

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet comporte trois exercices sur 8 pages dont l'annexe à rendre avec la copie.

- 1. UNE « ARME » POUR COMMUNIQUER (8 points)**
- 2. DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE NETTOYAGE (7 points)**
- 3. LA RMN POUR RESOUDRE UNE ENIGME (5 points)**

EXERCICE 1 : UNE « ARME » POUR COMMUNIQUER.

Durant le premier conflit mondial, les armées allemandes et françaises furent équipées de pistolets lance-fusées, semblables à celui tenu par un soldat sur la photographie ci-contre.

Bien que l'utilisation initiale de ces armes soit l'éclairage (pour illuminer des zones de combats durant la nuit), elles participaient surtout à la transmission d'informations, palliant la difficulté ou l'impossibilité de communiquer par le biais de la radio ou du téléphone.

La mise en place de code (basé sur les couleurs, la fréquence et le type d'artifice employés) permettait à des équipes distinctes, séparées physiquement, de se comprendre et de transmettre des messages.

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 5,0 secondes**.

Masse de la fusée éclairante : $m_f = 68 \text{ g}$.

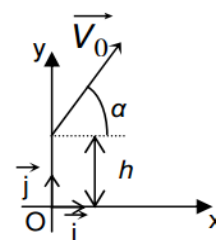


PARTIE 1 : TRAJECTOIRE DE LA FUSEE ECLAIRANTE

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$. 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 noté G.

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 $h = 2,2 \text{ m}$.

Le vecteur vitesse initiale $\vec{V}_0$ est dans le plan (O, x, y) ; Ox est horizontal et orienté vers la droite, Oy est vertical et orienté vers le haut. Voir ci-contre.



À l'instant $t = 0 \text{ s}$, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle $\alpha = 58^\circ$ avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 52 \text{ m.s}^{-1}$.

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. Noter sur cette annexe le nom d'une telle trajectoire.
2. En utilisant une loi de Newton que vous énoncerez, déterminer les expressions littérales des coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante : $a_x(t)$ suivant x et $a_y(t)$ suivant y.
3. En déduire les expressions littérales des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de la fusée, puis déduire de celles-ci les expressions littérales des équations horaires du mouvement de la fusée $x(t)$ et $y(t)$.
4. Les applications numériques des expressions littérales obtenues à la question c) conduisent aux résultats suivants :

$$v_x(t) = 28 \quad \text{et} \quad v_y(t) = -9,8.t + 44 \quad ; \quad x(t) = 28.t \quad \text{et} \quad y(t) = -4,9.t^2 + 44.t + 2,2$$

A partir de ces expressions numériques :

- a) Donner l'équation de la trajectoire de la fusée $y(x)$.
- b) Déterminer la valeur de la durée totale du vol de la fusée.

On rappelle qu'une équation du second degré de la forme $ax^2 + bx + c = 0$ admet deux solutions

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \quad \text{et} \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \quad \text{si} \quad \Delta = b^2 - 4a.c \quad \text{est positif.}$$

- c) 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 ?
- d) Déterminer à quel instant noté $t_{(y_{\max})}$ la fusée atteint le sommet de sa trajectoire. En déduire l'altitude maximale atteinte par la fusée éclairante, notée $y_{\max}$.

Aide : Vous pourrez pour cela réfléchir aux caractéristiques du vecteur vitesse de la fusée lorsqu'elle se trouve au sommet de sa trajectoire.

PARTIE 2 : LE REcul DU PISTOLET

Par souci de simplification, on ne considère que le système {fusée – pistolet} et on s'intéresse à sa quantité de mouvement. La masse du pistolet à vide est $m_p = 1,12 \text{ kg}$.

1. Exprimer la quantité de mouvement totale $\vec{p}_0$ du système {fusée - pistolet} avant que la fusée ne quitte le pistolet puis montrer que celle-ci est équivalente au vecteur nul.
2. Éjection de la fusée :
 - a) Que peut-on dire de la quantité de mouvement totale du système {fusée-pistolet} si l'on considère ce système comme un système isolé (ou pseudo-isolé) au cours de l'éjection de la fusée du pistolet ?
 - b) En déduire dans ce cas l'expression vectorielle de la vitesse $\vec{V}_p$ 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 $\vec{V}_o$.
 - c) 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.

