

BACCALAURÉAT BLANC

Session 2016

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

obligatoire

DUREE DE L'ÉPREUVE : 3h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices est autorisé

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

- | | |
|---|-----------------|
| EX 1 : L'étrange pays de Mr Tompkins | 9 points |
| Ex 2 : Rehaussement de l'ISS. | 6 points |
| Ex 3 : La chimie au service de la conservation du foin | 5 points |

Exercice 1 : L'étrange pays de Mr Tompkins. 9 pts



1. Une histoire de temps.

Dans une ville étrange, M. Tompkins fait une promenade à vélo avec un ami. Il passe devant la gare et vérifie que sa montre indique la même heure que l'horloge : dix heures. Il poursuit son chemin et arrive alors devant la poste...

M. Tompkins regarda l'horloge de la poste, qui marquait dix heures et quarante cinq minutes.

– "Eh bien" remarqua-t-il "cela nous a tout de même pris trois quarts d'heure."

– "Et avez-vous senti passer ces trois quarts d'heure ?" demanda son compagnon.

M. Tompkins dut convenir qu'elle lui avait semblé ne durer que quelques minutes. De plus, en regardant sa montre-bracelet, il vit qu'elle ne marquait que dix heures dix !

– "Oh ! dit-il, l'horloge de la poste avance."

– "Bien sûr, ou bien votre montre retarde, précisément parce que nous allons trop vite."

Alors M. Tompkins mit sa montre à l'heure de la poste et attendit dix minutes pour s'assurer qu'elle marchait bien. La montre ne retardait pas.

D'après G. Gamow, Mr Tompkins in Paperback (1967).

1.1. Quel est le référentiel propre pour la mesure de la durée de la course à vélo ? Expliquer.

1.2. À partir du texte, estimer les durées de la course à vélo :

1.2. a. mesurée par la montre de M. Tompkins,

1.2. b. mesurée par les horloges de la ville (qui sont synchronisées).

1.3. Donner la relation littérale entre la durée propre ΔT_p mesurée dans le référentiel propre et la durée mesurée dans l'autre référentiel ΔT_m . On rappelle l'expression du coefficient de dilatation des durées :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

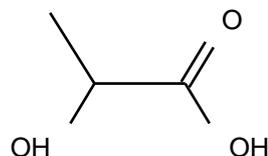
1.4. Dans la ville étrange, la vitesse de la lumière n'a pas sa valeur habituelle. Trouver cette valeur en supposant que le vélo roulait à 20,0 km/h. Donner le résultat avec 3 chiffres significatifs.

Donnée : vitesse de la lumière $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2. Les jambes lourdes.

M. Tompkins en faisant sa promenade à vélo a un peu forcé, il interpelle son ami :
« Mes jambes sont chargés d'acide lactique. »

La formule topologique de l'acide lactique est la suivante



2.1. Déterminer la formule développée de cette molécule.

2.2. Entourer sur la représentation précédente les groupes caractéristiques présents dans la molécule et les nommer.

2.3. Cette molécule possède-t-elle un ou des atomes de carbone asymétriques ?

Si oui, indiquer leur(s) présence(s) en le (les) repérant par un astérisque *.

2.4. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de l'acide lactique.

2.5. Parmi les spectres IR proposés dans le document 1 (page 5), choisir en justifiant celui correspondant à l'acide lactique. On s'aidera du tableau de bande d'absorption.

Donnée : bandes d'absorption en spectroscopie IR

Liaison	C–C	C=O	O–H (acide carboxylique)	C–H	O–H (alcool)
Nombre d'onde (cm^{-1})	1000 - 1250	1700 - 1800	2500 - 3200	2800 - 3000	3200 - 3700

2.6. Prévoir, en justifiant la réponse, le nombre de signaux présents dans le spectre RMN de l'acide lactique ainsi que leur multiplicité.

