

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2013
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6
—**L'usage d'une calculatrice EST autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

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

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

EXERCICE I - RMN ET IRM (6 points)

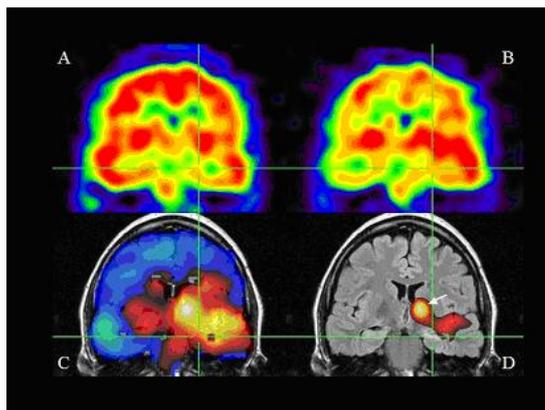
La spectroscopie par résonance magnétique nucléaire ou RMN consiste à soumettre une espèce chimique à une onde électromagnétique radiofréquence et à l'action d'un champ magnétique constant. À une fréquence particulière appelée fréquence de résonance, certains noyaux de l'espèce chimique vont être le siège d'une transition énergétique.

Les effets de cette transition sont détectés par une sonde.

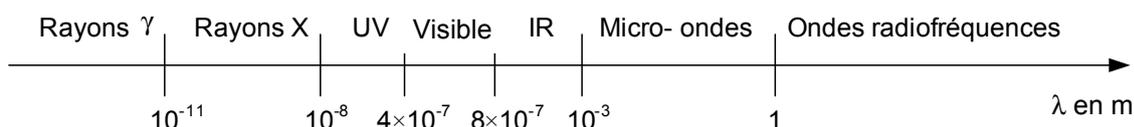
La valeur de la fréquence de résonance dépend de la nature du noyau et de son environnement. La spectroscopie utilisée ici est uniquement celle du noyau d'hydrogène ^1H , souvent appelée RMN du proton.

L'échantillon à analyser est dissous dans un solvant deutéré de formule brute CDCl_3 où le noyau d'hydrogène ^1H a été remplacé par le noyau de deutérium noté D.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une application de la RMN du proton dans le domaine du diagnostic médical. Dans le corps humain, l'hydrogène est essentiellement présent dans l'eau. L'intensité du signal reçu dépend donc de la teneur en eau dans les tissus. Toute anomalie de la teneur en eau est alors facilement détectée. L'organe à visualiser, voire le corps entier du patient, est placé dans un puissant électroaimant qui crée un champ magnétique. Un traitement numérique permet de produire des images de coupes de l'organe à partir de l'intensité des signaux enregistrés.

**Données :**

- symbole du noyau de deutérium : ^2H (noté D) ;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- domaine des ondes électromagnétiques :



- Éléments présents dans les organes, tissus mous et os

Principaux éléments constitutifs des organes et tissus mous			Principaux éléments présents dans les os	
Carbone	Hydrogène	Oxygène	Calcium	Phosphore

1. RMN du proton dans une molécule organique**1.1. Le solvant deutéré**

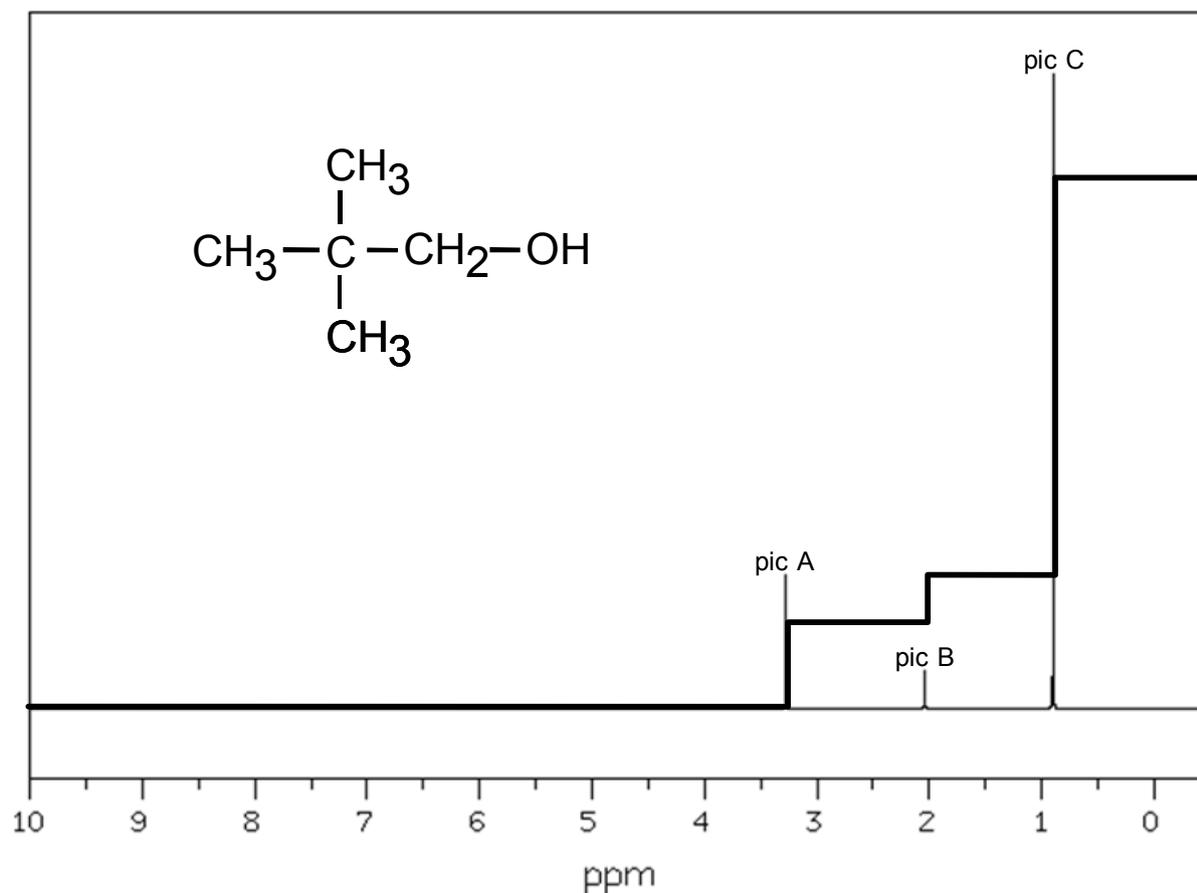
- 1.1.1. Donner la composition du noyau de deutérium. Comment qualifie-t-on deux noyaux tels que l'hydrogène ^1H et le deutérium ^2H ?
- 1.1.2. Dessiner la représentation de Cram de CDCl_3 . Le carbone de cette molécule est-il asymétrique ? Justifier.
- 1.1.3. Quel est l'intérêt d'utiliser un solvant ne comportant pas de noyau d'hydrogène ^1H ?

1.2. Rayonnement utilisé

- 1.2.1. La transition observée lors de la résonance se fait entre deux niveaux d'énergie séparés de $\Delta E = 1,20 \mu\text{eV}$. Calculer la fréquence ν du photon associé puis sa longueur d'onde λ .
- 1.2.2. Vérifier que le domaine des ondes utilisées est bien celui indiqué dans le texte introductif.

1.3. Exploitation du spectre RMN d'une molécule organique

Le spectre RMN à 300 MHz d'une molécule organique et son intégration sont représentés ci-dessous :



- 1.3.1. Donner le nom systématique (nomenclature officielle) de la molécule organique.
- 1.3.2. Exploiter le spectre RMN et sa courbe d'intégration pour attribuer à chaque pic son groupe de protons équivalents.

2. L'imagerie par résonance magnétique (IRM)

2.1. Pourquoi l'IRM permet-elle de visualiser les organes et tissus mous, mais pas les os ?

2.2. Image numérique

L'image numérique de l'IRM correspond à un ensemble de 512 pixels x 512 pixels où chaque pixel est codé par un octet.

La taille de l'image de cet IRM correspond à un carré de 50 cm de côté.

- 2.2.1. Calculer les dimensions d'un pixel.
- 2.2.2. Calculer la taille du fichier en octet de cette image IRM.
- 2.2.3. Combien de niveaux de gris sont utilisés pour visualiser cette image IRM ?
- 2.2.4. Une image IRM est réalisée toutes les deux secondes. Calculer le débit binaire D permettant de transmettre les données au dispositif de traitement et de stockage.

2.3. Mesure du champ magnétique

Un teslamètre est utilisé pour mesurer le champ magnétique créé par l'électroaimant.

On a relevé la mesure suivante : $B_m = 1492$ mT.

La notice du teslamètre indique :

- Calibres : 200 mT ou 2000 mT
- Précision : \pm (2 % de la mesure + 5 unités de résolution)
- Résolution : 0,1 mT pour le calibre 200 mT ou 1 mT pour le calibre 2000 mT

Pour un intervalle de confiance de 95 %, l'incertitude U élargie est donnée par l'expression $\frac{2 \times \text{précision}}{\sqrt{3}}$

Exprimer le résultat de la mesure du champ magnétique sous une forme appropriée et expliciter dans ce cas la notion d'intervalle de confiance.

EXERCICE II - L'ACIDIFICATION DES OCÉANS (9 points)**Moules et huîtres menacées par l'acidification des océans**

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions anthropiques (1) de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère ont fortement augmenté...

Frédéric Gazeau, chercheur à l'Institut Néerlandais d'Écologie, et ses collègues dont Jean-Pierre Gattuso, directeur de recherche au laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer (CNRS/Université Pierre et Marie Curie) ont examiné la réponse des huîtres et des moules cultivées en Europe à l'acidification des océans.

Les résultats, publiés dans la revue *Geophysical Research Letters*, sont sans appel : ils montrent pour la première fois que ces mollusques seront directement affectés par le bouleversement en cours de la composition chimique de l'eau de mer. Au delà de leur intérêt commercial, les moules et les huîtres rendent des services écologiques très importants : elles créent par exemple des habitats permettant l'installation d'autres espèces, contrôlent en grande partie les flux de matière et d'énergie et sont d'importantes proies pour les oiseaux au sein des écosystèmes qui les abritent. Un déclin de ces espèces aurait donc des conséquences graves sur la biodiversité des écosystèmes côtiers et sur les services qu'elles rendent aux populations humaines.

Note (1) : anthropique : lié aux activités humaines.

d'après <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1054.htm>

<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2555/moules-et-huitres-menacees-par-l-acidification-des-oceans/>

Dans cet exercice on s'intéresse :

- dans les parties 1 et 2, au processus dit « d'acidification de l'océan » et à ses conséquences sur les organismes calcificateurs comme les coraux et les mollusques qui fabriquent un squelette ou une coquille calcaire ;
- dans la partie 3 à la surveillance par satellite du dioxyde de carbone à l'origine de ce phénomène.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes les unes des autres.

1. Acidification des océans

Les documents utiles à la résolution de cette partie sont donnés à la fin de l'exercice.

1.1. Que peut-on déduire des courbes du **document 1** ?

1.2. Aujourd'hui, les océans ont un pH voisin de 8,1 soit 0,1 unité plus faible qu'au moment de la révolution industrielle.

1.2.1. À partir des **documents 2 et 3**, montrer qu'une augmentation de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère conduit à une diminution du pH dans l'eau.

1.2.2. Montrer qu'une diminution de 0,1 unité pH au voisinage de 8,1 représente une augmentation de la concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ d'environ 30 %.

