

BACCALAUREAT BLANC

EXTERNAT NOTRE DAME

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3h30

Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice électronique est autorisée

Ce sujet comporte 3 exercices présentés sur 15 pages numérotées de 1 à 15, y compris celle-ci.

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

Exercice I – Et la pomme tomba (10 points)

Exercice II – Matériau de construction (5 points)

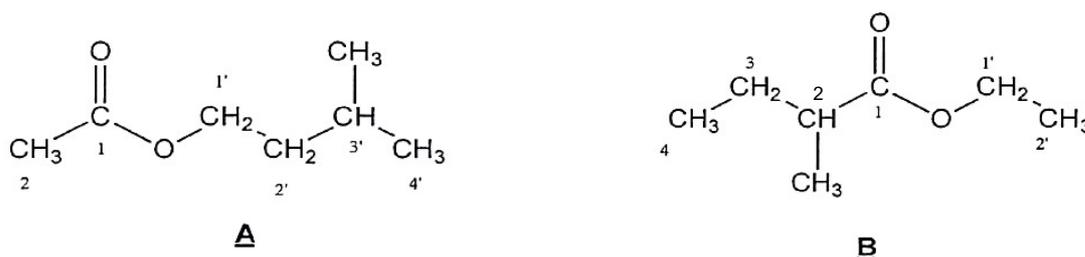
Exercice III – La mesure du temps (5 points)

Exercice I – Et la pomme tomba (10 points)

Lorsque des pommes mûrissent, leurs membranes cellulaires s'oxydent, engendrant la dégradation des acides gras à longues chaînes qu'elles contiennent. Il en résulte la formation de deux molécules **A** et **B** représentées ci-dessous. Ces deux espèces chimiques, dont les concentrations augmentent lors du mûrissement des pommes, ont la propriété de masquer la saveur caractéristique du fruit non mûr.



Les molécules **A** et **B** présentent les formules semi-développées suivantes :



Données :

- Températures d'ébullition sous une pression de 1 bar :

Composé	Molécule A	Stéréoisomère B ₁ de B	Stéréoisomère B ₂ de B
Température d'ébullition sous une pression de 1 bar (en °C)	142	133	133

- Solubilités dans différents solvants :

	Eau à 20 °C	Eau salée saturée à 20 °C	Eau à 0 °C
Molécule A	≈ 2 g.L ⁻¹	≈ 0,5 g.L ⁻¹	≈ 1,0 g.L ⁻¹
3-méthylbutan-1-ol	faible	très faible	très faible
Acide éthanoïque	très forte	très forte	très forte

- Densités par rapport à l'eau à 20 °C et masses molaires en g.mol⁻¹ :

	Molécule A	3-méthylbutan-1-ol	Acide éthanoïque	Eau salée saturée
Densité	0,87	0,81	1,05	1,20
Masse molaire (g.mol⁻¹)	130	88	60	

- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$
- pK_a à 20 °C des couples : $\text{CO}_{2(\text{g})}, \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} / \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$: 6,4 ; $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$: 4,8
- L'acide sulfurique est un diacide fort.

Partie B : Synthèse de la molécule A

1. Analyse du protocole.

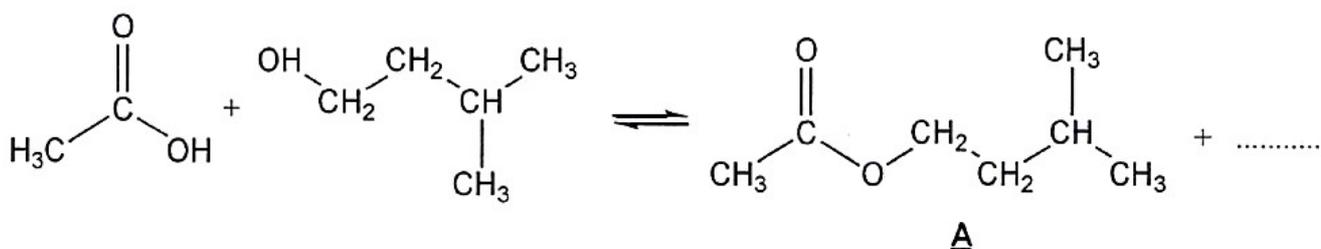
■ Introduction des réactifs et chauffage :

- ✓ Introduire dans un ballon 20,0 mL de 3-méthylbutan-1-ol, puis 30,0 mL d'acide éthanoïque pur et environ 1 mL d'acide sulfurique concentré.
- ✓ Ajouter trois grains de pierre ponce.
- ✓ Adapter le réfrigérant à boules et chauffer à reflux pendant 30 minutes.