EXERCICE 2 : DIFFERENTES TECHNIQUES DE NETTOYAGE

Les deux parties sont totalement indépendantes.

PARTIE 1 : NETTOYER AVEC DES ULTRASONS

Le document 1 décrit la première page de la notice d'un appareil de nettoyage utilisant les ultrasons.

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

Descriptif : - réservoir amovible en acier inoxydable

- fréquence des ultrasons 42 kHz à $\pm 2\%$
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.

Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

A) Étude des ultrasons

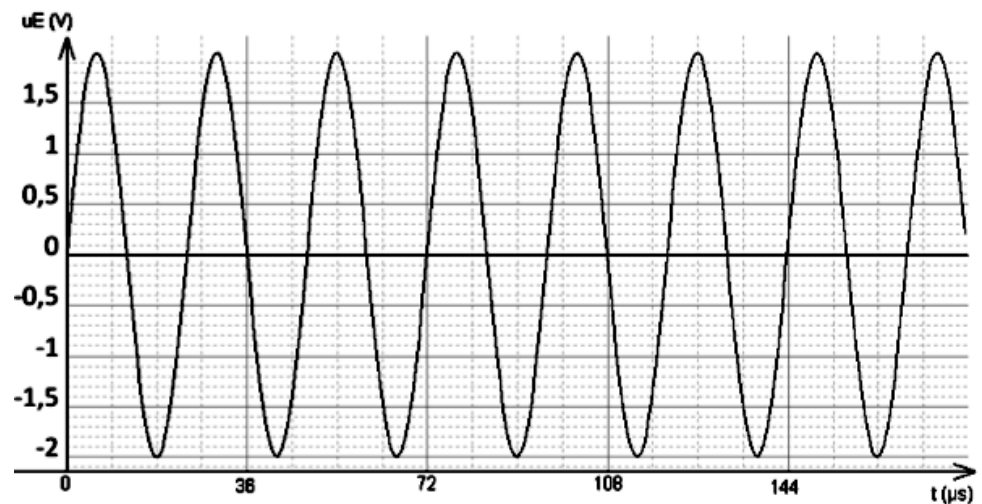
Données :

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

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 u_E suivant : →



1. Déterminer la période T du signal représenté ci-dessus. Expliquer la méthode.
2. En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.
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 u_R 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. Lorsque les 2 courbes reviennent pour la première fois en phase, on mesure la distance dont on a déplacé le récepteur R et on obtient **8 mm**.

- a) Donner une définition générale de ce que l'on nomme la longueur d'onde λ .
 - b) Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience précédente. Que pourrait-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?
 - c) Calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.
4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 3. b) et vaut 4 cm. Expliquer cette différence.

B) 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'implosion¹ 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.

1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ? Justifier.
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.

PARTIE 2 : NETTOYAGE CHIMIQUE

On souhaite nettoyer des pièces de monnaie en utilisant du vinaigre blanc dont l'étiquette indique un **degré d'acidité D=8 °**. Le vinaigre blanc est une solution d'acide éthanoïque de concentration molaire C_o , et le degré d'acidité de vinaigre (D) 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.

Données : - Couples acide / base : acide éthanoïque / ion éthanoate ; ion oxonium / eau (H_3O^+ / H_2O)

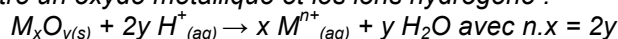
- Couples oxydant-réducteur : Fe^{2+} / Fe ; Al^{3+} / Al ; Ni^{2+} / Ni

- Densité du vinaigre : 1,0

- Masse molaire de l'acide éthanoïque : 60 g.mol^{-1}

- 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 :



1. Dessiner la formule semi développée de l'acide éthanoïque en justifiant la chaîne carbonée et le groupe caractéristique représentés.
2. Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide éthanoïque (que l'on pourra maintenant noter AH) avec l'eau.
3. On souhaite vérifier le degré d'acidité du vinaigre. Pour cela on dose $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de vinaigre **dilué dix fois** avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = (0,100 \pm 0,001) \text{ mol.L}^{-1}$. On ajoute au vinaigre dilué quelques gouttes de phénolphthaléine.