2. Le carbone dans les océans

Le carbone est principalement présent dans les océans sous trois formes qui coexistent : l'ion carbonate CO_3^{2-} (aq), l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et l'acide carbonique H_2CO_3 (aq). Ce dernier étant instable en solution aqueuse, s'écrit CO_2 (aq) + H_2O (l).

On note K_a la constante d'acidité associée au couple acide / base noté HA / A^- . On peut montrer que $\text{pH} = \text{p}K_a + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right)$. Soient K_{a1} et K_{a2} les constantes d'acidité des couples associés aux espèces carbonées des réactions 1 et 2 du **document 3**.

On pose $C_T = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$.

Le diagramme du **document 4** représente les variations en fonction du pH des rapports :

$$\alpha_1 = \frac{[\text{CO}_2]}{C_T}, \quad \alpha_2 = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{C_T}, \quad \alpha_3 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{C_T}.$$

2.1. Dédurre de ce diagramme les valeurs de pK_{a1} et pK_{a2} .

2.2. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces $\text{CO}_2(\text{aq})$, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ et $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.

2.3. Évaluer α_1 , α_2 et α_3 dans les océans.

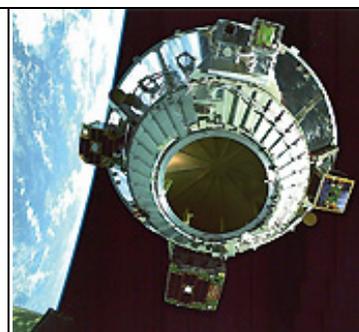
2.4. La variation de pH observée a-t-elle modifié de manière notable la valeur de α_2 ?

2.5. Quelle est la conséquence de l'augmentation du dioxyde de carbone dissous pour les organismes marins qui ont une coquille à base de carbonate de calcium ? Justifier à l'aide d'un des documents.

3. Étude du mouvement du satellite IBUKI

Le début de l'année 2009 a marqué le début d'une nouvelle ère dans l'étude du changement climatique, avec le lancement par les japonais du premier satellite du monde consacré à l'observation des gaz de l'atmosphère terrestre qui contribuent au réchauffement climatique. Le satellite appelé IBUKI, ce qui signifie «souffle» en japonais, est équipé de capteurs de haute précision qui peuvent sonder environ 56 000 points sur la planète. L'agence spatiale japonaise a décidé de diffuser gratuitement les données du satellite aux scientifiques du monde entier. Elles seront utilisées notamment pour étudier des modèles de cycle du carbone actuellement utilisés pour tenter non seulement de reconstituer les flux entre les différents réservoirs (sols, air, eau, biosphère) mais aussi pour tenter de reconstituer les flux d'émissions anthropiques.

D'après <http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2009/01/le-japon-lance.html>



Le satellite IBUKI

Pour réaliser ces mesures, le satellite IBUKI tourne autour de la Terre suivant une trajectoire circulaire qui passe au-dessus des pôles à l'altitude $z = 667$ km.

Pour régler les appareils de mesure, il a fallu déterminer la durée entre deux passages successifs du satellite au dessus de l'un des pôles.

Données :

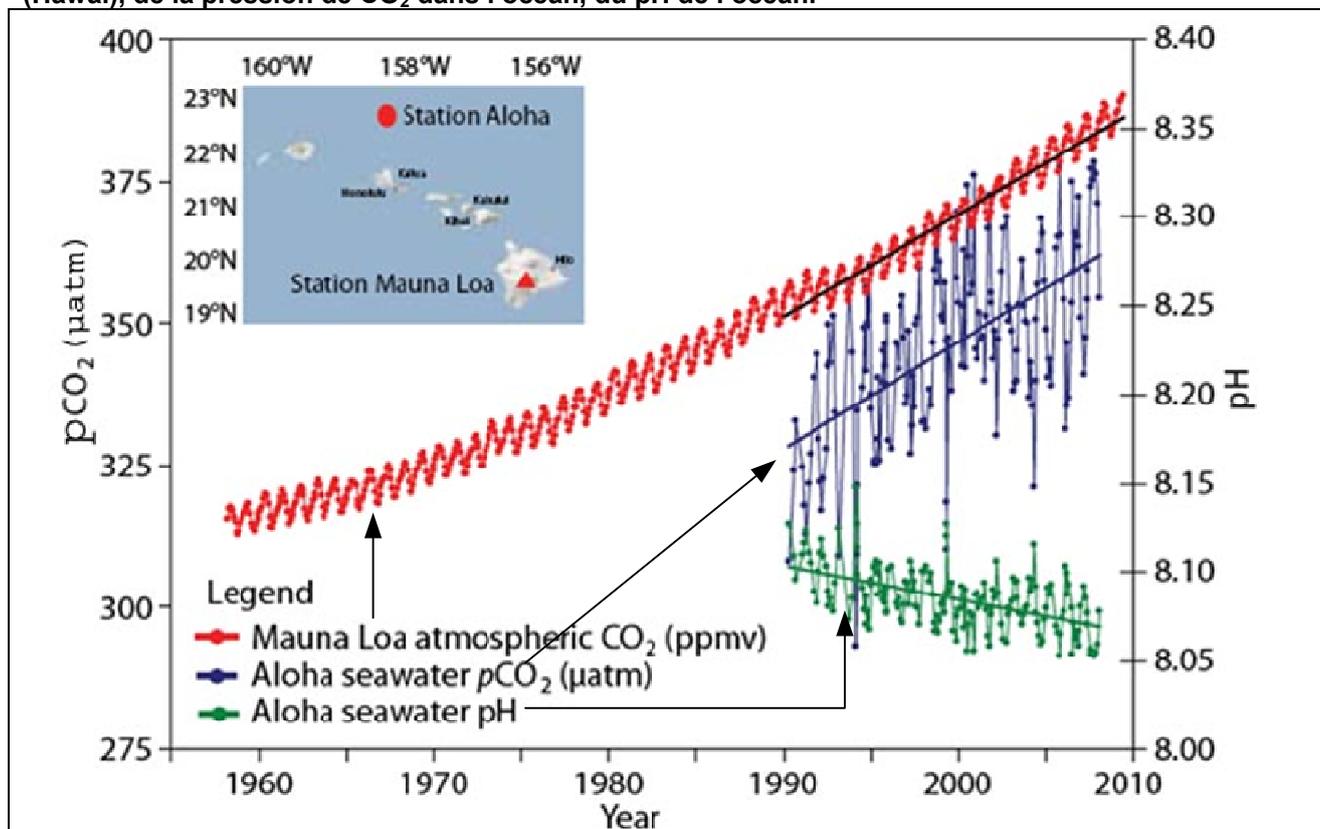
- rayon de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^3$ km ;
- masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg ;
- masse du satellite IBUKI : $m_s = 1,75 \times 10^3$ kg ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻² ;
- expression de l'intensité de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps de masses M_A et M_B , de centres A et B, distants de $d = AB$: $F = G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{d^2}$;
- le mouvement du satellite est considéré comme circulaire uniforme ;
- la valeur a de l'accélération d'un satellite, en mouvement circulaire uniforme, de vitesse orbitale v autour d'un astre, sur une orbite de rayon r , a pour expression : $a = \frac{v^2}{r}$.

3.1. Représenter sans souci d'échelle sur un schéma : la Terre, le satellite IBUKI et la force \vec{F} d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite IBUKI supposé ponctuel.

3.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, calculer la valeur de la période de rotation du satellite autour de la Terre, en détaillant les étapes du calcul.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE II

Document 1 - Évolution depuis 1958 de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère à Mauna Loa (Hawaï), de la pression de CO_2 dans l'océan, du pH de l'océan.



La courbe représentant la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère exprimée en ppmv (partie par million par volume) n'est qu'une indication de l'évolution de cette concentration sans souci d'échelle.

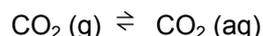
Afin de comparer le contenu en CO_2 de l'atmosphère et de l'eau de mer, on définit la pression de CO_2 dans l'océan :

$$p\text{CO}_2 = \frac{[\text{CO}_2]}{\beta} \text{ où } \beta \text{ est le coefficient de solubilité du } \text{CO}_2.$$

Document 2 - Loi de Henry

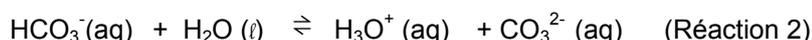
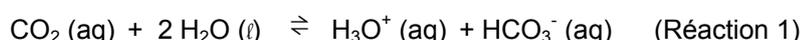
La dissolution d'un gaz dans l'eau obéit à la loi de Henry selon laquelle à température constante, la concentration C du gaz dissous est proportionnelle à la pression partielle p qu'exerce ce gaz au-dessus du liquide.

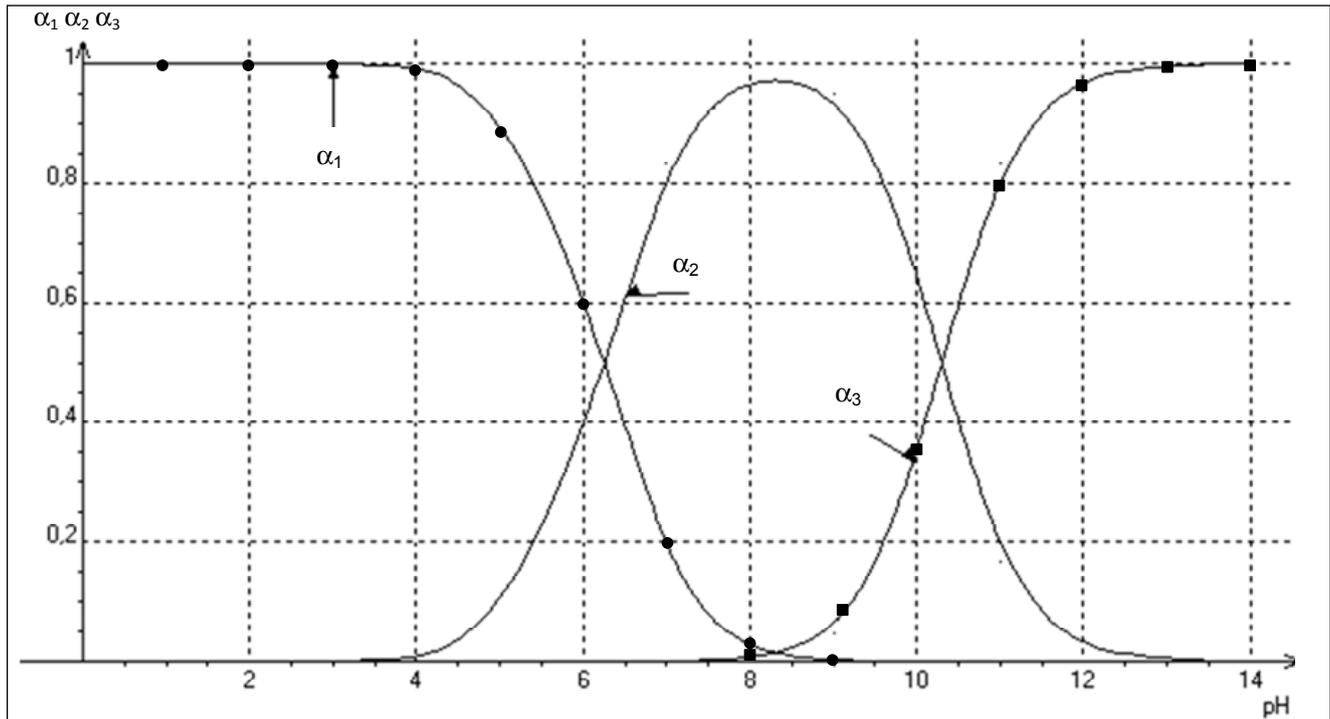
À chaque instant un pourcentage constant des molécules du gaz dissous dans la phase liquide repasse à l'état gazeux et s'échappe du liquide mais dans le même temps le même pourcentage des molécules de ce gaz passe en solution. Lorsque les deux flux se compensent, l'équilibre de saturation est atteint, soit pour le dioxyde de carbone :



Document 3 - Réactions d'équilibre des espèces carbonées

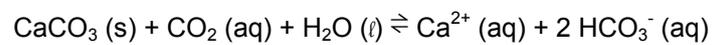
Dans les eaux de surface de l'océan, le carbone se présente sous trois formes minérales dissoutes en équilibre chimique selon les réactions ci-dessous :



Document 4 - Variation en fonction du pH des rapports α_1 , α_2 et α_3 .

