultrasons dans l'air : $v = 340$ m.s^{-1} à 25 °C.
- célérité des ultrasons dans l'eau : $v' = 1500$ m.s^{-1}.

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20 °C. On obtient le signal uE suivant :

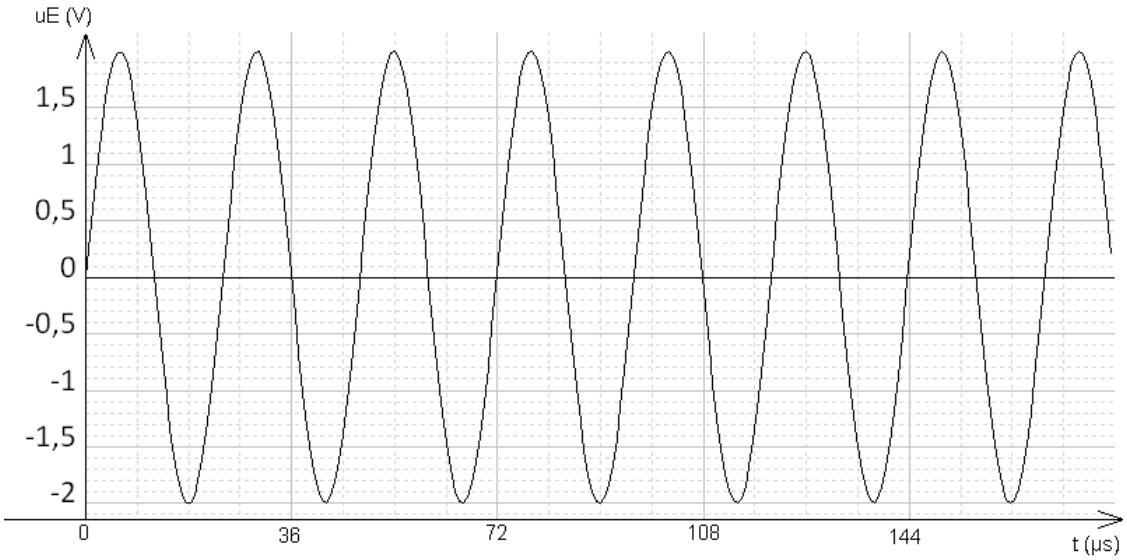


Figure 1

1.1. Déterminer la période T du signal représenté sur la **figure 1**. Expliquer la méthode.

1.2. En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.

1.3. On souhaite déterminer la longueur d'onde λ des ultrasons. Pour cela, on visualise à la fois le signal émis par l'appareil et appliqué sur la voie 1 d'un oscilloscope et le signal uR reçu par un récepteur R à ultrasons connecté sur la voie 2 de cet oscilloscope. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur E et par le récepteur R placé en face sont en phase. On s'aperçoit que lorsque l'on éloigne le récepteur R tout en restant en face de l'émetteur fixe E, la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la **figure 2** lorsque les courbes reviennent pour la première fois en phase. On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur R lorsque l'on obtient la **figure 2** page suivante, et on mesure 8 mm.