3. Rencontre avec un pêcheur.

M. Tomkins en longeant le canal tombe nez à nez avec un pêcheur. Le pêcheur lance le plomb dans le canal. Lors du passage du plomb à la verticale du pêcheur, le plomb est à une attitude $h = 6,00$ m et possède une vitesse \vec{v}_H faisant un angle α avec l'horizontale.

Le système étudié est le plomb. Le mouvement du plomb, objet sphérique, s'effectue dans un champ de pesanteur uniforme. Dans cette phase du mouvement, la tension du fil sera négligée par rapport aux autres forces.

On se propose, de déterminer la vitesse du plomb lors de son arrivée au sol. Les frottements de l'air sur le plomb ainsi que la poussée d'Archimède sur le plomb seront négligés dans cette étude. Le champ de pesanteur \vec{g} est parallèle à l'axe Oz , La situation est représentée sur la figure page suivante:

Données :

Intensité de pesanteur

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

Masse du plomb

$$m = 1,50 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

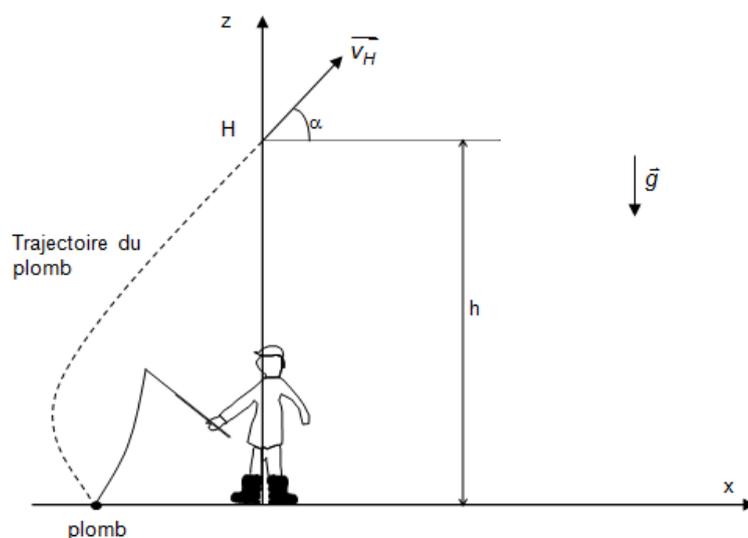
Volume du plomb

$$V = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Vitesse initiale $v_H = 44,4 \text{ m.s}^{-1}$

Inclinaison $\alpha = 50,0^\circ$

Hauteur du projectile au moment du lancer $h = 6,00 \text{ m}$

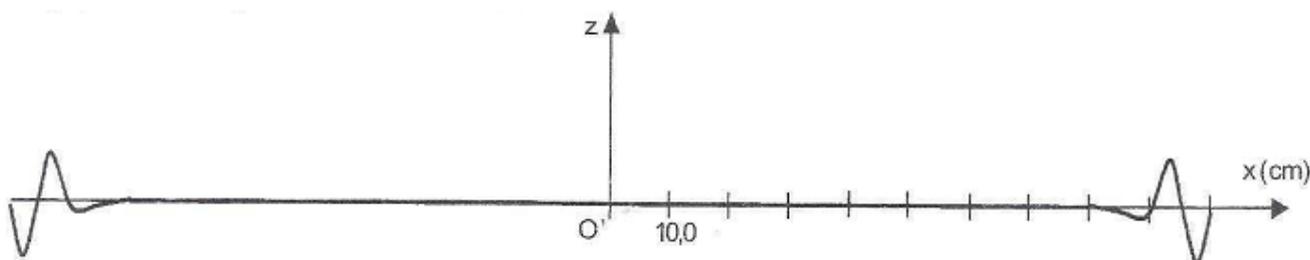


3.1. En considérant que l'énergie mécanique se conserve, déterminer la vitesse du plomb lorsqu'il arrive au sol.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

3.2. En situation de pêche, le plomb arrive dans l'eau au point O' à l'issue du lancer. La date de l'impact est notée $t_0 = 0 \text{ s}$. On observe alors un phénomène se propageant à la surface de l'eau dont une vue en coupe, à une date t , est donnée ci-dessous :



3.2 a. Donner la définition d'une onde mécanique progressive.