Document 5 - Réaction de dissolution du carbonate de calcium.

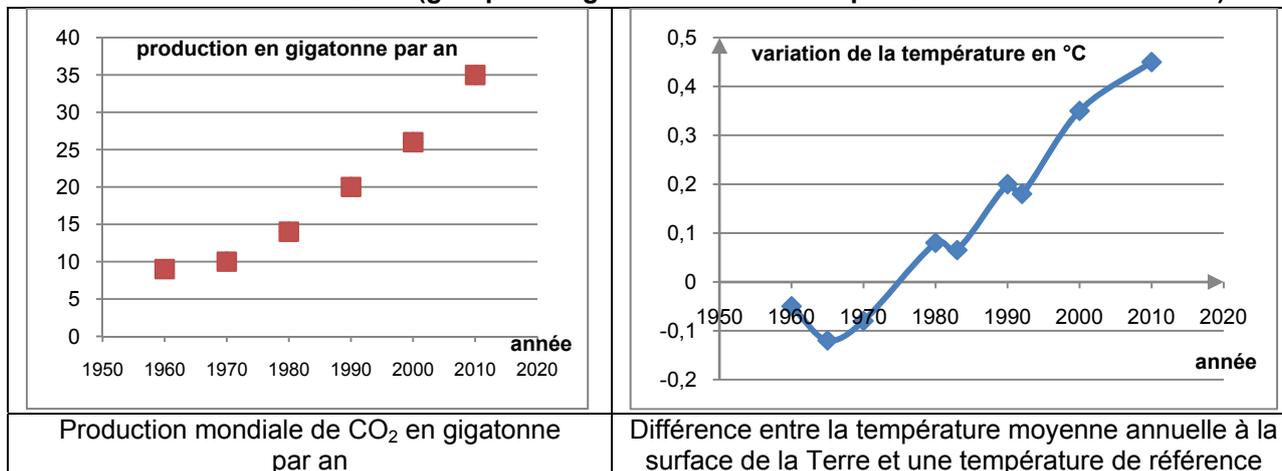
En présence d'un excès de dioxyde de carbone, le carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(\text{s})$ se dissout selon l'équation :



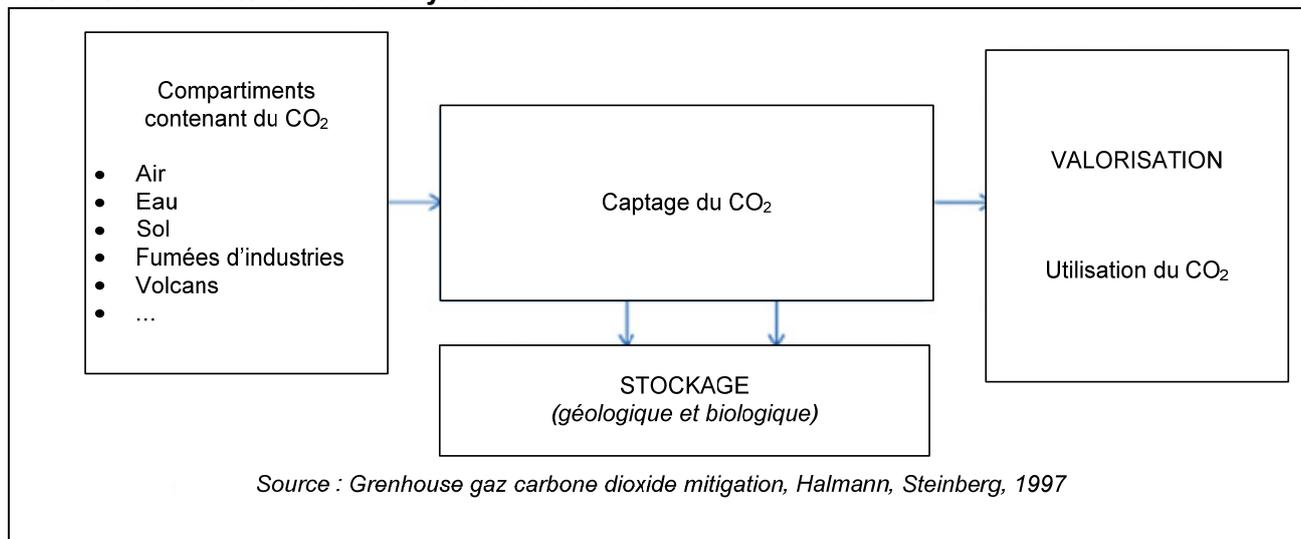
EXERCICE III - UNE VOIE DE VALORISATION POSSIBLE POUR LE DIOXYDE DE CARBONE (5 points)

Diminuer les émissions de gaz carbonique constitue l'un des défis majeurs du XXI^e siècle. Si aujourd'hui, une faible quantité (0,5 %) des émissions de CO₂ issues des activités humaines est valorisée au niveau mondial, certains experts estiment que la valorisation du CO₂ pourrait à terme absorber annuellement jusqu'à 5 à 10 % des émissions mondiales.

Document 1 - Données du GIEC (groupe intergouvernemental d'expert sur l'évolution du climat)



Document 2 - Traitement du dioxyde de carbone



Document 3 - L'hydrogénation, une voie de valorisation du dioxyde de carbone

Actuellement, le CO₂ est valorisé soit de manière directe, par exemple en étant utilisé comme gaz réfrigérant, soit de manière indirecte. Le CO₂ est alors converti en un autre produit d'intérêt industriel. L'hydrogénation du CO₂ (réaction avec le dihydrogène et production d'eau dite réaction de Sabatier) est la voie de conversion la plus étudiée. Elle peut conduire directement à la formation d'alcools, d'hydrocarbures... C'est ainsi que les synthèses du méthanol et de l'éthanal CH₃-CHO sont souvent envisagées, de même que la réaction qui mène au méthane. Cette dernière implique toutefois une plus large consommation de dihydrogène.

Document 4 - Unité de production de méthane au Japon

L'un des grands groupes pétroliers – BP – et l'université technologique de Tohoku développent, depuis 2003, une unité pilote de production de méthane à partir de CO_2 industriel et de dihydrogène produit par électrolyse de l'eau de mer. Cette électrolyse est alimentée par de l'énergie solaire.

L'unité consomme $4 \text{ m}^3/\text{h}$ de dihydrogène et $1 \text{ m}^3/\text{h}$ de CO_2 pour produire $1 \text{ m}^3/\text{h}$ de méthane. À l'heure actuelle, le méthane produit n'est pas utilisé industriellement mais pourrait être utilisé comme combustible pour produire de l'électricité ou comme carburant pour des véhicules.

La production d'électricité avec ce méthane serait préférable, elle permettrait le recyclage des émissions de CO_2 ; alors que l'utilisation du méthane comme carburant pour véhicule n'autoriserait pas ce recyclage car les émissions de CO_2 sont diffuses.

D'après le rapport de l'ADEME – Panorama sur les valorisations du CO_2 , juin 2010.

Données énergétiques

Énergie nécessaire pour :

- réaliser l'électrolyse de l'eau afin de fabriquer $1,0 \text{ m}^3$ de dihydrogène : 20,0 MJ ;
- capturer et stocker $1,0 \text{ m}^3$ de dioxyde de carbone industriel : 8,0 MJ ;
- réaliser l'hydrogénation de $1,0 \text{ m}^3$ de CO_2 selon la réaction de Sabatier : 7,0 MJ.

Énergie récupérable par la combustion de 1,0 L de méthane : 33,0 kJ.

Synthèse de documents**Questions préalables**

- À l'aide de vos connaissances et des documents fournis, proposez trois pistes mises en œuvre actuellement pour limiter l'émission de CO_2 dans l'atmosphère.
- Faire le bilan énergétique global de la production et de la combustion de $1,0 \text{ m}^3$ de méthane obtenu par hydrogénation du CO_2 .

Synthèse

À partir des documents et de vos connaissances, rédigez (environ 20 lignes) une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante :

Quels sont les enjeux environnementaux et l'intérêt énergétique de la valorisation du dioxyde de carbone ?

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2013
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8
—**L'usage d'une calculatrice EST autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

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

EXERCICE I - RMN ET IRM (6 points)

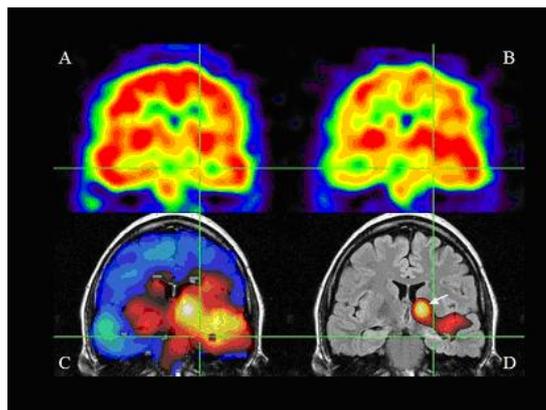
La spectroscopie par résonance magnétique nucléaire ou RMN consiste à soumettre une espèce chimique à une onde électromagnétique radiofréquence et à l'action d'un champ magnétique constant. À une fréquence particulière appelée fréquence de résonance, certains noyaux de l'espèce chimique vont être le siège d'une transition énergétique.

Les effets de cette transition sont détectés par une sonde.

La valeur de la fréquence de résonance dépend de la nature du noyau et de son environnement. La spectroscopie utilisée ici est uniquement celle du noyau d'hydrogène ^1H , souvent appelée RMN du proton.

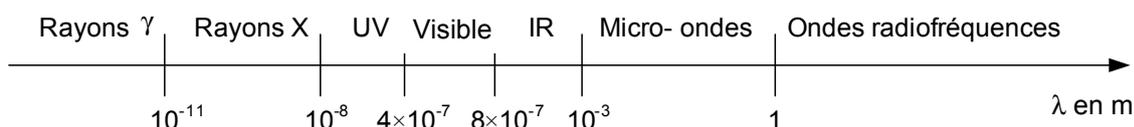
L'échantillon à analyser est dissous dans un solvant deutéré de formule brute CDCl_3 où le noyau d'hydrogène ^1H a été remplacé par le noyau de deutérium noté D.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une application de la RMN du proton dans le domaine du diagnostic médical. Dans le corps humain, l'hydrogène est essentiellement présent dans l'eau. L'intensité du signal reçu dépend donc de la teneur en eau dans les tissus. Toute anomalie de la teneur en eau est alors facilement détectée. L'organe à visualiser, voire le corps entier du patient, est placé dans un puissant électroaimant qui crée un champ magnétique. Un traitement numérique permet de produire des images de coupes de l'organe à partir de l'intensité des signaux enregistrés.



Données :

- symbole du noyau de deutérium : ^2H (noté D) ;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- domaine des ondes électromagnétiques :



- Éléments présents dans les organes, tissus mous et os

Principaux éléments constitutifs des organes et tissus mous			Principaux éléments présents dans les os	
Carbone	Hydrogène	Oxygène	Calcium	Phosphore

1. RMN du proton dans une molécule organique

1.1. Le solvant deutéré

1.1.1. Donner la composition du noyau de deutérium. Comment qualifie-t-on deux noyaux tels que l'hydrogène ^1H et le deutérium ^2H ?