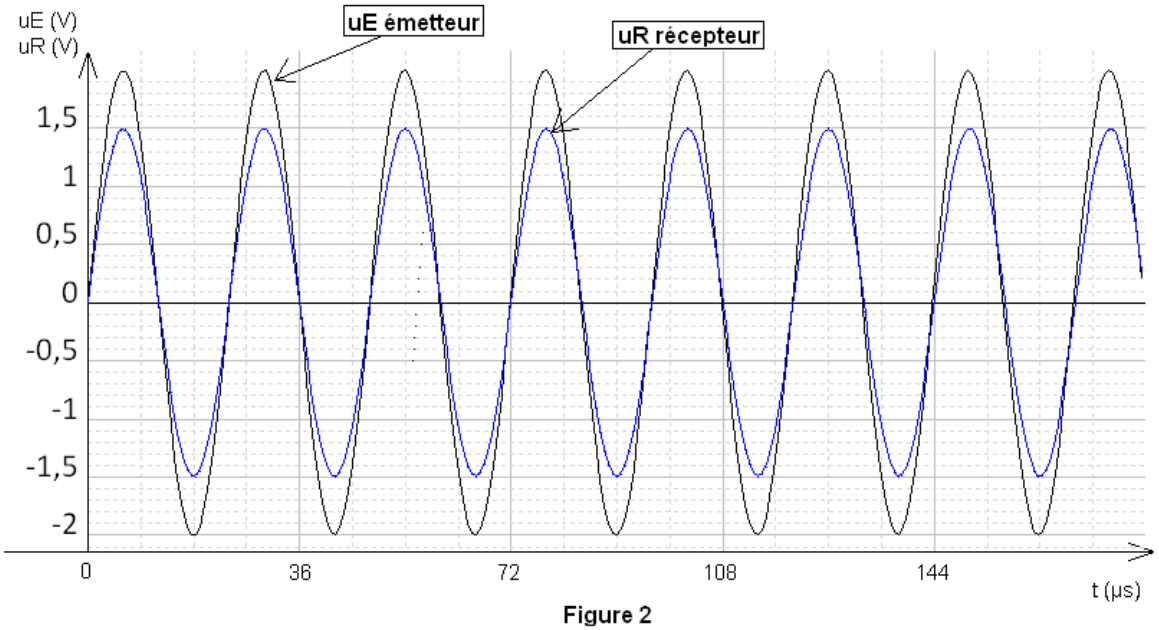


Figure 2

1.3.1. Définir la valeur de la longueur d'onde λ.

1.3.2. Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience précédente. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?

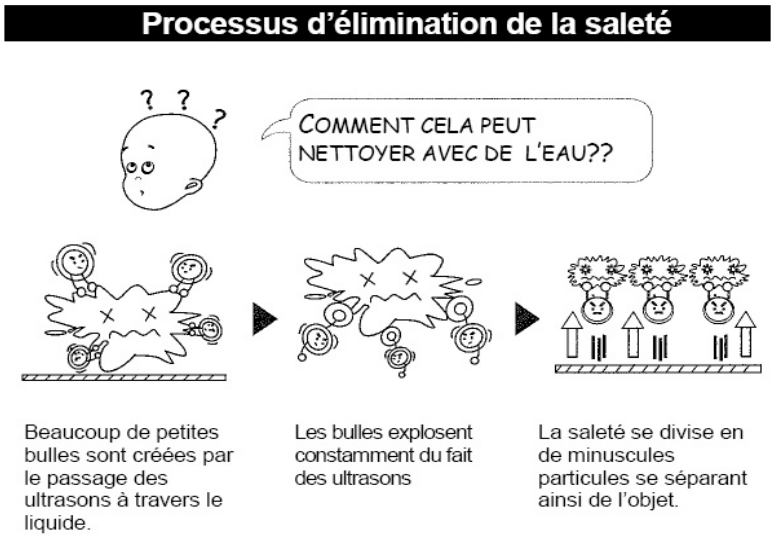
1.3.3. Calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.

1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut 4 cm. Expliquer cette différence.

2. Étude du nettoyage

Document 2 : Comment cela fonctionne ?

Le bain à ultrasons est composé d'une cuve contenant de l'eau dans lequel sont plongées les pièces à nettoyer. Sur les parois, un transducteur à ultrasons génère des phases successives de compression et dépression dans le liquide qui se propagent de proche en proche dans le liquide. Des microbulles apparaissent, on appelle ce phénomène la « cavitation acoustique ». L'implosion[1] de ces bulles, pendant la phase de compression, crée des turbulences qui détachent les impuretés de la pièce à nettoyer.



[1] Implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.

2.1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ?

2.2. Choisir parmi les grandeurs suivantes celle qui permet de différencier les ondes ultrasonores et les ondes sonores.
Niveau d'intensité sonore - timbre - fréquence - vitesse de propagation dans le même milieu à la même température.

Partie 2 : Nettoyage chimique

On souhaite nettoyer des pièces de monnaie en utilisant du vinaigre blanc de degré 8 °. Le vinaigre blanc est une solution d'acide éthanoïque de concentration molaire C_o et le degré de vinaigre est la masse d'acide éthanoïque contenue dans 100 grammes de vinaigre. Les pièces en argent et en or ne sont pas altérées par l'acide éthanoïque. Il en est de même pour le cuivre. En revanche, les acides réagissent sur les métaux comme le fer, le zinc, le nickel, l'aluminium et ils attaquent les oxydes métalliques.