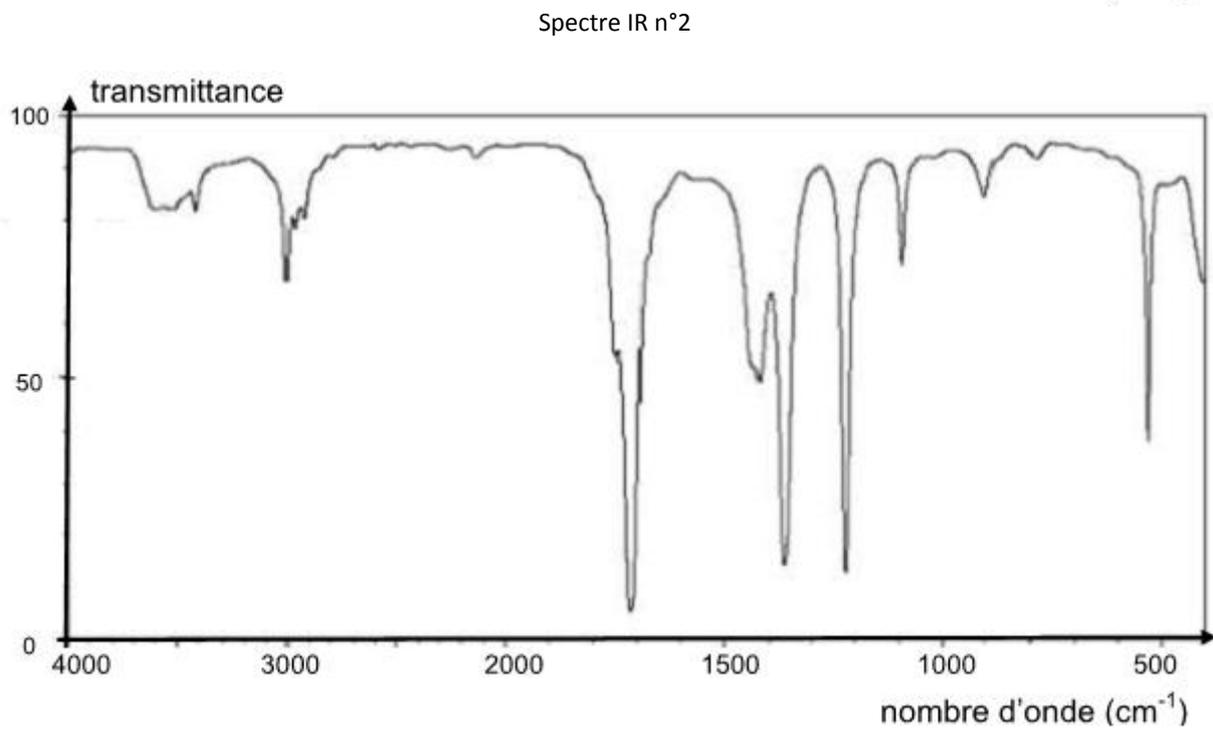
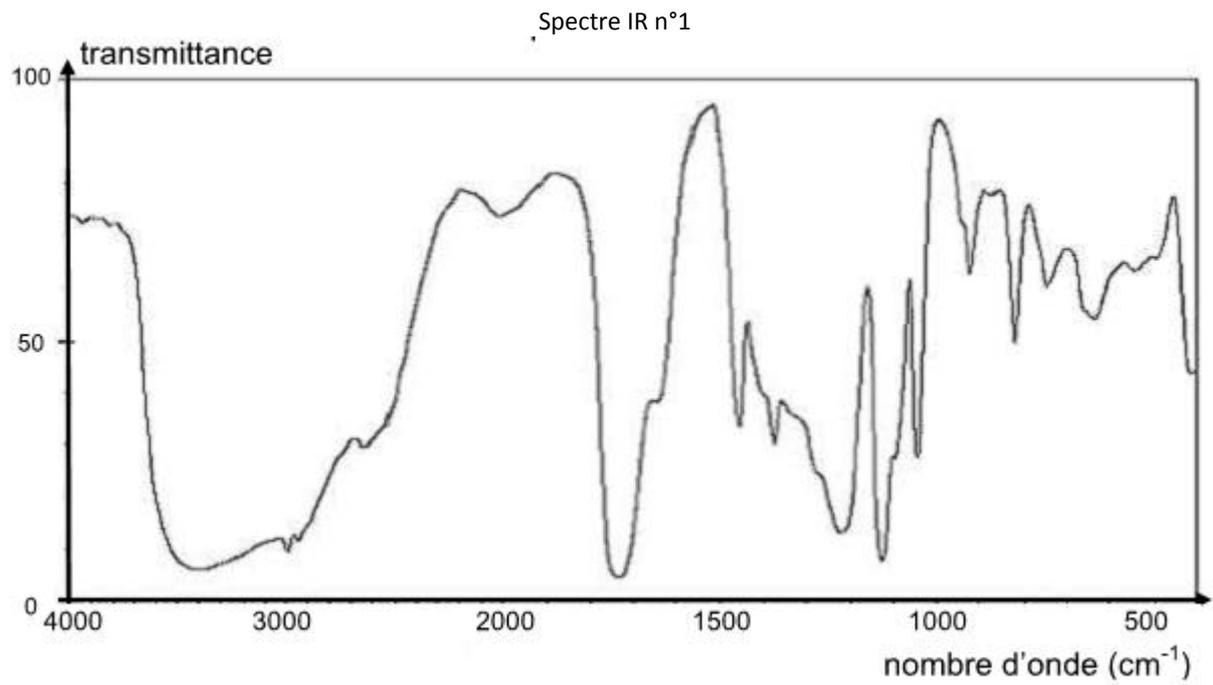
3.2.b. L'onde se propageant à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier votre réponse.