1.1.2. Dessiner la représentation de Cram de CDCl_3 . Le carbone de cette molécule est-il asymétrique ? Justifier.

1.1.3. Quel est l'intérêt d'utiliser un solvant ne comportant pas de noyau d'hydrogène ^1H ?

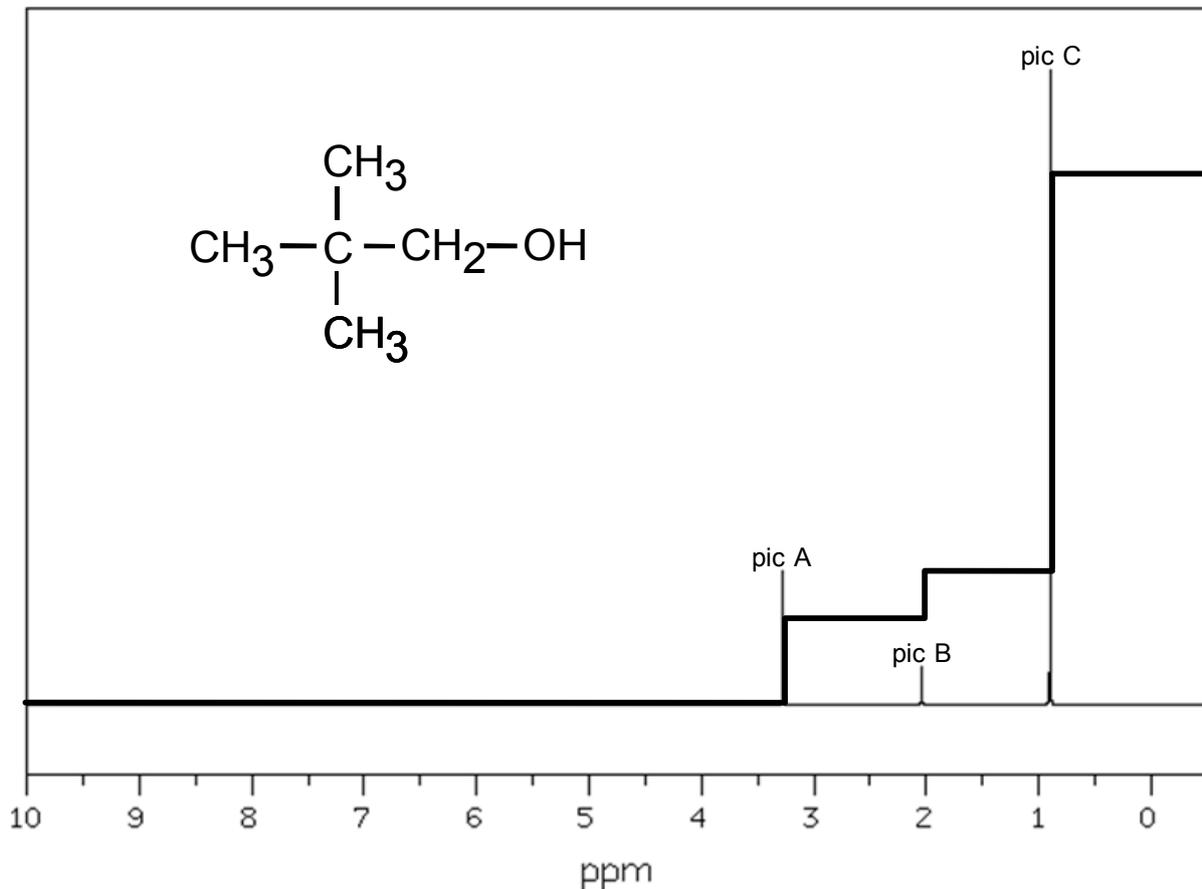
1.2. Rayonnement utilisé

1.2.1. La transition observée lors de la résonance se fait entre deux niveaux d'énergie séparés de $\Delta E = 1,20 \mu\text{eV}$. Calculer la fréquence ν du photon associé puis sa longueur d'onde λ .

1.2.2. Vérifier que le domaine des ondes utilisées est bien celui indiqué dans le texte introductif.

1.3. Exploitation du spectre RMN d'une molécule organique

Le spectre RMN à 300 MHz d'une molécule organique et son intégration sont représentés ci-dessous :



1.3.1. Donner le nom systématique (nomenclature officielle) de la molécule organique.

1.3.2. Exploiter le spectre RMN et sa courbe d'intégration pour attribuer à chaque pic son groupe de protons équivalents.

2. L'imagerie par résonance magnétique (IRM)

2.1. Pourquoi l'IRM permet-elle de visualiser les organes et tissus mous, mais pas les os ?

2.2. Image numérique

L'image numérique de l'IRM correspond à un ensemble de 512 pixels x 512 pixels où chaque pixel est codé par un octet.

La taille de l'image de cet IRM correspond à un carré de 50 cm de côté.

2.2.1. Calculer les dimensions d'un pixel.

2.2.2. Calculer la taille du fichier en octet de cette image IRM.

2.2.3. Combien de niveaux de gris sont utilisés pour visualiser cette image IRM ?

2.2.4. Une image IRM est réalisée toutes les deux secondes. Calculer le débit binaire D permettant de transmettre les données au dispositif de traitement et de stockage.

2.3. Mesure du champ magnétique

Un teslamètre est utilisé pour mesurer le champ magnétique créé par l'électroaimant.

On a relevé la mesure suivante : $B_m = 1492$ mT.

La notice du teslamètre indique :

- Calibres : 200 mT ou 2000 mT
- Précision : \pm (2 % de la mesure + 5 unités de résolution)
- Résolution : 0,1 mT pour le calibre 200 mT ou 1 mT pour le calibre 2000 mT

Pour un intervalle de confiance de 95 %, l'incertitude U élargie est donnée par l'expression $\frac{2 \times \text{précision}}{\sqrt{3}}$

Exprimer le résultat de la mesure du champ magnétique sous une forme appropriée et expliciter dans ce cas la notion d'intervalle de confiance.

EXERCICE II - L'ACIDIFICATION DES OCÉANS (9 points)**Moules et huîtres menacées par l'acidification des océans**

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions anthropiques (1) de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère ont fortement augmenté...

Frédéric Gazeau, chercheur à l'Institut Néerlandais d'Écologie, et ses collègues dont Jean-Pierre Gattuso, directeur de recherche au laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer (CNRS/Université Pierre et Marie Curie) ont examiné la réponse des huîtres et des moules cultivées en Europe à l'acidification des océans.

Les résultats, publiés dans la revue *Geophysical Research Letters*, sont sans appel : ils montrent pour la première fois que ces mollusques seront directement affectés par le bouleversement en cours de la composition chimique de l'eau de mer. Au delà de leur intérêt commercial, les moules et les huîtres rendent des services écologiques très importants : elles créent par exemple des habitats permettant l'installation d'autres espèces, contrôlent en grande partie les flux de matière et d'énergie et sont d'importantes proies pour les oiseaux au sein des écosystèmes qui les abritent. Un déclin de ces espèces aurait donc des conséquences graves sur la biodiversité des écosystèmes côtiers et sur les services qu'elles rendent aux populations humaines.

Note (1) : anthropique : lié aux activités humaines.

d'après <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1054.htm>

<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2555/moules-et-huitres-menacees-par-l-acidification-des-oceans/>

Dans cet exercice on s'intéresse :

- dans les parties 1 et 2, au processus dit « d'acidification de l'océan » et à ses conséquences sur les organismes calcificateurs comme les coraux et les mollusques qui fabriquent un squelette ou une coquille calcaire ;
- dans la partie 3, à la surveillance par satellite du dioxyde de carbone à l'origine de ce phénomène.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes les unes des autres.

1. Acidification des océans

Les documents utiles à la résolution de cette partie sont donnés à la fin de l'exercice.

1.1. Que peut-on déduire des courbes du **document 1** ?

1.2. Aujourd'hui, les océans ont un pH voisin de 8,1 soit 0,1 unité plus faible qu'au moment de la révolution industrielle.

1.2.1. À partir des **documents 2 et 3**, montrer qu'une augmentation de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère conduit à une diminution du pH dans l'eau.

1.2.2. Montrer qu'une diminution de 0,1 unité pH au voisinage de 8,1 représente une augmentation de la concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ d'environ 30 %.

2. Le carbone dans les océans

Le carbone est principalement présent dans les océans sous trois formes qui coexistent : l'ion carbonate CO_3^{2-} (aq), l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et l'acide carbonique H_2CO_3 (aq). Ce dernier étant instable en solution aqueuse, s'écrit CO_2 (aq) + H_2O (l).

On note K_a la constante d'acidité associée au couple acide / base noté HA / A^- . On peut montrer que $\text{pH} = \text{p}K_a + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right)$. Soient K_{a1} et K_{a2} les constantes d'acidité des couples associés aux espèces carbonées des réactions 1 et 2 du **document 3**.

On pose $C_T = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$.

Le diagramme du **document 4** représente les variations en fonction du pH des rapports :

$$\alpha_1 = \frac{[\text{CO}_2]}{C_T}, \quad \alpha_2 = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{C_T}, \quad \alpha_3 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{C_T}.$$

2.1. Dédire de ce diagramme les valeurs de pK_{a1} et pK_{a2} .

2.2. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces $\text{CO}_2(\text{aq})$, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ et $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.

2.3. Évaluer α_1 , α_2 et α_3 dans les océans.

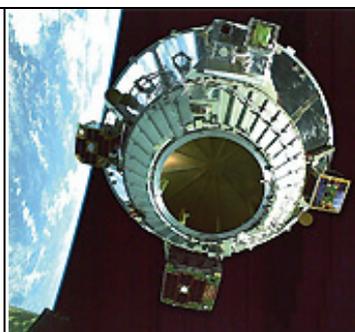
2.4. La variation de pH observée a-t-elle modifié de manière notable la valeur de α_2 ?

2.5. Quelle est la conséquence de l'augmentation du dioxyde de carbone dissous pour les organismes marins qui ont une coquille à base de carbonate de calcium ? Justifier à l'aide d'un des documents.

3. Étude du mouvement du satellite IBUKI

Le début de l'année 2009 a marqué le début d'une nouvelle ère dans l'étude du changement climatique, avec le lancement par les japonais du premier satellite du monde consacré à l'observation des gaz de l'atmosphère terrestre qui contribuent au réchauffement climatique. Le satellite appelé IBUKI, ce qui signifie «souffle» en japonais, est équipé de capteurs de haute précision qui peuvent sonder environ 56 000 points sur la planète. L'agence spatiale japonaise a décidé de diffuser gratuitement les données du satellite aux scientifiques du monde entier. Elles seront utilisées notamment pour étudier des modèles de cycle du carbone actuellement utilisés pour tenter non seulement de reconstituer les flux entre les différents réservoirs (sols, air, eau, biosphère) mais aussi pour tenter de reconstituer les flux d'émissions anthropiques.

D'après <http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2009/01/le-japon-lance.html>



Le satellite IBUKI

Pour réaliser ces mesures, le satellite IBUKI tourne autour de la Terre suivant une trajectoire circulaire qui passe au-dessus des pôles à l'altitude $z = 667$ km.

Pour régler les appareils de mesure, il a fallu déterminer la durée entre deux passages successifs du satellite au dessus de l'un des pôles.