1. Dessiner la formule développée de l'acide éthanoïque en justifiant la chaine carbonée et le groupe caractéristique représentés.

2. Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide éthanoïque avec l'eau.

3. On souhaite vérifier le degré d'acidité du vinaigre. Pour cela on dose V_A = 10,0 mL de vinaigre dilué dix fois avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B = 0,100 mol.L^{-1}. On ajoute au vinaigre dilué quelques gouttes de phénolphtaléine.

3.1. Rédiger avec précision le protocole à mettre en œuvre pour diluer le vinaigre.

3.2. À quoi sert la phénolphtaléine ?

3.3. À l'équivalence, on obtient un volume d'hydroxyde de sodium ajouté $V_{Béq}$ = 13,3 mL : le titrage effectué donne-t-il un résultat qui valide l'inscription sur l'étiquette du vinaigre blanc concernant le degré d'acidité ? On indiquera clairement la démarche utilisée.

4. Certaines pièces anciennes contenant du fer, de l'aluminium ou du nickel, il est préférable de ne pas les nettoyer avec du vinaigre. Donner l'une des raisons qui peuvent justifier ce conseil en appuyant votre affirmation par l'équation de la réaction chimique correspondante.

Données :
- Couples acide / base :
  acide éthanoïque / ion éthanoate ; ion oxonium / eau H_3O^+ / H_2O
- Couples oxydant-réducteur : Fe^{2+}/ Fe ; Al^{3+}/ Al ; Ni^{2+}/ Ni
- Densité du vinaigre : environ 1
- Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : carbone 12,0, hydrogène 1,0 et oxygène 16,0
- Réaction entre un métal M et les ions H^+ : $M_{(s)} + n\ H^+_{(aq)} \rightarrow M^{n+}_{(aq)} + n/2\ H_{2(g)}$
- Réaction entre un oxyde métallique et les ions hydrogène :
  $M_xO_{y(s)} + 2y\ H^+_{(aq)} \rightarrow x\ M^{n+}_{(aq)} + y\ H_2O$ avec $n.x = 2y$

EXERCICE III - LA RMN EN ARCHÉOLOGIE (5 points)

Dans une vieille cave, un collectionneur d'objets anciens trouve une cruche en grès hermétiquement fermée contenant encore un liquide. Il s'agit d'une cruche anglaise datant de la première guerre mondiale qui pouvait contenir du lait, de l'eau, de la bière ou du rhum. Étant très curieux de nature, il décide de faire appel à un ami scientifique afin de découvrir la nature du liquide contenu dans ce récipient.
Celui-ci décide de réaliser une distillation fractionnée du liquide et réussit à isoler trois substances. Après purification, il procède à une étude par spectroscopie RMN et obtient trois spectres exploitables.
Les résultats de ces analyses ainsi que quelques données sont présentés dans les documents ci-après.

L'objectif de l'exercice est donc de trouver quelle pourrait être la nature du liquide stocké dans cette cruche.

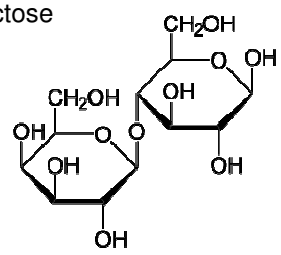
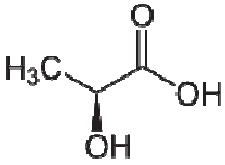
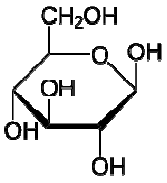
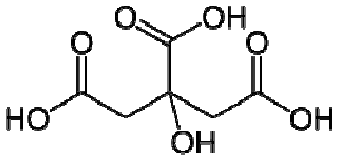
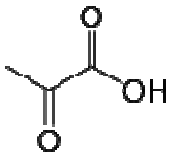
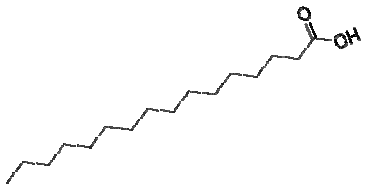


Cruche anglaise

Document 1. Quelques espèces chimiques que l'on trouve dans les boissons

- Lait : eau, lactose, acide lactique.
- Bière : eau, éthanol, glucose, acide citrique, acide pyruvique.
- Rhum : eau, éthanol, acide éthanoïque, acide propanoïque, acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque, acide palmitique.