3.2.c. L'onde considérée est-elle périodique ? Justifier votre réponse,

3.2.d. L'onde atteint une feuille située en $x_1 = 2,00 \cdot 10^{-1} \text{ m}$ à la date $t_1 = 2,00 \text{ s}$. Afin de simplifier l'exercice, la feuille est considérée comme ponctuelle. Déterminer la célérité de l'onde considérée.

3.2.e. À partir du schéma de coupe donné précédemment, déterminer la date t' à laquelle la feuille sera à nouveau immobile à la surface de l'eau ?

Document 1 : Spectres IR



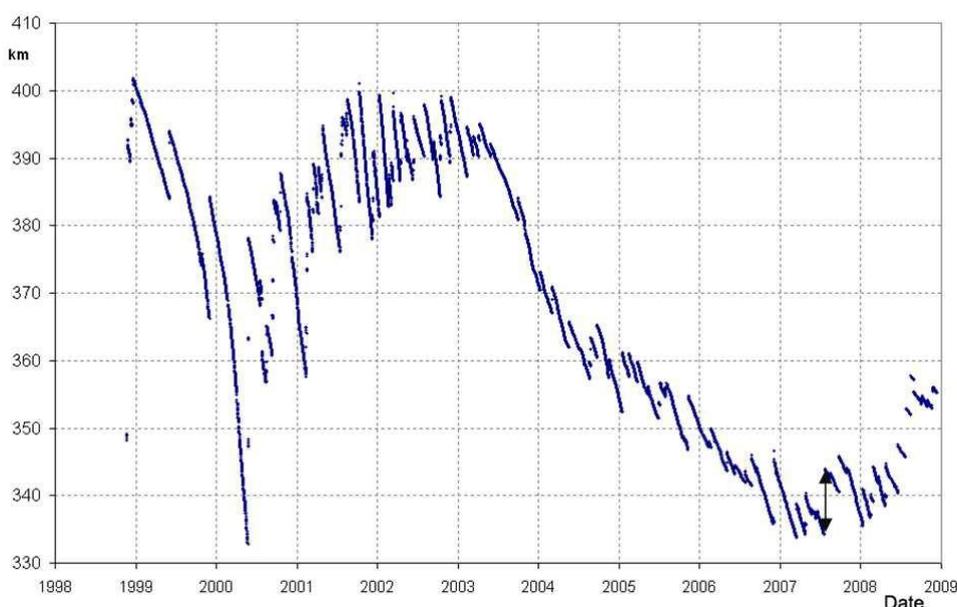
Exercice 2 : Rehaussement de l'ISS (International Space Station) 6 pts