Données :

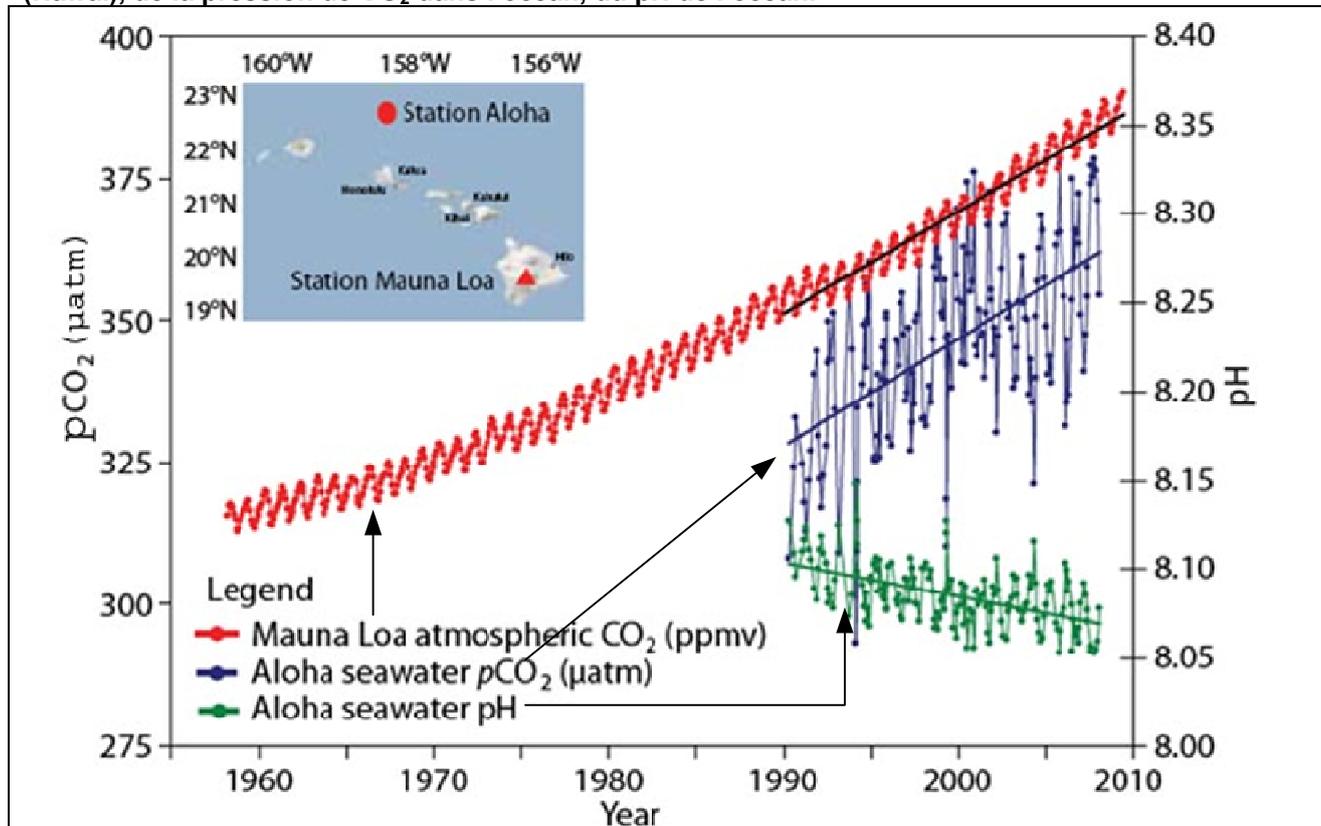
- rayon de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^3$ km ;
- masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg ;
- masse du satellite IBUKI : $m_s = 1,75 \times 10^3$ kg ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻² ;
- expression de l'intensité de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps de masses M_A et M_B , de centres A et B, distants de $d = AB$: $F = G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{d^2}$;
- le mouvement du satellite est considéré comme circulaire uniforme ;
- la valeur a de l'accélération d'un satellite, en mouvement circulaire uniforme, de vitesse orbitale v autour d'un astre, sur une orbite de rayon r , a pour expression : $a = \frac{v^2}{r}$.

3.1. Représenter sans souci d'échelle sur un schéma : la Terre, le satellite IBUKI et la force \vec{F} d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite IBUKI supposé ponctuel.

3.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, calculer la valeur de la période de rotation du satellite autour de la Terre, en détaillant les étapes du calcul.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE II

Document 1 - Évolution depuis 1958 de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère à Mauna Loa (Hawaï), de la pression de CO_2 dans l'océan, du pH de l'océan.



La courbe représentant la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère exprimée en ppmv (partie par million par volume) n'est qu'une indication de l'évolution de cette concentration sans souci d'échelle.

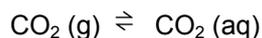
Afin de comparer le contenu en CO_2 de l'atmosphère et de l'eau de mer, on définit la pression de CO_2 dans l'océan :

$$p\text{CO}_2 = \frac{[\text{CO}_2]}{\beta} \text{ où } \beta \text{ est le coefficient de solubilité du } \text{CO}_2.$$

Document 2 - Loi de Henry

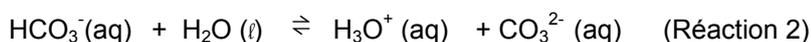
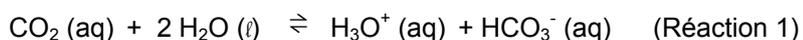
La dissolution d'un gaz dans l'eau obéit à la loi de Henry selon laquelle à température constante, la concentration C du gaz dissous est proportionnelle à la pression partielle p qu'exerce ce gaz au-dessus du liquide.

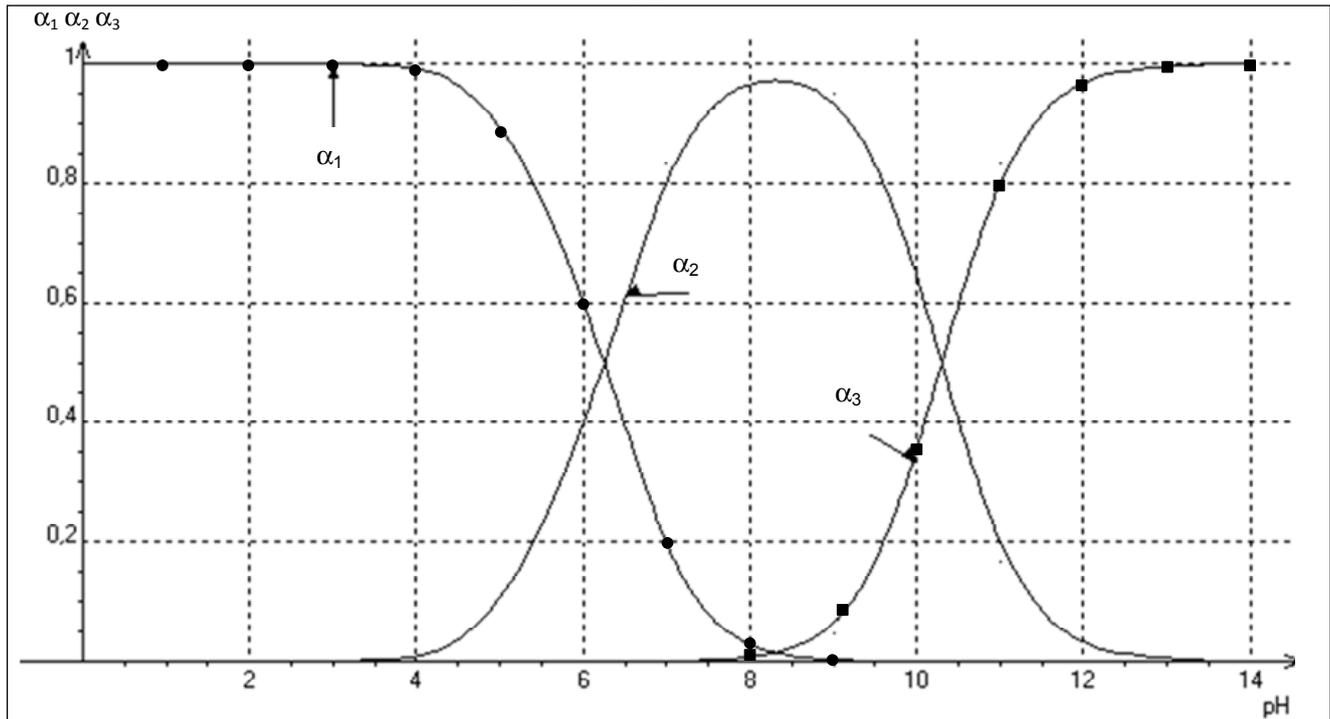
À chaque instant un pourcentage constant des molécules du gaz dissous dans la phase liquide repasse à l'état gazeux et s'échappe du liquide mais dans le même temps le même pourcentage des molécules de ce gaz passe en solution. Lorsque les deux flux se compensent, l'équilibre de saturation est atteint, soit pour le dioxyde de carbone :



Document 3 - Réactions d'équilibre des espèces carbonées

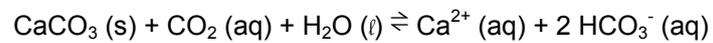
Dans les eaux de surface de l'océan, le carbone se présente sous trois formes minérales dissoutes en équilibre chimique selon les réactions ci-dessous :



Document 4 - Variation en fonction du pH des rapports α_1 , α_2 et α_3 .

Document 5 - Réaction de dissolution du carbonate de calcium.

En présence d'un excès de dioxyde de carbone, le carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(\text{s})$ se dissout selon l'équation :



EXERCICE III - UTILISATION D'UNE INSTALLATION COUPLANT VOITURE À HYDROGÈNE ET PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES (5 points)

Madame D. , dirigeante d'une société de dépannage à domicile, est soucieuse de l'impact que son entreprise peut avoir sur l'environnement. Afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et ainsi améliorer le bilan carbone de son entreprise, elle envisage d'installer 70 m² de panneaux solaires sur le toit de ses bâtiments et elle se demande si son installation solaire permettrait de générer l'électricité nécessaire au rechargement du véhicule à hydrogène de sa société qui parcourt en moyenne 20 000 km par an.

Vous rédigerez un rapport argumenté et critique répondant à l'interrogation de Madame D. (20 lignes maximum).

L'ensemble des calculs nécessaires sera présenté séparément, à la suite du rapport.

Document 1 - Panneau photovoltaïque

Le rendement de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique des cellules photovoltaïques est de l'ordre de 20 %.

La puissance solaire moyenne reçue par unité de surface de panneau est 200 W.m⁻².

L'énergie, la puissance et le temps sont reliés par la relation suivante : $E = P.t$

Document 2 - Une voiture à hydrogène

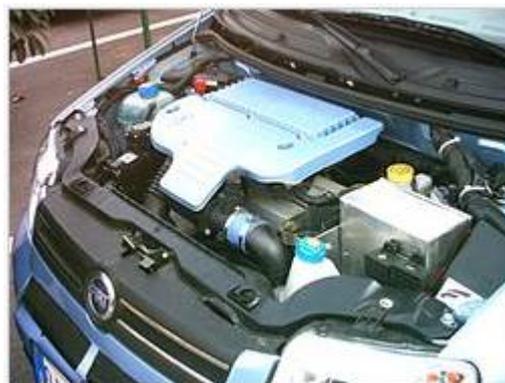
Une voiture à hydrogène dispose d'un moteur électrique alimenté par une pile à combustible.

Cette pile fonctionne grâce à une réaction d'oxydo-réduction. Le dihydrogène contenu dans le réservoir de la voiture réagit avec le dioxygène de l'air qui est insufflé par un compresseur placé dans le compartiment moteur. L'énergie électrique est produite par l'alternateur, et l'eau générée par la transformation est expulsée via le tuyau "d'échappement".