■ Extraction de la molécule A :

- ✓ Après refroidissement, verser dans le ballon environ 50 mL d'une solution froide et saturée de chlorure de sodium et transvaser le mélange dans une ampoule à décanter.
- ✓ Agiter, décanter, éliminer la phase aqueuse.
- ✓ Ajouter environ 50 mL d'une solution à 5 % d'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$). Agiter l'ampoule jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'effervescence. Décanter. Éliminer alors la phase aqueuse.
- ✓ Recueillir la phase organique dans un erlenmeyer, y ajouter une spatule de sulfate de magnésium anhydre.
- ✓ Agiter puis filtrer sur éprouvette graduée. On obtient un volume $V = 18,1 \text{ mL}$ de la molécule A.

1.1. Donner le nom et la formule du produit manquant dans l'équation :



1.2. Pour que la réaction se déroule en un temps relativement court, la présence de l'acide sulfurique est impérative. Sachant que l'acide sulfurique n'intervient pas dans le bilan réactionnel, déduire son rôle.

1.3. En utilisant les données, expliquer pourquoi on ajoute de l'eau salée (et non de l'eau) et pourquoi l'eau salée doit être froide.

1.4. Lors de la première décantation, dans quelle phase (organique ou aqueuse) se trouvent essentiellement la molécule **A**, l'eau, les ions, le 3-méthylbutan-1-ol (qui n'a pas réagi) et l'acide éthanoïque (en excès) ? Quelle est la phase située au-dessus ? Justifier.

1.5. Préciser la nature de l'effervescence observée lors de l'ajout de l'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$). Écrire l'équation de la réaction acido-basique mise en jeu.

2. Calcul du rendement :

2.1. Calculer les quantités de matière de 3-méthylbutan-1-ol et d'acide éthanoïque introduites dans le ballon.

2.2. En déduire le rendement r de la synthèse, défini comme le rapport entre la quantité de matière de produit **A** obtenu et la quantité de matière de réactif limitant.

Exercice II – Matériau de construction (5 points)

Le refuge du Goûter, situé à proximité du Mont Blanc à 3835 m d'altitude, est l'un des plus hauts refuges de montagne d'Europe. Sa construction répond à des normes Haute Qualité Environnementale (H.Q.E). Cet exercice porte sur les performances énergétiques du bâtiment et sur les choix des matériaux par les concepteurs du projet afin de rendre cet habitat « passif ».



Le refuge du Goûter, un des plus hauts chantiers d'Europe

D'architecture ovoïde, conçu pour s'intégrer sur le plan technique et esthétique aux contraintes d'un environnement difficile, le refuge du Goûter préfigure une nouvelle génération de bâtiments. Ce chantier est un véritable défi architectural et technique puisqu'il s'agit de construire un bâtiment avec une structure en bois, sur quatre étages, avec un revêtement extérieur en inox et d'utiliser efficacement les technologies innovantes.

Mais c'est aussi un défi humain pour les ouvriers qui travaillent sur ce chantier hors norme, situé à 3835 m avec des contraintes climatiques. Les rafales de vent peuvent dépasser 250 km.h^{-1} . Les températures peuvent chuter à -35°C en hiver et -10°C en plein été.

Tout a été mis en œuvre pour faire de ce chantier un projet bas carbone, « pilote » sur le plan environnemental :

- 3.2. structure en bois local des Alpes françaises (épicéa, sapin blanc et mélèze), majoritairement issu des forêts de Saint- Gervais (vallée proche du site) ;
- 3.3. modules bois fabriqués dans la vallée et transportés par hélicoptère. Toute la structure a été pensée comme un « jeu de construction » géant pouvant être assemblé rapidement sur site. La masse maximale des éléments héliportés sur site est de 550 kg. La fabrication en atelier est prévue pour réduire les temps de pose et faciliter la tâche aux ouvriers montant la structure ;
- 3.4. recours aux énergies renouvelables (solaire, photovoltaïque, biomasse) et mise en place de technologies innovantes (gestion de l'électricité à distance, cogénération, fondoir à neige, traitement des eaux usées...).

Extrait du dossier de presse du site «le refuge du Goûter» juillet – Août 2012

1. Un modèle de fenêtre développé spécifiquement pour le refuge du Goûter

Pour répondre aux conditions climatiques extrêmes liées à cette altitude, un modèle de fenêtre très performant a été réalisé. Elle est constituée d'un triple vitrage et d'un survitrage spécifique. Pour l'isolation entre chaque vitre, l'argon a été choisi comme gaz plutôt que l'air, augmentant ainsi la résistance thermique de la fenêtre.