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

b) Quel est le rôle de la phénolphthaléine ?

c) Rappeler la définition de l'équivalence lors d'un dosage.

d) À l'équivalence, on obtient un volume d'hydroxyde de sodium ajouté :

$V_{B\text{eq}} = (13,5 \pm 0,1) \text{ mL}$. Le degré d'acidité D mesuré est-il conforme à l'indication figurant sur l'étiquette ? On indiquera clairement la démarche suivie et les calculs effectués.

Donner le résultat final avec son incertitude.

Calcul d'incertitude $U(D)$ sur le degré d'acidité D:

$$U(D) = \sqrt{\left(\frac{U(V_{beq})}{V_{beq}}\right)^2 + \left(\frac{U(c_b)}{c_b}\right)^2} \times D$$

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.

EXERCICE 3 : LA RMN POUR RESOUDRE UNE ENIGME

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.



Cruche anglaise

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

1) Question préalable :

Sur le tableau de l'annexe page 8 à rendre avec la copie, 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

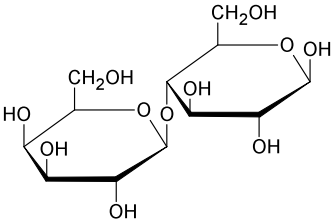
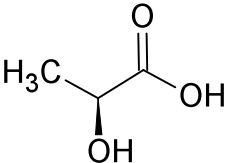
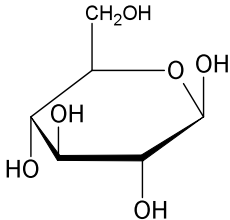
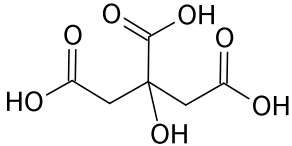
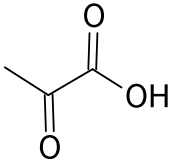
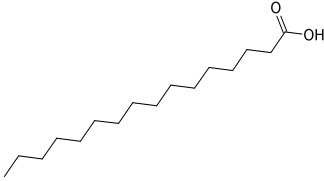
À partir de tous les documents fournis et de vos connaissances personnelles, identifier quelle peut être la boisson présente dans cette cruche en justifiant clairement la démarche suivie.

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.

✓ Document n°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 éthanóïque, acide propanoïque, acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque, acide palmitique.

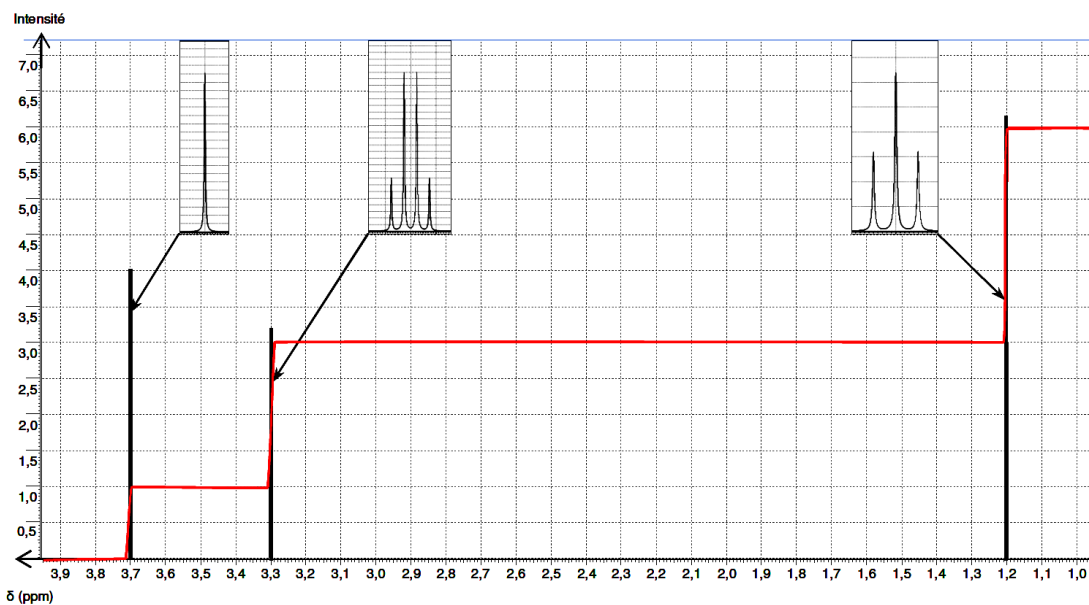
Représentation de quelques molécules :