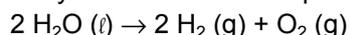
Le dihydrogène nécessaire au fonctionnement de la pile est stocké à l'état gazeux sous une pression de 350 bar dans un réservoir de 110 L placé à l'arrière. Cette capacité de stockage confère au véhicule une autonomie de 200 km.

Pour des raisons pratiques et de sécurité, le constructeur a opté pour une solution dans laquelle le dihydrogène est directement produit dans le véhicule par électrolyse de l'eau.

À l'intérieur du réservoir, le volume occupé par une mole de dihydrogène gazeux, appelé volume molaire, est égal à 0,070 L.mol⁻¹ lorsque le réservoir est plein.

**Document 3 - Production de dihydrogène par électrolyse**

Le dihydrogène est produit par une électrolyse de l'eau dont l'équation est la suivante :



L'énergie chimique à fournir pour former une mole de dihydrogène est $286 \times 10^3 \text{ J.mol}^{-1}$.

Seuls 60 % de l'énergie électrique nécessaire à cette électrolyse sont transformés en énergie chimique utilisable pour la réaction chimique.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

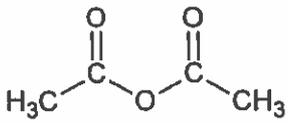
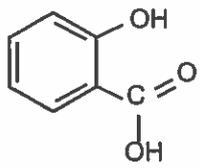
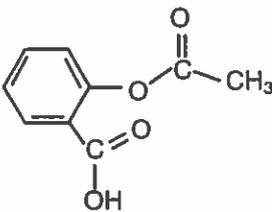
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14

EXERCICE I : ASPIRINE ET PRÉVENTION CARDIOVASCULAIRE (8,5 points)

L'une des propriétés pharmacologiques de l'aspirine est d'être un fluidifiant du sang. C'est pourquoi l'aspirine peut être utilisée de manière préventive pour diminuer le risque de formation de caillots sanguins responsables des accidents vasculaires cérébraux (AVC).

L'aspirine est alors prescrite à faible dose : 75 à 150 mg / jour.

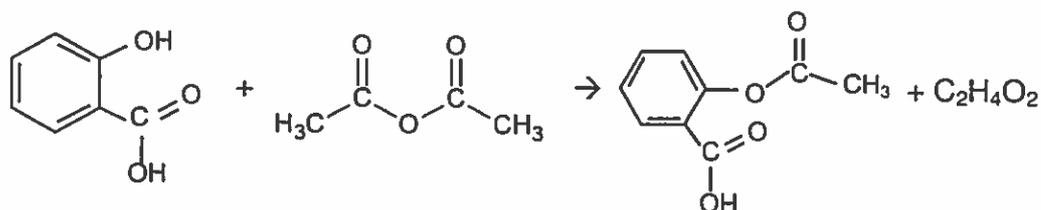
Données :

Nom	Formule de la molécule	Propriétés
Anhydride éthanoïque (ou acétique)		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 102 g.mol⁻¹ • Masse volumique : $\mu = 1,082 \text{ kg.L}^{-1}$ • Liquide incolore d'odeur piquante • Température d'ébullition sous pression normale : 136,4 °C • Soluble dans l'eau et l'éthanol
Acide salicylique		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 138 g.mol⁻¹ • Solide blanc • Température de fusion 159 °C • Peu soluble dans l'eau à froid, soluble à chaud. • Très soluble dans l'alcool et l'éther
Aspirine		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 180 g.mol⁻¹ • Solide blanc, se décompose à la chaleur à partir de 128 °C • Solubilité dans l'eau : 3,3 g.L⁻¹ à 25 °C • Très soluble dans l'éthanol

Les parties 1, 2, 3, 4 de l'exercice sont indépendantes.

1. Synthèse de l'aspirine

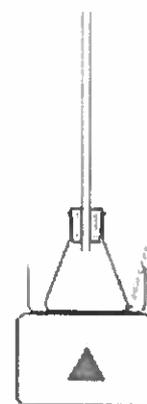
L'aspirine peut être synthétisée à partir d'acide salicylique et d'anhydride éthanoïque. L'équation de la réaction est :



La chromatographie sur couche mince (CCM) est l'une des techniques qui permet de contrôler la réaction chimique.

Protocole :

- Préparer un bain-marie à la température de 70°C ;
- Dans un erlenmeyer, bien sec, sous la hotte, introduire :
 - 10,0 g d'acide salicylique ;
 - 14,0 mL d'anhydride acétique ;
 - quelques grains de pierre ponce.
- Réaliser un premier prélèvement du milieu réactionnel en vue d'une analyse par CCM ;
- Adapter un réfrigérant à air sur l'erlenmeyer ;
- À la date $t = 0$, placer l'erlenmeyer dans le bain-marie ;
- Laisser réagir pendant une vingtaine de minutes tout en réalisant quatre nouveaux prélèvements du milieu réactionnel toutes les quatre minutes.



1.1. Obtention de l'aspirine :

- 1.1.1. Montrer que l'anhydride éthanoïque est introduit en excès.
- 1.1.2. Calculer la masse attendue d'aspirine lors de cette synthèse.

1.2. Suivi par chromatographie :

- 1.2.1. Proposer un protocole expérimental pour réaliser les différentes chromatographies afin, notamment, de s'assurer de la formation de l'aspirine. La liste du matériel et des produits disponibles est proposée dans le **document 1** ci-dessous.

Document 1 : matériel disponible pour effectuer la chromatographie.

Plaques pour CCM - capillaires - éluant - cuve à chromatographie - aspirine pur du commerce dissous dans un solvant - acide salicylique pur dissous dans un solvant - lampe UV ou solution de permanganate de potassium.

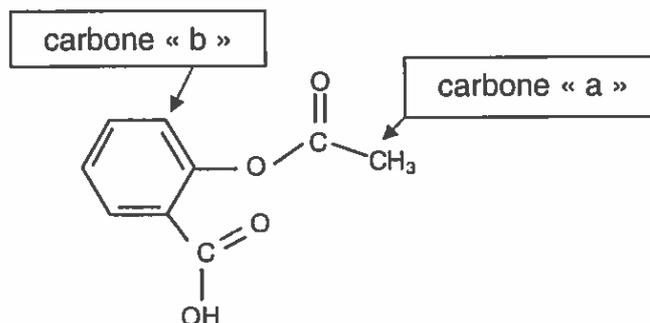
- 1.2.2. Quelles particularités doit présenter le chromatogramme obtenu avec le dernier prélèvement, en admettant que le système réactionnel est alors dans son état final ?

2. Analyse spectrale des espèces chimiques intervenant dans la synthèse de l'aspirine

2.1. Spectre RMN de la molécule d'aspirine.

2.1.1. Recopier la formule de la molécule d'aspirine et identifier les deux groupes caractéristiques présents dans cette molécule. Les nommer.

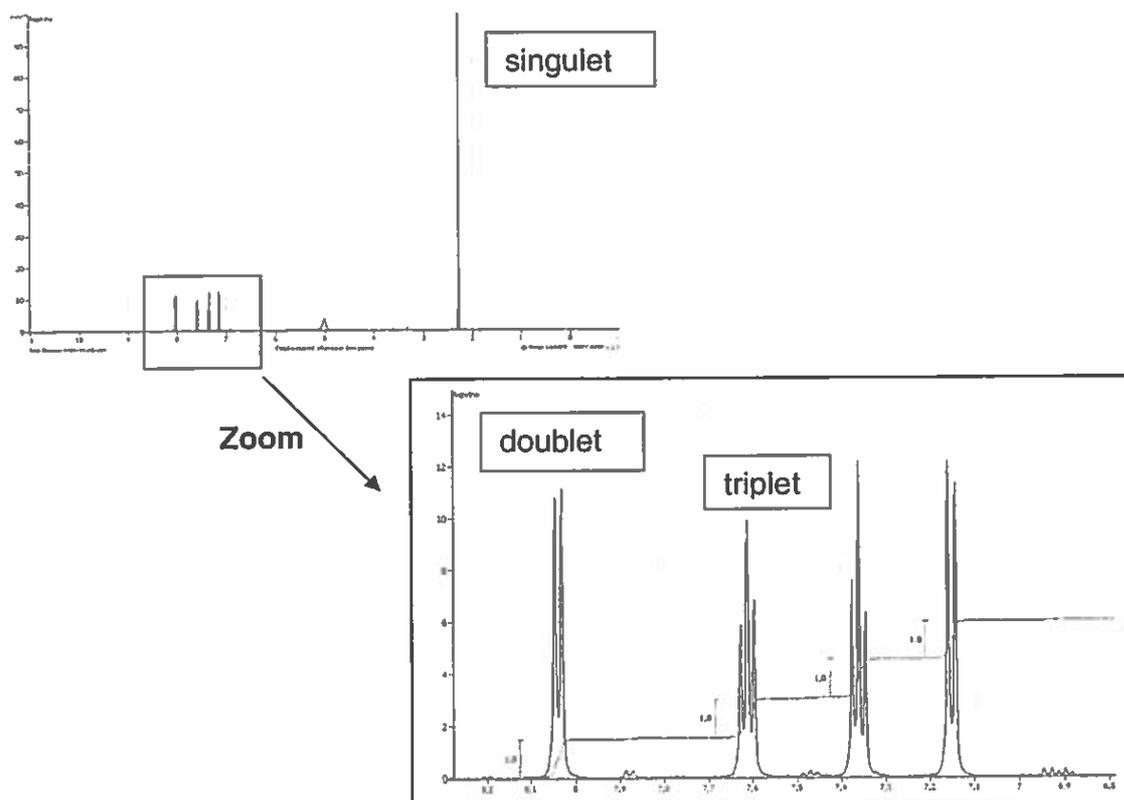
2.1.2. Deux carbones particuliers sont repérés par les lettres « a » et « b » dans la formule de la molécule d'aspirine reproduite ci-dessous :



Expliquer pourquoi les atomes d'hydrogène liés au carbone « a » correspondent au singulet du spectre RMN de la molécule d'aspirine reproduit dans le **document 2** ci-après.

Justifier de même que le doublet de ce spectre RMN correspond à l'atome d'hydrogène lié au carbone « b ».

Document 2 : spectre RMN de la molécule d'aspirine.



2.2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque.