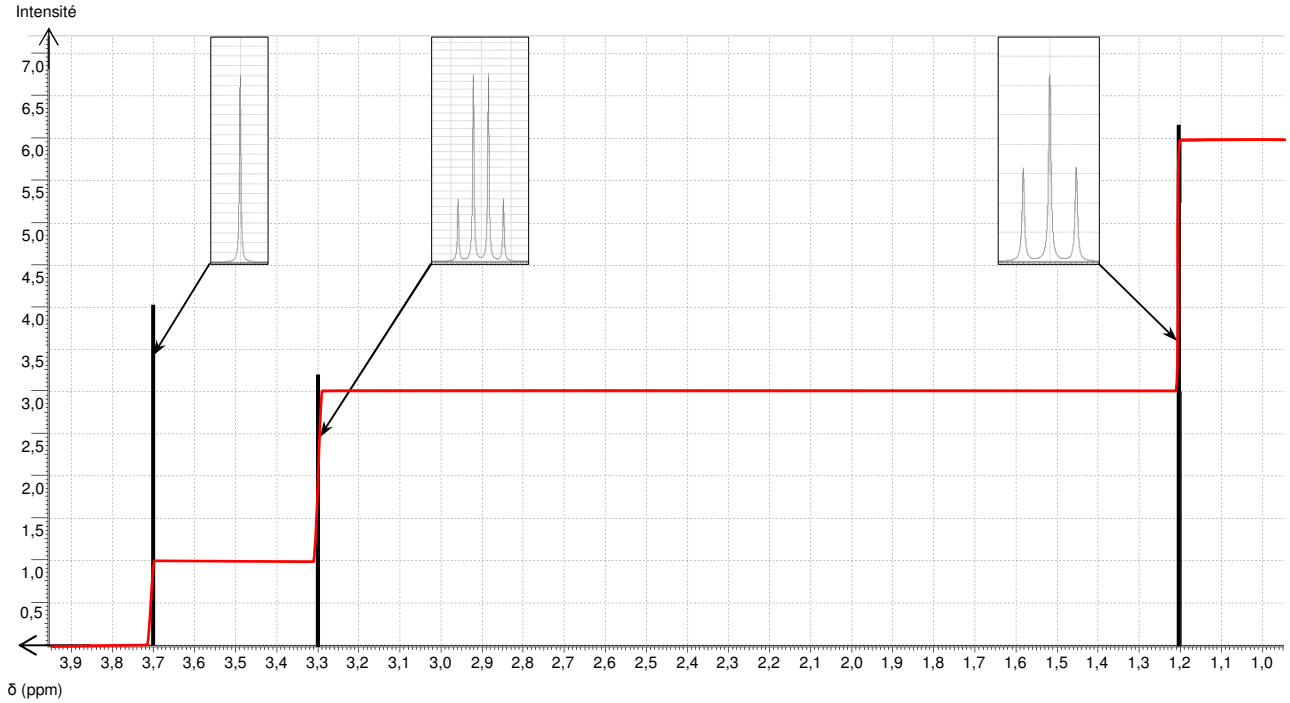
Représentation de quelques molécules :

Lactose 	Acide lactique 	Glucose 
Acide citrique 	Acide pyruvique 	Acide palmitique 