1.1. Les échanges thermiques s'effectuent selon trois modes. Associer, à chacune des définitions données ci-dessous, le nom du mode de transfert thermique correspondant :

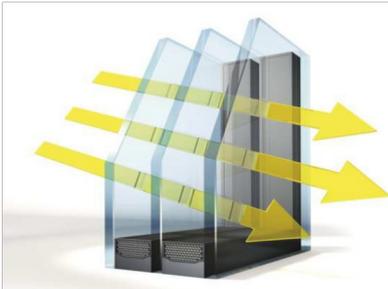
- définition 1 : transfert d'énergie par ondes électromagnétiques, ne nécessitant pas de milieu matériel ;
- définition 2 : transfert d'énergie dans un milieu matériel, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température ;
- définition 3 : transfert d'énergie associé à des mouvements de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.

1.2. Calculer, pour une surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique totale R_{th1} du triple vitrage d'une fenêtre du refuge, sachant que la résistance thermique totale du triple vitrage est la somme des résistances thermiques de chaque matériau constituant le triple vitrage.

1.3. Dans le cas d'un triple vitrage utilisant l'air, et pour une même surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique de la fenêtre vaut $R_{th2} = 1,1 \text{ K.W}^{-1}$. Évaluer alors la variation relative de la résistance thermique suite à la substitution de l'air par l'argon.

1.4. Augmenter l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques du vitrage ? Justifier votre réponse.

Informations sur les fenêtres du refuge



Données :

Matériau	Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
air	0,026
argon	0,017
verre de vitre	1,2

Fenetre a triple vitrage

Photo site Internet :
<http://www.cpassifmenuiserie.fr/contact/>

Composition du triple vitrage :

- 2 lames d'argon de 14 mm d'épaisseur chacune ;
- 3 vitres de 4 mm d'épaisseur chacune.

Apport théorique

La résistance thermique R_{th} (en K.W^{-1}) d'une paroi a pour expression :
 λ conductivité thermique en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$$

e : épaisseur de la paroi en m ;

S : surface de la paroi en m^2 .

Caractéristiques de quelques matériaux

Matériau	Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	Masse volumique ρ ($\times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$)
acier inoxydable	26	7,8
béton plein	1,8	2,3
brique	0,84	2,1
pierre	3,5	2,7
sapin/épicéa	0,13	0,45
polystyrène	0,036	0,034
laine de verre	0,032	0,025
fibre de bois	0,038	0,2

2. Le choix du bois

Les différents niveaux du refuge, base, dalle, toiture et façades sont réalisés en bois. Les bois utilisés sont auparavant sélectionnés et testés. Un bois peut présenter des microfissures qui réduisent ses qualités mécaniques. La qualité biologique interne des arbres sur pied peut être évaluée par une méthode non destructive utilisant la mesure de la vitesse des ultrasons, suivant l'axe transversal, appelée vitesse radiale. Comparée à la valeur de vitesse de référence de chaque essence de bois, la vitesse radiale des ultrasons donne le pourcentage de dégradation de l'arbre.

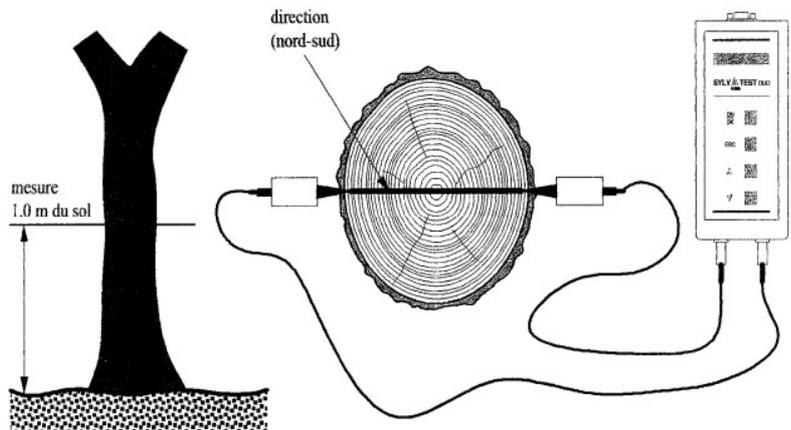
2.1. Deux capteurs, un émetteur et un récepteur d'ultrasons, sont situés de part et d'autre d'un tronc d'épicéa de diamètre $D = 60$ cm. La durée mesurée entre l'émission et la réception des ondes ultrasonores vaut $\Delta t = 3,4 \times 10^{-4}$ s.

Le résultat de la mesure effectuée permet-il de conclure que l'arbre est sain ?

Vitesse radiale des ultrasons dans un arbre sur pied

Essence de bois	Vitesse radiale de référence des ultrasons ($m.s^{-1}$)
Pin sylvestre	1500
Épicéa	1600
Douglas	1700
Hêtre	1700
Chêne	1800
Érable	1900
Séquoia	1900

Extrait de « technique et forêt »



Principe de mesure de dégradation du bois d'un tronc par méthode non destructive

Schéma extrait du site <http://www.espaces-verts.net/>

Calcul du pourcentage de dégradation noté Deg.%

$$Deg.\% = \frac{V_{ref} - V_m}{V_{ref}} \cdot 100$$

V_{ref} est la vitesse radiale de référence d'une essence de bois.