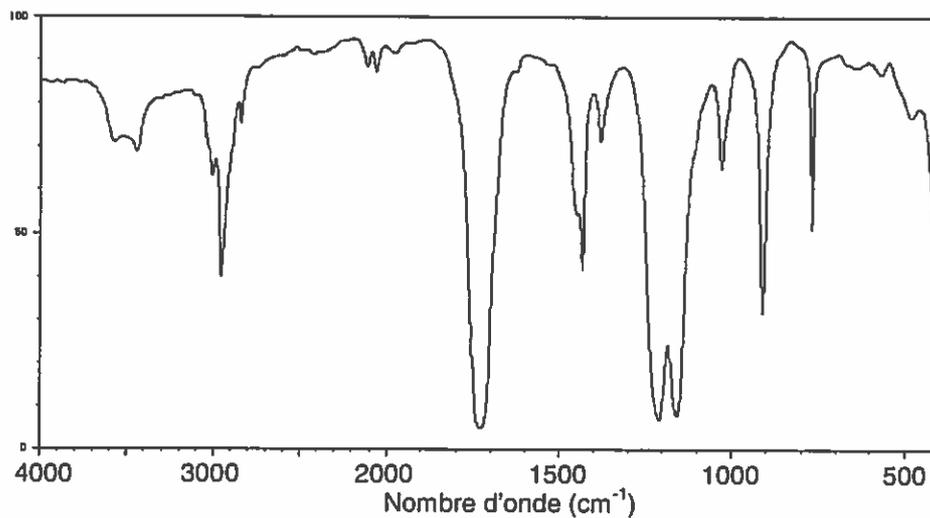
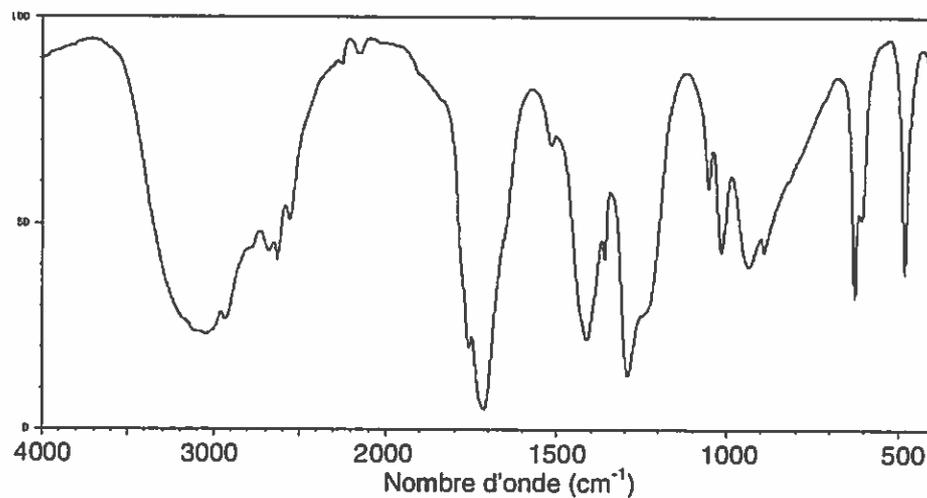
L'autre produit issu de la synthèse de l'aspirine est l'acide éthanoïque de formule brute $C_2H_4O_2$.

2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle qui est un isomère de l'acide éthanoïque.

2.2.2. Les spectres infrarouges de ces deux espèces chimiques sont regroupés dans le **document 3** ci-dessous. Une table de données de spectroscopie infrarouge est également fournie (**document 4**).

Identifier celui qui appartient à l'acide éthanoïque en justifiant.

Document 3 : spectres IR de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle.



Document 4 : table de données pour la spectroscopie IR.

famille	liaison	nombres d'onde (cm ⁻¹)
cétone	C = O	1705 - 1725
aldéhyde	C _{tri} -H	2700 - 2900
	C = O	1720 - 1740
Acide carboxylique	O - H	3200 - 2500
	C = O	1740 - 1800
Ester	C = O	1730 - 1750
Alcool	O - H _{lié}	3200 - 3450
	O - H _{libre}	3600 - 3700

3. Dosage d'un sachet d'aspirine

L'étiquette d'un sachet d'aspirine prescrit au titre de la prévention des AVC porte la mention : « Teneur en aspirine : 100 mg »

Un élève se propose de vérifier la teneur en aspirine, notée HA, de ce sachet.

Pour cela, il prépare une solution S en introduisant l'aspirine contenue dans le sachet dans une fiole jaugée, puis en ajoutant de l'eau distillée pour obtenir une solution de volume 500,0 mL.

Il prélève ensuite un volume $V_A = (100,0 \pm 0,1)$ mL de cette solution S qu'il dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire $c_B = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ en présence de phénolphtaléine. Le volume V_E de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence est : $V_E = 10,7 \pm 0,1$ mL.

3.1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique support de ce dosage.

3.2. Déterminer la masse m_{exp} d'aspirine ainsi déterminée.

3.3. Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta m_{\text{exp}}}{m_{\text{exp}}}$ dont on admet que, dans les conditions de l'expérience, la valeur est donnée par la relation :

$$\left(\frac{\Delta m_{\text{exp}}}{m_{\text{exp}}}\right)^2 = \left(\frac{\Delta V_E}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_B}{C_B}\right)^2$$

En déduire un encadrement de la masse m_{exp} obtenue par l'élève.

3.4. L'encadrement obtenu à la question précédente est-il en accord avec la mention portée sur le sachet d'aspirine ? Proposer une explication à l'écart éventuellement observé.

4. Autre forme d'aspirine, moins agressive pour l'estomac

L'aspirine ou (acide acétylsalicylique) possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le pKa du couple acide/base ainsi constitué est égal à 3,5.

- 4.1. Lors de la digestion, le pH de l'estomac est voisin de 2. Quelle est la forme prédominante du couple aspirine/ion acétylsalicylate dans l'estomac ? Justifier.
- 4.2. Quand l'aspirine reste trop longtemps sous cette forme prédominante dans l'estomac, elle y provoque des lésions gastriques. C'est pourquoi on trouve dans le commerce des formulations différentes, moins agressives pour la paroi de l'estomac, comme la catalgine.

Catalgine (acétylsalicylate de sodium)

- Le médicament est soluble dans l'eau et l'ingestion est facilitée.
- Dans l'estomac, dont le pH est très acide, les ions acétylsalicylate réagissent avec les ions H_3O^+ pour redonner de l'aspirine moléculaire qui précipite. Ce précipité, obtenu sous forme de grains microscopiques, est plus rapidement assimilable.

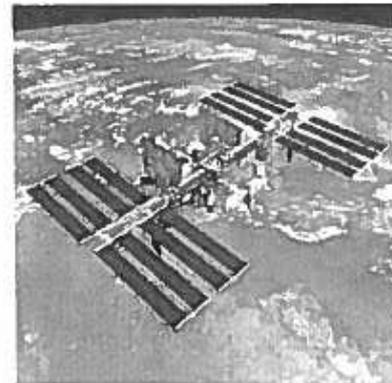
- 4.2.1. Écrire la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate.
- 4.2.2. Expliquer pourquoi la catalgine est soluble dans l'eau.
- 4.2.3. Donner l'équation de la réaction se produisant dans l'estomac après ingestion de catalgine.

EXERCICE II : STATION SPATIALE ISS (6,5 points)
--

La station spatiale internationale ISS (International Space Station) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placés en orbite terrestre à une altitude de 400 km.

Elle est occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement spatial.

Jusqu'à présent, trois vaisseaux cargos ATV ont permis de ravitailler la station ISS.



Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.

PARTIE A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS

La station spatiale internationale, supposée ponctuelle et notée S, évolue sur une orbite qu'on admettra circulaire, dont le plan est incliné de $51,6^\circ$ par rapport au plan de l'équateur. Son altitude est environ égale à 400 km.

Données :

- rayon de la Terre : $R = 6\,380$ km
- masse de la station : $m = 435$ tonnes
- masse de la Terre, supposée ponctuelle : $M = 5,98 \times 10^{24}$ kg
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$
- altitude de la station ISS : h
- expression de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps A et B ponctuels de masses respectives m_A et m_B , distants de $d = AB$:

$$F = G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

1. Représenter sur un schéma :

- la Terre et la station S, supposée ponctuelle ;
- un vecteur unitaire \vec{u} orienté de la station S vers la Terre (T) ;
- la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la station S.

Donner l'expression vectorielle de cette force en fonction du vecteur unitaire \vec{u} .

2. En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a}_s de la station dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de G, M, h, R et du vecteur unitaire \vec{u} .

3. Vitesse du satellite.

3.1. Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, la valeur de la vitesse de

$$\text{la station a pour expression : } v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} .$$

3.2. Calculer la valeur de la vitesse de la station en m.s^{-1} .

4. Combien de révolutions autour de la Terre un astronaute présent à bord de la station spatiale internationale fait-il en 24 h ?

PARTIE B : Ravitaillement de la station ISS

Le 23 mars 2012, un lanceur Ariane 5 a décollé du port spatial de l'Europe à Kourou (Guyane), emportant à son bord le véhicule de transfert automatique (ATV) qui permet de ravitailler la Station Spatiale Internationale (ISS).

Au moment du décollage, la masse de la fusée est égale à $7,8 \times 10^2$ tonnes, dont environ 3,5 tonnes de cargaison : ergols, oxygène, air, eau potable, équipements scientifiques, vivres et vêtements pour l'équipage à bord de l'ATV.



D'après http://www.esa.int/esaCP/Pr_10_2012_p_FR.html

On se propose dans cette partie d'étudier le décollage de la fusée.

Pour ce faire, on se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

À la date $t = 0$ s, le système est immobile.

À la date $t = 1$ s, la fusée a éjecté une masse de gaz notée m_g , à la vitesse \vec{v}_g . Sa masse est alors notée m_f et sa vitesse \vec{v}_f .

Données :

- Intensité de la pesanteur à Kourou : $g = 9,78 \text{ N.kg}^{-1}$
- Débit d'éjection des gaz au décollage : $D = 2,9 \times 10^3 \text{ kg.s}^{-1}$
- Vitesse d'éjection des gaz au décollage : $v_g = 4,0 \text{ km.s}^{-1}$

1. Modèle simplifié du décollage

Dans ce modèle simplifié, on suppose que le système {fusée + gaz} est isolé.

1.1. En comparant la quantité de mouvement du système considéré aux dates $t = 0$ s et t , montrer que :

$$m_f \vec{v}_f = - m_g \vec{v}_g$$

$$\vec{v}_f = - \frac{m_g}{m_f} \vec{v}_g$$

Quelle est la conséquence de l'éjection de ces gaz sur le mouvement de la fusée ?

- 1.2. Après avoir montré numériquement que la variation de la masse de la fusée est négligeable au bout d'une seconde après le décollage, calculer la valeur de la vitesse de la fusée à cet instant.
2. Étude plus réaliste du décollage
- 2.1. En réalité la vitesse v_f est très inférieure à celle calculée à la question 1.1. En supposant que le système {fusée + gaz} est isolé, quelle force n'aurait-on pas dû négliger ?
- 2.2. On considère désormais le système ~~(fusée)~~ Il est soumis à son poids \vec{P} et à la force de poussée \vec{F} définie par $\vec{F} = D \times \vec{v}_g$ où D est la masse de gaz éjecté par seconde.
- 2.2.1. Montrer que le produit $(D \times v_g)$ est homogène à une force.
- 2.2.2. Vérifier par une application numérique que la fusée peut effectivement décoller.

EXERCICE III : SURFER SUR LA VAGUE (5 points)

La houle est un train de vagues régulier généré par un vent soufflant sur une grande étendue de mer sans obstacle, le fetch. En arrivant près du rivage, sous certaines conditions, la houle déferle au grand bonheur des surfeurs !

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés à la fin de l'exercice.

Donnée : intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1. La houle, onde mécanique progressive

1.1. Pourquoi peut-on dire que la houle est une onde mécanique progressive ?

1.2. Il est possible de simuler la houle au laboratoire de physique avec une cuve à ondes en utilisant une lame vibrante qui crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $f = 23 \text{ Hz}$. On réalise une photographie du phénomène observé (**document 1**).

Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la vitesse de propagation v de l'onde sinusoïdale générée par le vibreur.

1.3. Au large de la pointe bretonne, à une profondeur de 3000 m, la houle s'est formée avec une longueur d'onde de 60 m.

En utilisant le **document 2**, calculer la vitesse de propagation v_1 de cette houle. En déduire sa période T .

1.4. Arrivée de la houle dans une baie.

1.4.1. Sur la photographie aérienne du **document 3**, quel phénomène peut-on observer ? Quelle est la condition nécessaire à son apparition ?

1.4.2. Citer un autre type d'onde pour laquelle on peut observer le même phénomène.

2. Surfer sur la vague

La houle atteint une côte sablonneuse et rentre dans la catégorie des ondes longues.