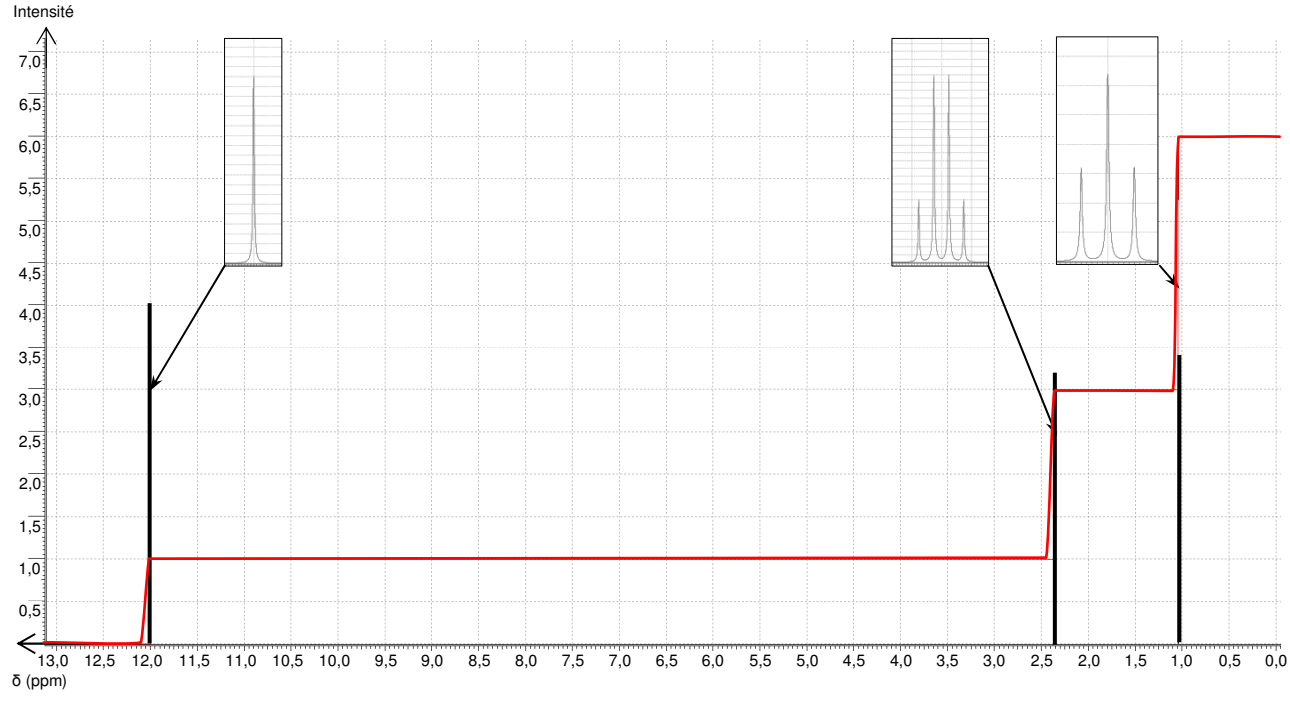
Document 2. Tableau de quelques déplacements chimiques

type de proton	δ en ppm
R_3CH	0,5 – 1,5
R-OH	0,7 – 5,5
>CH-C=O	2,0 – 2,7
>CH-O-	3,5 – 5,2
-CH=C<	4,5 – 6,5
R-CH=O	9,5 – 11,0
R-COOH	10,5 – 12,5