V_m est la vitesse radiale mesurée sur le spécimen.

Si le pourcentage de dégradation donne une valeur négative, l'arbre est considéré comme sain.

Extrait de la notice du Sylvatest Concept bois structure

2.2. Rédiger un paragraphe de quelques lignes répondant à la question : « Pourquoi avoir choisi le bois pour construire ce refuge ? »

Exercice III – La mesure du temps (5 points)

La mesure du temps est une question essentielle depuis... la nuit des temps. Elle a initialement été basée sur l'observation d'un phénomène régulier et répétitif qui permettait de caractériser des durées égales.

1. La mesure du temps par Galilée

Galilée, au XVII^{ème} siècle, a eu l'idée d'utiliser un pendule pour mesurer le temps :

Document 1

« J'ai pris deux boules, l'une de plomb et l'autre de liège, celle-là au moins cent fois plus lourde que celle-ci, puis j'ai attaché chacune d'elles à deux fils très fins, longs tous les deux de quatre coudées ; les écartant alors de la position perpendiculaire, je les lâchais en même temps ; une bonne centaine d'allées et venues, accomplies par les boules elles-mêmes, m'ont clairement montré qu'entre la période du corps pesant et celle du corps léger, la coïncidence est telle que sur mille vibrations comme sur cent, le premier n'acquiert sur le second aucune avance, fût-ce la plus minime, mais que tous les deux ont un rythme de mouvement rigoureusement identique.

On observe également l'action du milieu qui, en gênant le mouvement, ralentit bien davantage les vibrations du liège que celles du plomb, sans toutefois modifier leur fréquence.

D'après **Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles**,
publié en 1636

Données :

Une coudée = 0,573 m

Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

La masse du pendule de plomb de Galilée est : $m = 50 \text{ g}$

On réalise un pendule en suspendant une bille de plomb de masse $m = 50 \text{ g}$ et de centre d'inertie G, à un fil de longueur l accroché en O comme l'indique la figure du **document 2**.

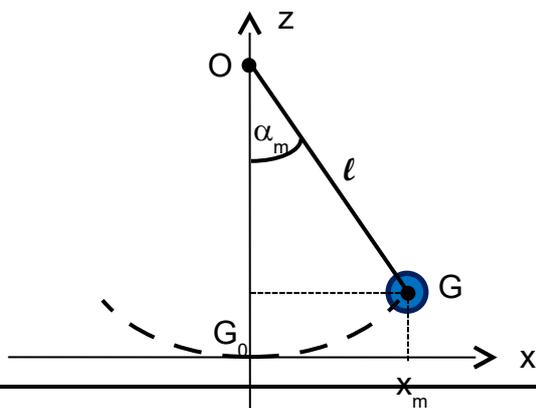
Document 2

On choisit la position à l'équilibre G_0 de G comme origine des altitudes z . Pour un amortissement faible, la pseudo-période T du pendule est voisine de sa période propre T_0 . L'expression de la période propre du pendule est l'une des propositions suivantes :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\ell} ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{g}{\ell}} ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\ell}}$$

ℓ désigne la longueur du fil et m la masse du pendule.

Un système informatique permet d'obtenir les mesures représentées sur les deux graphes du document 3 de **l'annexe**.



- 1.1.** À l'aide des documents et de vos connaissances, proposer une réponse argumentée pour montrer que « **le pendule réalisé aurait pu être celui de Galilée !** ».

Pour cela :

À l'aide d'une analyse dimensionnelle, choisir l'expression de la période du pendule simple qui convient parmi celles proposées. Comparer de la manière la plus précise possible, la valeur calculée de la période du pendule de Galilée à celle du pendule réalisé expérimentalement, puis conclure.

1.2.

- 1.2.1.** Déterminer à partir du document 3 (fenêtre 1) la valeur de l'abscisse x_m .
En déduire la valeur de l'angle maximal α_m , en degré, décrit par le pendule.
- 1.2.2.** Calculer la vitesse maximale v_m atteinte par le centre d'inertie G .
- 1.2.3.** Tracer sur le document 3 (fenêtre 2) de **l'annexe** à rendre avec la copie les évolutions de l'énergie mécanique et de l'énergie potentielle de pesanteur, en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G du pendule réalisé.

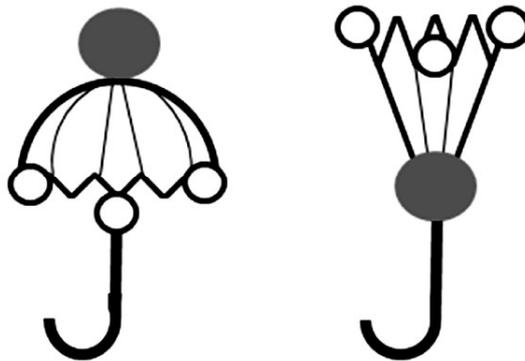
2. La molécule d'ammoniac.