La station spatiale internationale (ISS) est un laboratoire scientifique international qui gravite autour de la Terre sur une orbite elliptique à des altitudes allant de 330 km à 410 km. Sa construction a débuté en 1998 et elle est toujours, à ce jour, en développement. Seize pays participent au projet ISS et le financent.

La station, d'une masse actuelle de 419 tonnes et de 110 mètres de longueur pour 74 mètres de largeur, avec un espace habitable équivalent à un Boeing 747, est en permanence occupée par un équipage de six astronautes, effectuant des rotations allant de trois à six mois.

Durant la première décennie des années 2000, le ravitaillement et la relève de l'ISS était effectués essentiellement par les navettes de la NASA. Depuis l'arrêt de leur exploitation, des fusées « cargo » ont pris le relais : principalement le cargo « Progress » russe lancé par une fusée Soyouz, mais aussi le cargo « ATV » européen lancé par la fusée Ariane, ou encore le cargo « HTV » japonais lancé par la fusée H-II/B. Ces modules cargo doivent non seulement permettre de monter des vivres, du matériel de maintenance et du matériel scientifique, mais doivent aussi parfois rehausser l'orbite de la station spatiale régulièrement dégradée par la traînée atmosphérique. A cette altitude, la densité des gaz est en effet très faible mais suffisante pour faire perdre un peu d'énergie à la station et celle-ci descend de 50 à 100 mètres par jour. Il faut donc régulièrement qu'un vaisseau muni de moteurs s'arrime à la station et la remonte sur son orbite initiale. Si cela n'est pas fait, la station risque de rentrer dans les couches plus denses de l'atmosphère et, vu sa très grande vitesse (plusieurs km/s), de se désintégrer sous l'effet de la chaleur.

Le graphique suivant montre les changements d'altitude moyenne de la station de 1998 à 2009 : on peut constater que son altitude a été rehaussée un grand nombre de fois.



Source : [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Internationale_Raumstation_Bahn%C3%B6he_\(french\).png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Internationale_Raumstation_Bahn%C3%B6he_(french).png)

On se propose dans cet exercice d'étudier l'un des rehaussements de l'ISS effectué par le cargo Progress.

1. Orbite de l'ISS.

Avant le rehaussement, l'orbite de l'ISS avait pour altitude $z=334$ km. Nous considérerons cette orbite comme circulaire.

Données :

- Masse de la Terre : $M_T = 5,974 \times 10^{24}$ kg
- Rayon de la Terre : $R_T = 6371$ km
- $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

- 1.1. On note M_{ISS} la masse de l'ISS. Donner l'expression de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur la station internationale.
- 1.2. Par application de la deuxième loi de Newton, montrer que la vitesse v de l'ISS est constante.
- 1.3. Exprimer v en fonction de G , M_T , R_T et z en précisant les différentes étapes du raisonnement.
- 1.4. Calculer la vitesse v et vérifier qu'on trouve une valeur correspondant à 27 760 km/h.
- 1.5. Définir la période de révolution T de l'ISS.
- 1.6. Exprimer cette période en fonction de la vitesse v et de la distance R_T+z .
- 1.7. Combien de révolutions autour de la Terre l'ISS fait-elle en 24 heures ?