Document 3. Spectre RMN de la substance n° 1 et courbe d'intégration

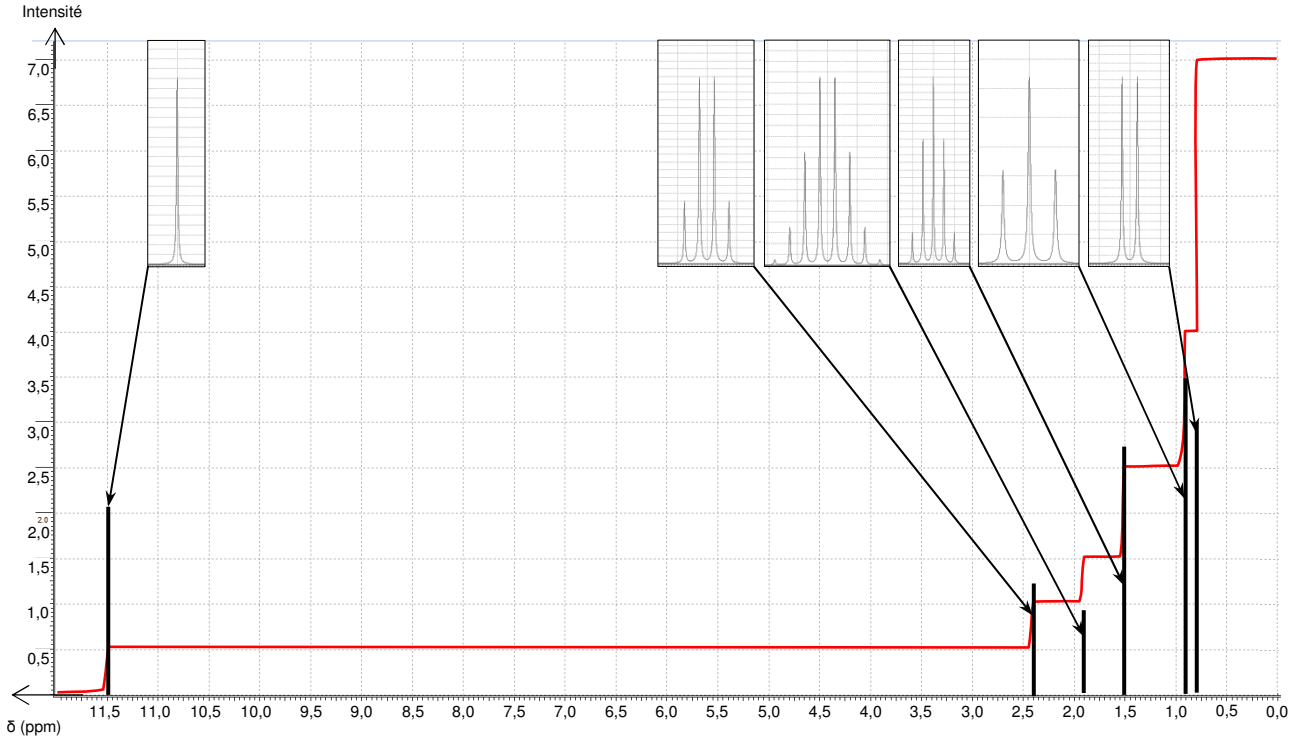


Document n° 4. Spectre RMN de la substance n° 2 et courbe d'intégration



Physique-Chimie - Obligatoire

Document n° 5. Spectre RMN de la substance n° 3 et courbe d'intégration



1. Question préalable

Sur le tableau de l'annexe page 10 <u>à rendre avec la copie</u>, indiquer par une croix si les propositions indiquées sont vraies ou fausses et préciser, le cas échéant, le numéro du document qui permet éventuellement de choisir la réponse.

2. Analyse et synthèse de documents

À partir de tous les documents fournis et de vos connaissances personnelles, identifier quelle peut être la boisson présente dans cette cruche en justifiant clairement la démarche suivie.

Remarques :
Le candidat est invité à noter ses pistes de recherche.
Le candidat est évalué sur ses capacités à analyser les documents, à faire preuve d'un esprit critique sur leurs contenus, ainsi que sur la qualité de sa rédaction et de son argumentation scientifique.

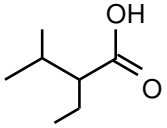
ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I



Figure 1 : Trajectoire de la fusée éclairante

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Propositions	Réponses	Si votre réponse s'appuie sur les données d'un ou de plusieurs documents, indiquer ici son (ou leur) numéro(s)
1. La hauteur de chaque saut vertical de la courbe d'intégration est proportionnelle au nombre de protons équivalents responsables du signal correspondant.	Vrai ☐ Faux ☐	
2. Un groupe de protons équivalents (a) ayant pour voisins n protons (b) présente un signal de résonance sous forme d'un multiplet de (n+1) pics.	Vrai ☐ Faux ☐	
3. La substance n° 2 peut être de l'éthanol.	Vrai ☐ Faux ☐	
4. La molécule d'acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque a pour représentation topologique : 	Vrai ☐ Faux ☐	
5. L'acide pyruvique présente 4 protons équivalents.	Vrai ☐ Faux ☐	