Avec l'horloge atomique – conçue à partir des années 1950/60 – la mesure du temps bascule dans le temps de l'infiniment petit. Ce ne sont plus les oscillations régulières d'un pendule ou d'un ressort spiral qui donnent le rythme à l'horloge. Ici, ce sont les vibrations extrêmement rapides d'une molécule ou d'atome que l'homme a su mettre au profit de la mesure du temps.

Dans les années 1960, il a été décidé de détacher la mesure du temps de l'astronomie et de redéfinir le temps en fonction des vibrations d'une molécule ou d'un atome.

Une des premières horloges de ce type mettait en jeu les oscillations de la molécule d'ammoniac. (...) Les molécules d'ammoniac ont la forme d'un parapluie, elles peuvent ainsi se retourner de la même façon que cet objet par grand vent (voir schéma ci-dessous) !

En effet, en faisant un aller-retour d'une forme « normale » à une forme « retournée » à un rythme régulier de 24 milliards de fois par seconde (!), ces molécules permettent de concevoir un dispositif horloger d'une stabilité inégalée...



D'après http://www.besancon.fr/gallery_files/site_1/346/353/782/46658/lhorloge_atomique_fiche_professeur.pdf

2.1. Quelle est la période de retournement de la molécule d'ammoniac ?

2.2. La molécule d'ammoniac est constituée d'un atome d'azote et de trois atomes d'hydrogène. Écrire la formule de Lewis de la molécule d'ammoniac et proposer une représentation de Cram spatiale de la molécule.

Données : N (Z = 7) ; H (Z = 1)

2.3. L'ammoniac est une base, mise en jeu dans l'équilibre suivant : $\bar{\text{N}}\text{H}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$

Recopier l'équation ci-dessus et expliquer la formation de l'ion ammonium NH_4^+ .

2.4. Donnée : La constante d'acidité de l'ion ammonium NH_4^+ à 25°C est $K_A = 5,6 \times 10^{-10}$.

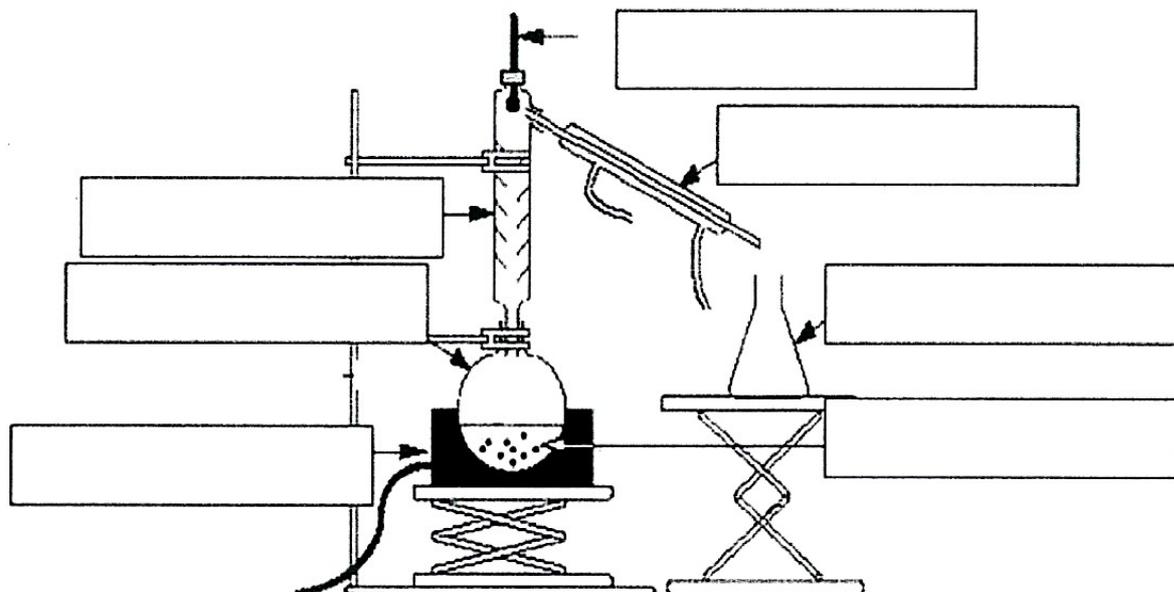
Parmi les 4 propositions suivantes une seule affirmation est vraie.

Justifier que les 3 autres sont fausses.