Lactose 	Acide lactique 	Glucose 
Acide citrique 	Acide pyruvique 	Acide palmitique 

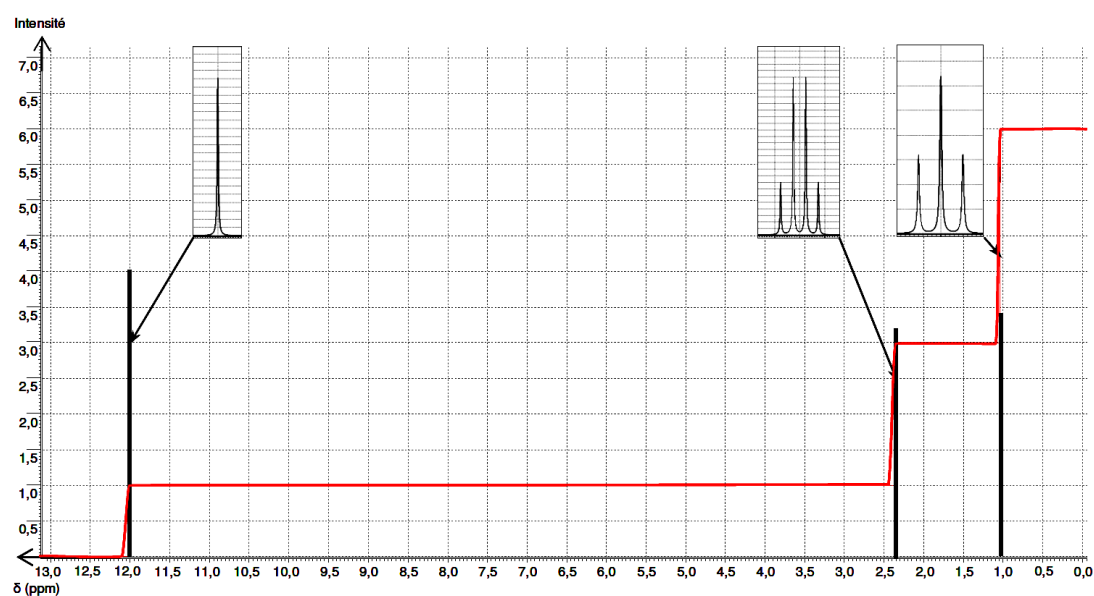
✓ Document n° 2.

Tableau de quelques déplacements chimiques

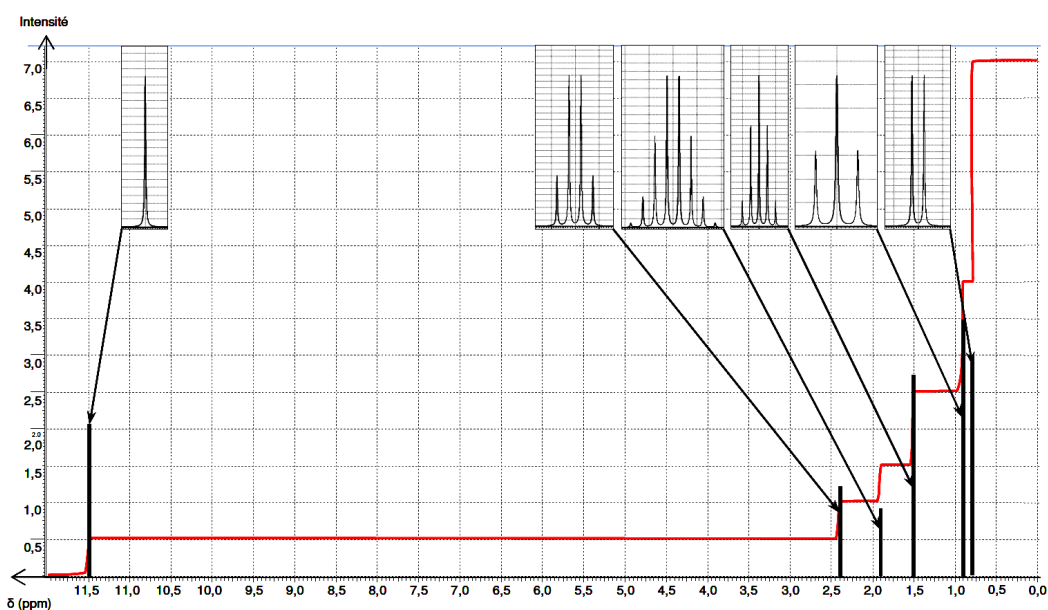
Type de proton	δ en ppm
R ₃ CH	0,5 – 1,5
R-OH	0,7 – 5,5
>CH-C=O	2,0 – 2,7
>CH-O-	3,5 – 5,2
-CH=C<	4,5 – 6,5
R-CH=O	9,5 – 11,0
R-COOH	10,5 – 12,5