2. Rehaussement de l'orbite de l'ISS.

Une fois amarré à la station, le vaisseau Progress doit la remonter jusqu'à l'altitude de 372 km.

Pour cela, il doit augmenter la vitesse de la station sur son orbite de $22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Le vaisseau Progress pèse 7,1 tonnes, dont 3,8 tonnes d'ergols destinés en partie à cette opération de rehaussement. Son moteur éjecte les gaz provenant de la combustion des ergols à la vitesse, constante par rapport à la station, de $3,3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.

La station orbitale, avec le vaisseau Progress amarré, pèse 426 tonnes. Une fois en orbite, on peut considérer le système « ISS + Progress + gaz éjectés » comme isolé.

Le vaisseau est arrimé de façon à ce que les gaz soient éjectés en sens inverse du mouvement effectué par le système formé par le vaisseau et la station.

- 2.1. Schématiser la situation en indiquant sur le schéma le sens de déplacement de l'ISS et le sens dans lequel les gaz sont éjectés.
- 2.2. Que peut-on dire de la quantité de mouvement d'un système mécanique isolé ?
- 2.3. Expliquer qualitativement pourquoi l'éjection des gaz permettra d'augmenter la vitesse de la station.
- 2.4. Calculer de combien la quantité de mouvement de la station doit augmenter pour que sa vitesse augmente de $22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2.5. Trouver la masse de gaz que le vaisseau doit éjecter pour amener la station à l'altitude de 372 km. Les réserves en ergols du vaisseau sont-elles suffisantes pour effectuer la manœuvre ?

Exercice 3 : La chimie au service de la conservation du foin. 5pts



Balles de foin en attente de stockage

La production de foin sec peut être rendue difficile quand les pluies sont fréquentes et que le foin est conditionné encore humide.

L'acide propionique peut servir d'agent de conservation en protégeant le foin de la moisissure quand il est mis en balles à des teneurs en eau trop élevées. C'est un fongicide inhibant la croissance des micro-organismes aérobies qui peuvent provoquer l'échauffement et la moisissure. On pulvérise sur le foin une solution contenant de l'acide propionique à son entrée dans la presse à foin, avant la mise en forme des balles. Conseil d'utilisation : pulvériser la quantité d'acide adaptée à la teneur en eau pour que le traitement soit efficace. Attention, la concentration en acide propionique diffère selon le conditionnement.

D'après : <http://www.omafra.gov.on.ca>

Dans cet exercice on s'intéresse :

- dans la partie 1 à l'identification de l'acide propionique ;
- dans la partie 2 à l'utilisation de ce produit pour la conservation du foin.

Données :

- masse molaire moléculaire de l'acide propionique : $M = 74,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- doses moyennes conseillées d'application de l'acide propionique :

Taux d'humidité du foin	Masse d'acide par tonne de foin (en kg.tonne^{-1})
Entre 20% et 25%	5
Entre 25% et 30%	7

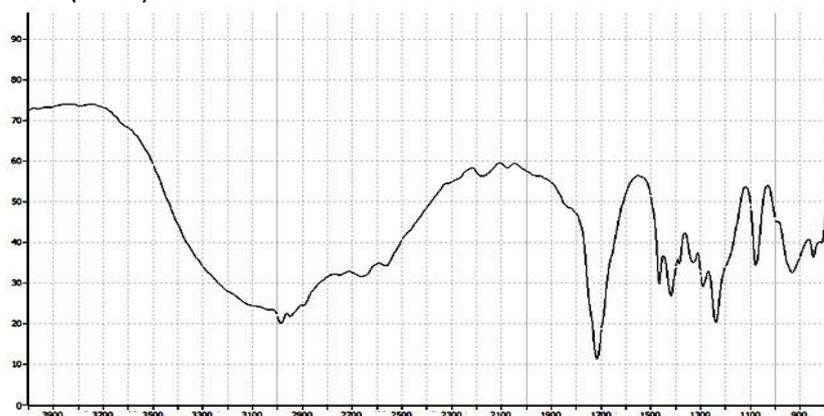
- 1 ha = 10000 m^2 .