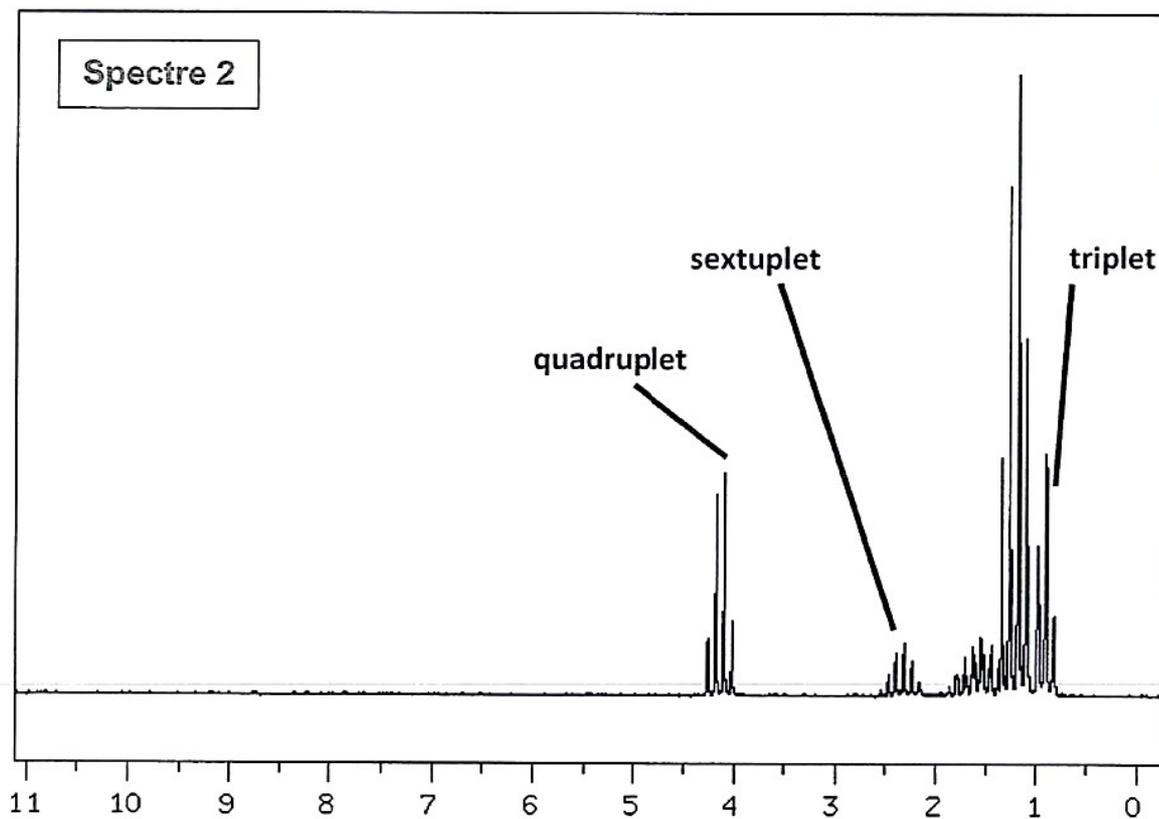
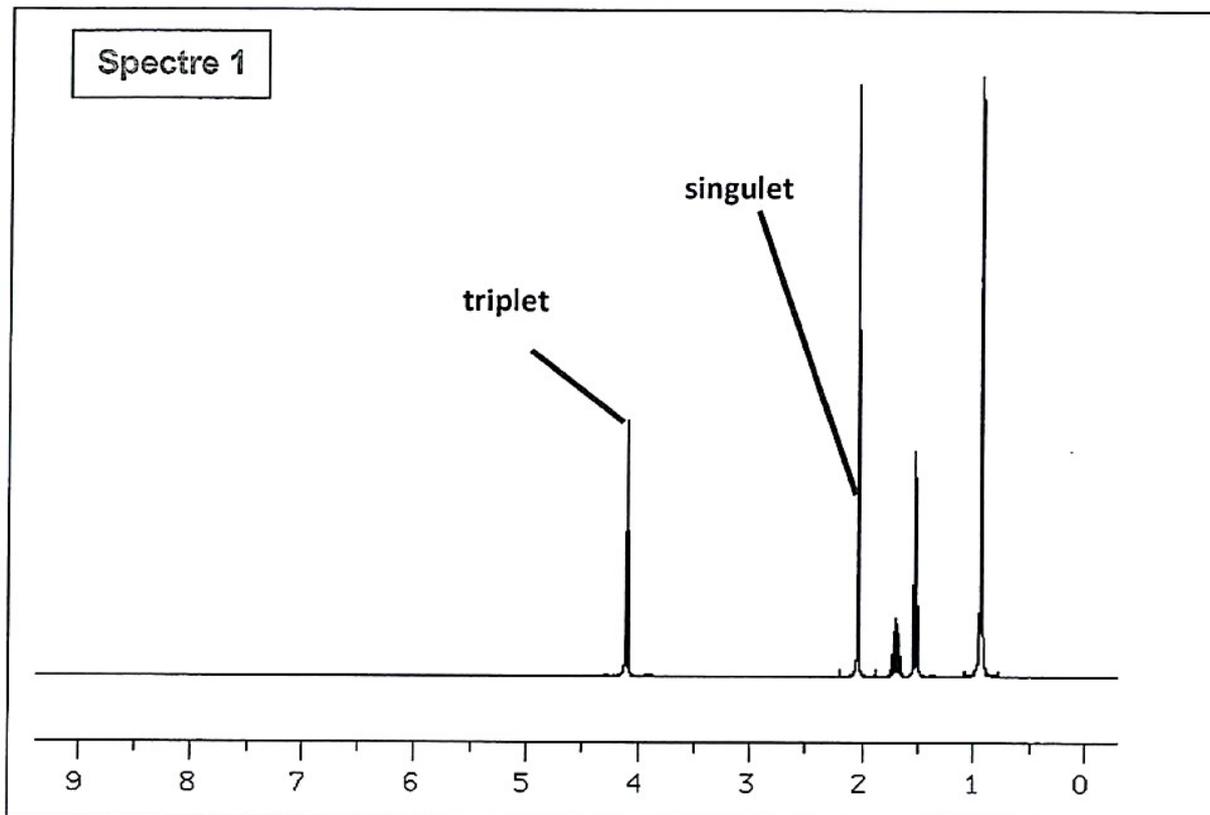
- ① Le pK_A de l'ion ammonium est 10,2.
- ② La réaction de dissociation de l'ion ammonium dans l'eau s'écrit :
$$\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$$
- ③ L'ion ammonium est totalement dissocié dans l'eau.
- ④ Dans une solution aqueuse d'ammoniac de pH égal à 8, l'espèce prédominante est NH_3 .