✓ **Document n° 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



✓ **Document n° 5 :** Spectre RMN de la substance n° 3 et courbe d'intégration

NOM :

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE 1 :

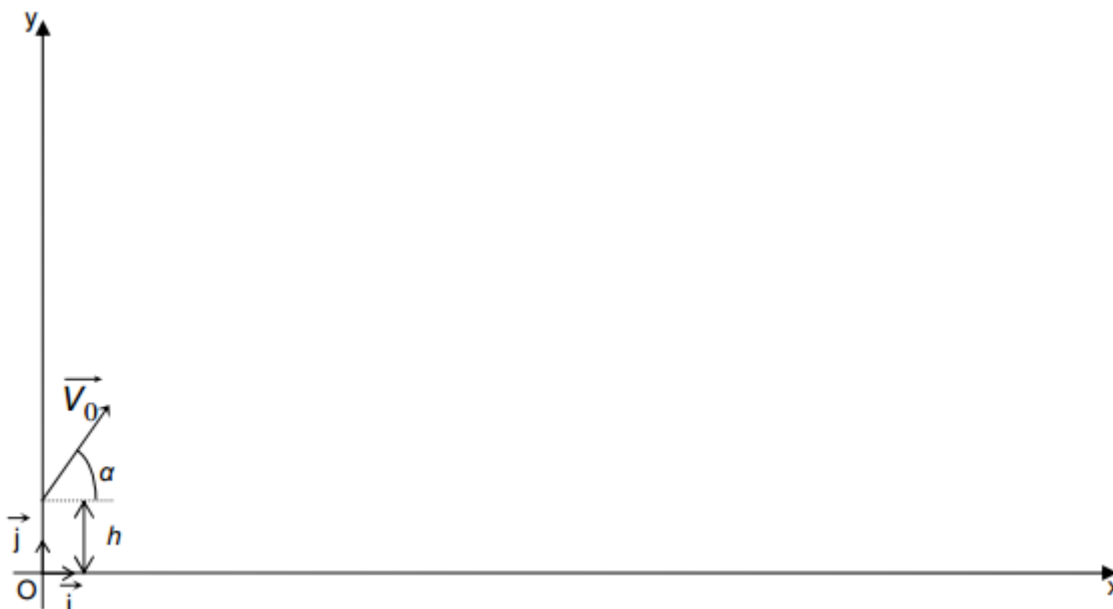
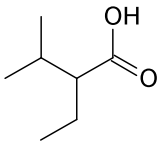


Figure 1 : Trajectoire de la fusée éclairante

ANNEXE DE L'EXERCICE 3 :

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 o Faux o	
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 o Faux o	
3. La substance n°2 peut être de l'éthanol.	Vrai o Faux o	
4. La molécule d'acide 2-éthyl-3-méthyl-butanoïque a pour représentation topologique : 	Vrai o Faux o	
5. L'acide pyruvique présente 4 protons équivalents.	Vrai o Faux o	