1. Identification de l'acide propionique

Pour identifier l'acide propionique, on exploite les spectres IR et de RMN représentés ci-dessous.

Spectre IR de l'acide propionique

Transmittance (en %)



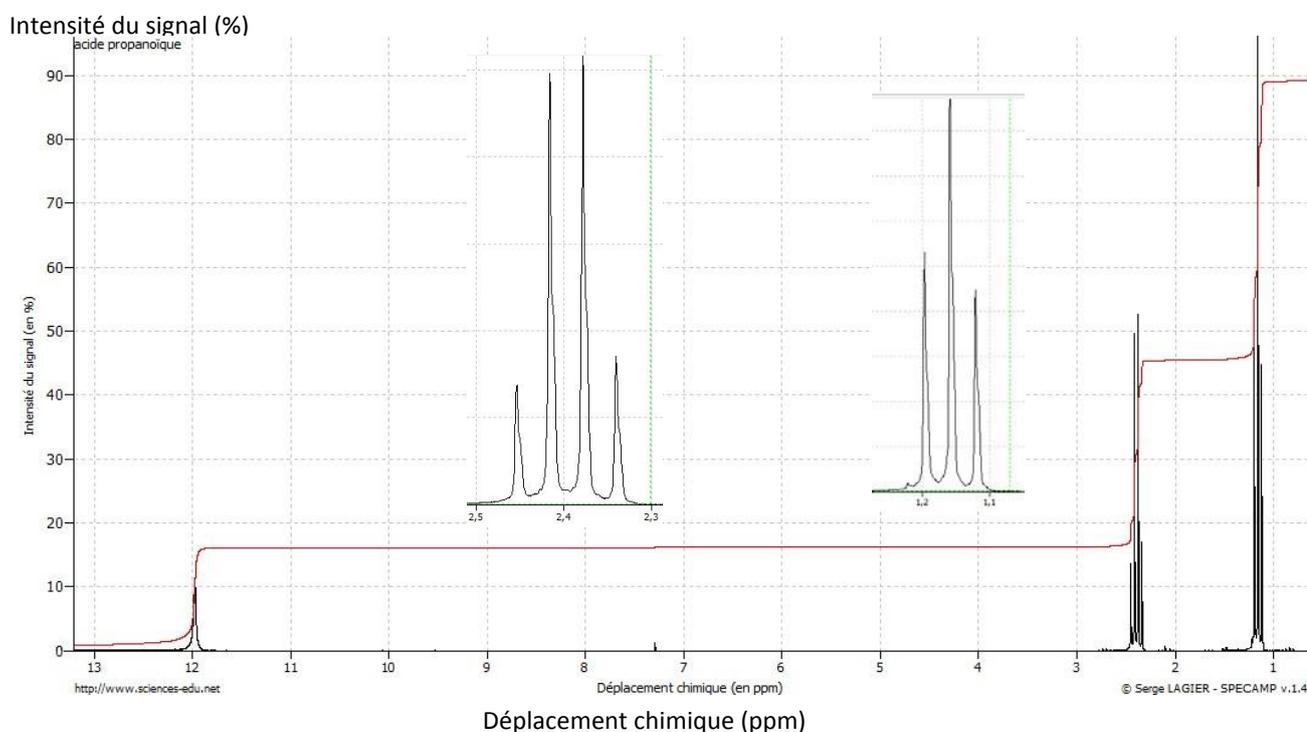
Nombre d'onde $\sigma \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