ANNEXE 1

Montage de distillation fractionnée :



ANNEXE 2



Données de RMN du proton ^1H : ordre de grandeur de déplacements chimiques (δ en ppm) de quelques types d'hydrogène :

$-\text{CH}_2-\text{COOR}$: 2,4

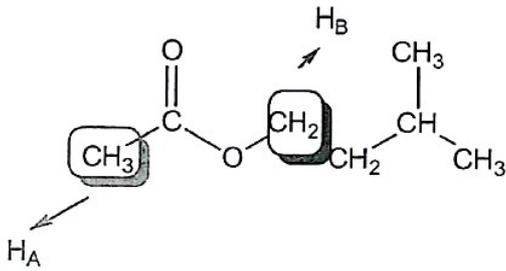
$-\text{CH}-\text{COOR}$: 2,4 -
2,7

$-\text{CH}_2-\text{OCOR}$: 4,0 -
4,5

$-\text{CH}-\text{OCOR}$: 4,8

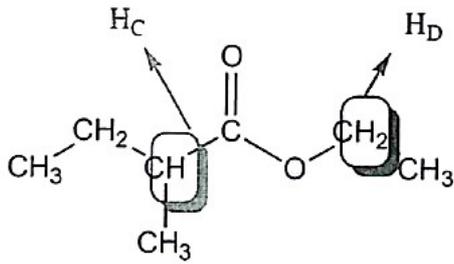
ANNEXE 3

Molécule A



Hydrogène	Multiplicité
H _A	
H _B	

Molécule B



Hydrogène	Multiplicité
H _C	
H _D	

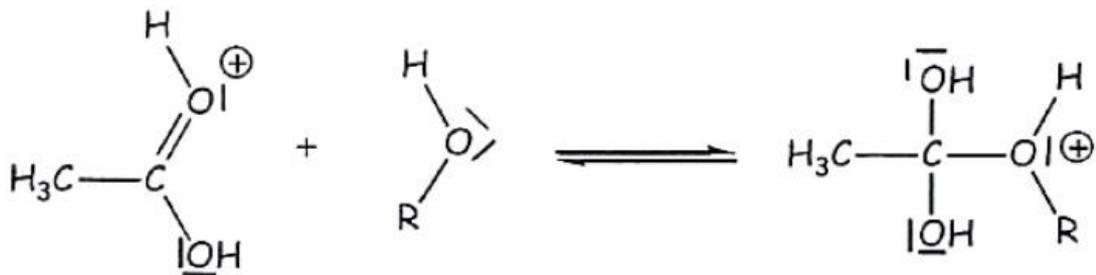
ANNEXE 4

Cocher la bonne case :

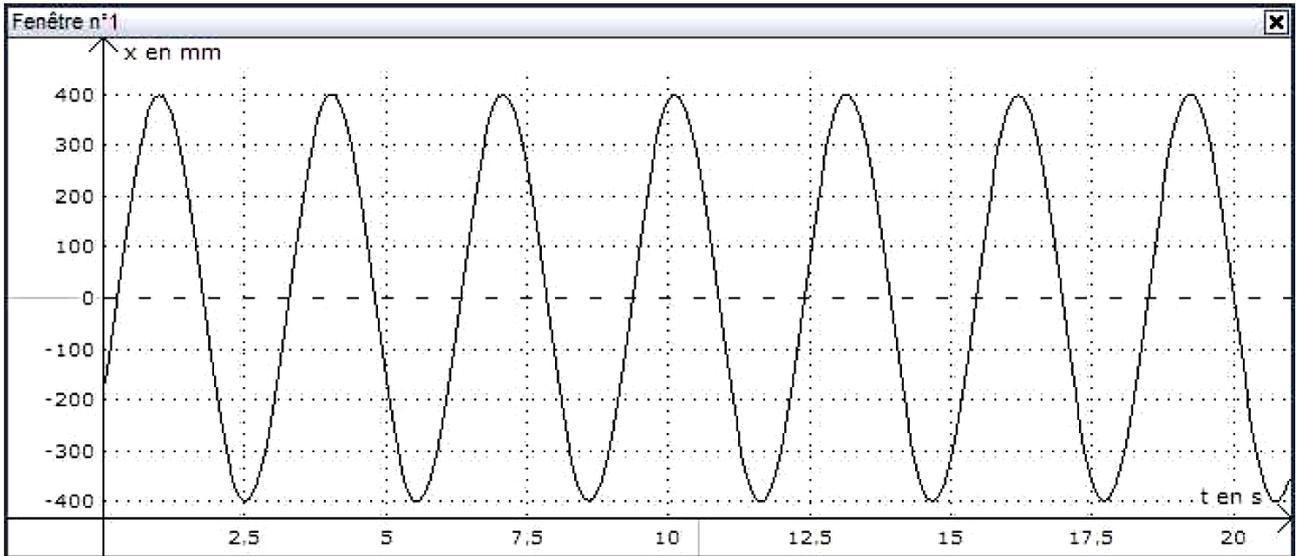
	Substitution	Addition	Élimination
Étape 2			
Étape 4			

ANNEXE 5

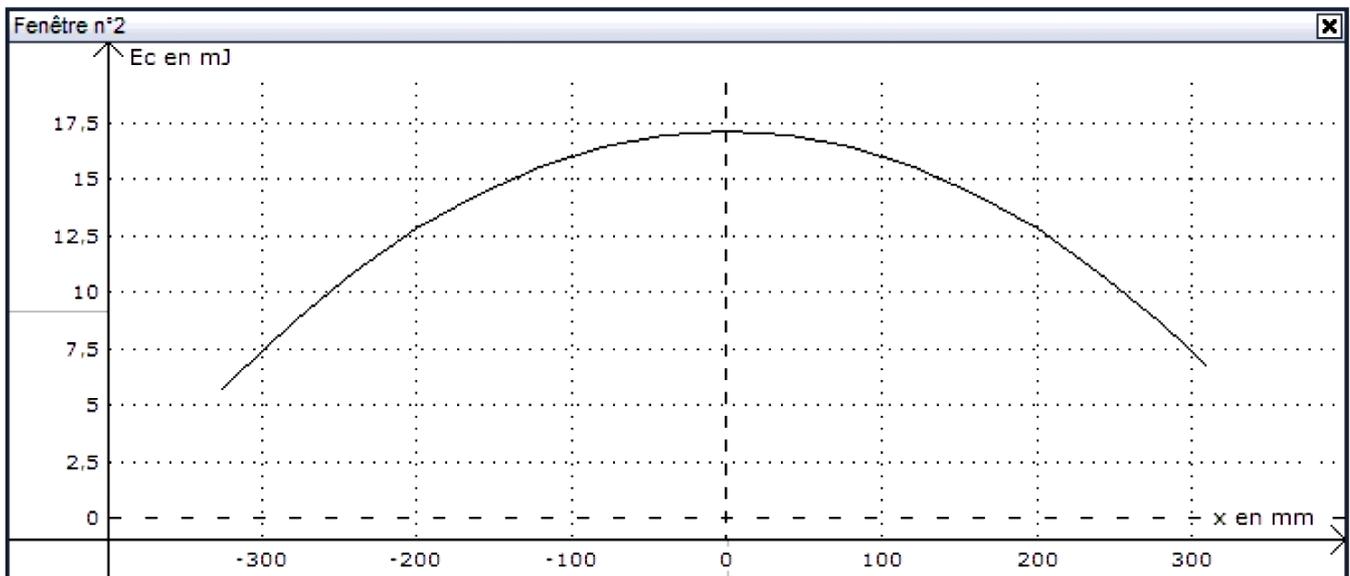
Étape 2 :



Document 3



Évolution de l'abscisse x du centre d'inertie G du système en fonction du temps



Variation de l'énergie cinétique du pendule en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G