Source : www.sciences-edu.net

Données : table de données pour la spectroscopie IR

Famille	Liaison	Nombres d'onde (cm ⁻¹)	Largeur de bandes d'absorption
cétone	C = O	1705 - 1725	fine
aldéhyde	C – H C = O	2700 - 2900 1720 - 1740	fine fine
acide carboxylique	O – H C = O	2500 - 3200 1700 - 1730	large fine
ester	C = O	1730 - 1750	fine
alcool	O – H	3200 - 3450	large

Spectre simulé de RMN du proton de l'acide propionique (d'après une simulation)



Source : www.sciences-edu.net

1.1. Pour déterminer la structure de l'acide propionique, choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s) parmi les affirmations ci-dessous. Justifier à l'aide de vos connaissances et des données

1.1.1. L'acide propionique appartient à la famille des :

- cétones.
- aldéhydes.
- acides carboxyliques.
- esters.
- alcools.

1.1.2. L'acide propionique contient :

- a. 2 atomes ou groupes d'atomes d'hydrogène équivalents.
- b. 3 atomes ou groupes d'atomes d'hydrogène équivalents.
- c. 4 atomes ou groupes d'atomes d'hydrogène équivalents.

1.1.3. Dans la molécule d'acide propionique, un atome ou groupe d'atomes d'hydrogène équivalents :

- a. n'a pas d'hydrogène voisin.
- b. a un hydrogène voisin.
- c. a deux hydrogènes voisins.
- d. a trois hydrogènes voisins.

1.1.4. Une molécule d'acide propionique contient :

- a. 5 atomes d'hydrogène.
- b. 6 atomes d'hydrogène.
- c. 7 atomes d'hydrogène.

1.2. Identifier, en justifiant la réponse, la molécule d'acide propionique parmi les molécules suivantes :

Molécule A	Molécule B	Molécule C
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{H}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}_2}}$
Molécule D	Molécule E	Molécule F
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	$\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$

1.3. Donner le nom de l'acide propionique dans la nomenclature officielle.

1.4. La valeur de la masse molaire moléculaire de l'acide propionique est-elle compatible avec votre choix à la question **1.2.** ?

2. Utilisation de l'acide propionique

Une agricultrice rentre le foin produit sur une de ses parcelles rectangulaires de 100 m sur 500 m. Elle doit le traiter à l'acide propionique car son taux d'humidité est de 23%. Elle dispose en réserve d'un volume de 150 L de solution concentrée d'acide propionique. On suppose que l'utilisation de cette solution ne modifie pas le degré d'humidité du foin.

Pour savoir quelle quantité de solution pulvériser, il est nécessaire de connaître la concentration de cette dernière en acide propionique. L'étiquette du récipient étant devenue illisible, l'agricultrice demande à son fils de déterminer celle-ci dans son lycée.

Celui-ci remplit un petit flacon propre d'acide concentré et il dilue celui-ci 100 fois une dans son lycée. Il réalise ensuite 8 titrages successifs et obtient les valeurs suivantes (en mol/L) pour la concentration de l'acide dilué :

C_A	0,1072	0,1085	0,1082	0,1077	0,1088	0,1074	0,1084	0,1082
-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

2.1. Calculer la valeur moyenne des concentrations obtenues expérimentalement ainsi que l'incertitude de répétabilité correspondante.

On rappelle les différentes formules intervenant dans la détermination de l'incertitude sur le résultat du mesurage d'un ensemble de n valeurs $\{x_1, x_2 \dots x_n\}$:

- Écart-type expérimental : $\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
- Incertitude de répétabilité : $u(\bar{x}) = 2,37 \frac{S_{n-1}}{\sqrt{n}}$ (pour $n=8$ mesures)

2.2. Calculer l'incertitude relative (en %) sur la valeur moyenne de C_A . Commenter la précision obtenue pour la détermination de la concentration de l'acide dilué.

2.3. Déterminer la concentration massique en acide propionique de la solution pulvérisée en explicitant la démarche suivie.

2.4. Le rendement de production du foin est de 7 tonnes par hectare. L'agricultrice a-t-elle assez de solution pour traiter le foin produit par cette parcelle ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.