2.1. Calculer la nouvelle vitesse de propagation v_2 de la houle lorsque la profondeur est égale à 4,0 m, ainsi que sa nouvelle longueur d'onde λ_2 . Les résultats obtenus sont-ils conformes aux informations données dans le **document 4** ?

2.2. Pour la pratique du surf, la configuration optimale est :

- à marée montante c'est-à-dire entre le moment de basse mer et celui de pleine mer ;
- avec une direction du vent ^{venant de} Sud-Ouest.

venant du

13PYSCOAN1

Un surfeur consulte au préalable un site internet qui lui donne toutes les prévisions concernant le vent, la houle et les horaires des marées (document 5).

Proposer, en justifiant, un créneau favorable à la pratique du surf entre le jeudi 21 et le samedi 23 juin 2012.

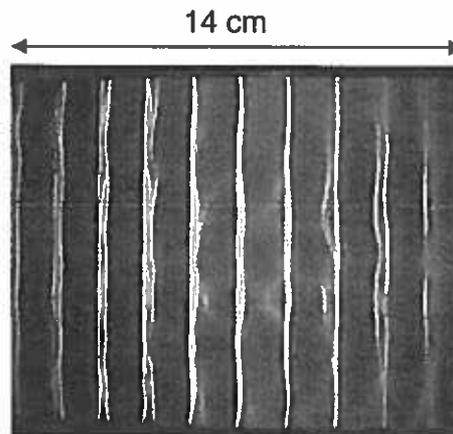
2.3. Un autre phénomène très attendu par les surfeurs, lors des marées importantes est le mascaret.

Le mascaret est une onde de marée qui remonte un fleuve. Cette onde se propage à une vitesse v de l'ordre de $5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le passage du mascaret étant observé sur la commune d'Arcins à 17 h 58, à quelle heure arrivera-t-il à un endroit situé à une distance $d = 13 \text{ km}$ en amont du fleuve ?

DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

Document 1 : Simulation de la houle au laboratoire avec une cuve à ondes.



Document 2 : Vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau.

- cas des ondes dites « courtes » (en eau profonde) :

longueur d'onde λ faible devant la profondeur h de l'océan ($\lambda < 0,5h$)

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

- cas des ondes dites « longues » (eau peu profonde) :

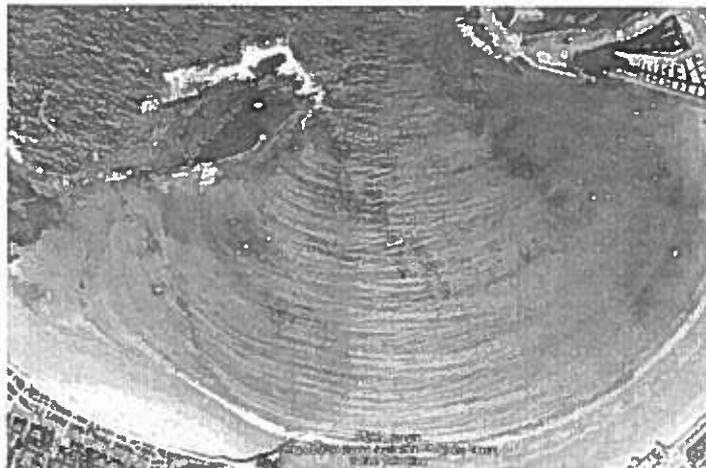
longueur d'onde λ très grande devant la profondeur h de l'océan ($\lambda > 10h$)

$$v = \sqrt{g.h}$$

g est l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

D'après <http://www.ifremer.fr/>

Document 3 : Photographie aérienne de l'arrivée de la houle dans une baie.



Document 4 : Déferlement des vagues sur la côte.

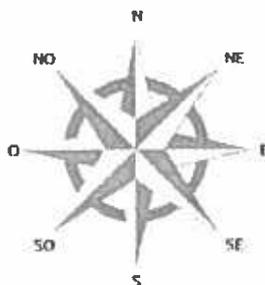
En arrivant près de la côte, la houle atteint des eaux peu profondes. Dès que la profondeur est inférieure à la moitié de la longueur d'onde, les particules d'eau sont freinées par frottement avec le sol. La houle est alors ralentie et sa longueur d'onde diminue. Ces modifications des caractéristiques de l'onde s'accompagnent d'une augmentation de l'amplitude. La période est la seule propriété de l'onde qui ne change pas à l'approche de la côte.

Ainsi en arrivant près du rivage, la vitesse des particules sur la crête est plus importante que celle des particules dans le creux de l'onde, et lorsque la crête n'est plus en équilibre, la vague déferle.

D'après <http://www.ifremer.fr/>

Document 5 : Prévisions maritimes.

GFS 21.06.2012 00 UTC	Je 21	Je 21	Je 21	Je 21	Je 21	Je 21	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Sa 23	Sa 23	Sa 23	Sa 23	Sa 23	
	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h
Vitesse du vent (nœuds)	4	7	16	23	21	21	17	15	15	15	15	12	10	10	10	13	14	15
Rafales (nœuds)	5	10	25	28	28	23	21	18	19	18	15	13	13	12	15	18	21	
Direction du vent	↗	↑	↑	↗	↗	↗	→	→	→	→	→	→	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Vagues (m)	0.7	0.7	0.9	1.3	1.7	2.1	2.8	2.8	2.8	2.4	2.3	2.2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Période des vagues (s)	6	7	4	6	6	8	7	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
Direction des vagues	→	→	↗	↗	↗	↗	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
*Température (°C)	13	14	14	14	15	14	14	14	15	15	15	14	13	14	15	16	16	15

**Tableau des marées – Juin 2012**

Jour	Pleine mer (h:min)		Basse mer (h:min)	
	Jeudi 21 juin	06:54	19:08	00:58
Vendredi 22 juin	07:31	19:44	01:34	13:46
Samedi 23 juin	08:08	20:22	02:10	14:24
Dimanche 24 juin	08:47	21:02	02:49	15:04

D'après <http://www.windguru.cz/fr/>

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

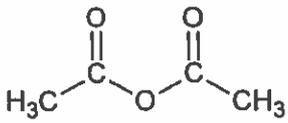
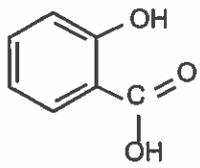
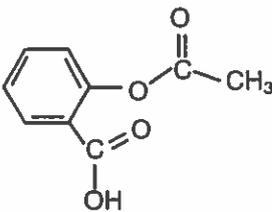
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14

EXERCICE I : ASPIRINE ET PRÉVENTION CARDIOVASCULAIRE (8,5 points)

L'une des propriétés pharmacologiques de l'aspirine est d'être un fluidifiant du sang. C'est pourquoi l'aspirine peut être utilisée de manière préventive pour diminuer le risque de formation de caillots sanguins responsables des accidents vasculaires cérébraux (AVC).

L'aspirine est alors prescrite à faible dose : 75 à 150 mg / jour.

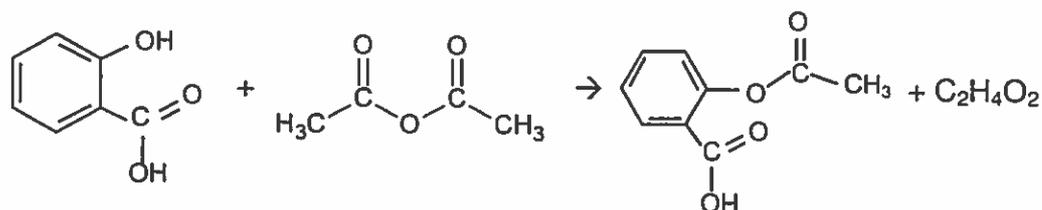
Données :

Nom	Formule de la molécule	Propriétés
Anhydride éthanoïque (ou acétique)		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 102 g.mol⁻¹ • Masse volumique : $\mu = 1,082 \text{ kg.L}^{-1}$ • Liquide incolore d'odeur piquante • Température d'ébullition sous pression normale : 136,4 °C • Soluble dans l'eau et l'éthanol
Acide salicylique		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 138 g.mol⁻¹ • Solide blanc • Température de fusion 159 °C • Peu soluble dans l'eau à froid, soluble à chaud. • Très soluble dans l'alcool et l'éther
Aspirine		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 180 g.mol⁻¹ • Solide blanc, se décompose à la chaleur à partir de 128 °C • Solubilité dans l'eau : 3,3 g.L⁻¹ à 25 °C • Très soluble dans l'éthanol

Les parties 1, 2, 3, 4 de l'exercice sont indépendantes.

1. Synthèse de l'aspirine

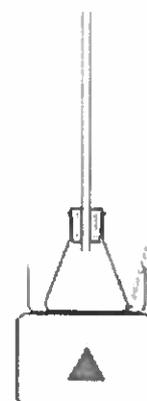
L'aspirine peut être synthétisée à partir d'acide salicylique et d'anhydride éthanoïque. L'équation de la réaction est :



La chromatographie sur couche mince (CCM) est l'une des techniques qui permet de contrôler la réaction chimique.

Protocole :

- Préparer un bain-marie à la température de 70°C ;
- Dans un erlenmeyer, bien sec, sous la hotte, introduire :
 - 10,0 g d'acide salicylique ;
 - 14,0 mL d'anhydride acétique ;
 - quelques grains de pierre ponce.
- Réaliser un premier prélèvement du milieu réactionnel en vue d'une analyse par CCM ;
- Adapter un réfrigérant à air sur l'erlenmeyer ;
- À la date $t = 0$, placer l'erlenmeyer dans le bain-marie ;
- Laisser réagir pendant une vingtaine de minutes tout en réalisant quatre nouveaux prélèvements du milieu réactionnel toutes les quatre minutes.



1.1. Obtention de l'aspirine :

- 1.1.1. Montrer que l'anhydride éthanoïque est introduit en excès.
- 1.1.2. Calculer la masse attendue d'aspirine lors de cette synthèse.

1.2. Suivi par chromatographie :

- 1.2.1. Proposer un protocole expérimental pour réaliser les différentes chromatographies afin, notamment, de s'assurer de la formation de l'aspirine. La liste du matériel et des produits disponibles est proposée dans le **document 1** ci-dessous.

Document 1 : matériel disponible pour effectuer la chromatographie.

Plaques pour CCM - capillaires - éluant - cuve à chromatographie - aspirine pur du commerce dissous dans un solvant - acide salicylique pur dissous dans un solvant - lampe UV ou solution de permanganate de potassium.

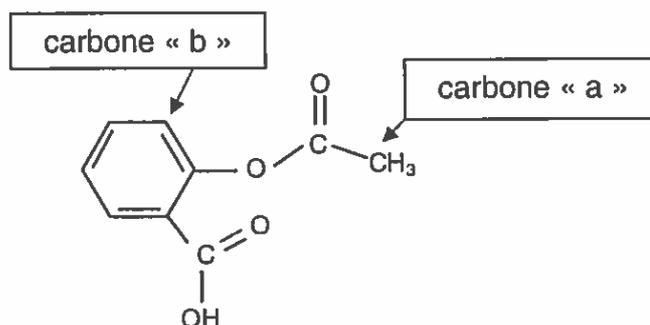
- 1.2.2. Quelles particularités doit présenter le chromatogramme obtenu avec le dernier prélèvement, en admettant que le système réactionnel est alors dans son état final ?

2. Analyse spectrale des espèces chimiques intervenant dans la synthèse de l'aspirine

2.1. Spectre RMN de la molécule d'aspirine.

2.1.1. Recopier la formule de la molécule d'aspirine et identifier les deux groupes caractéristiques présents dans cette molécule. Les nommer.

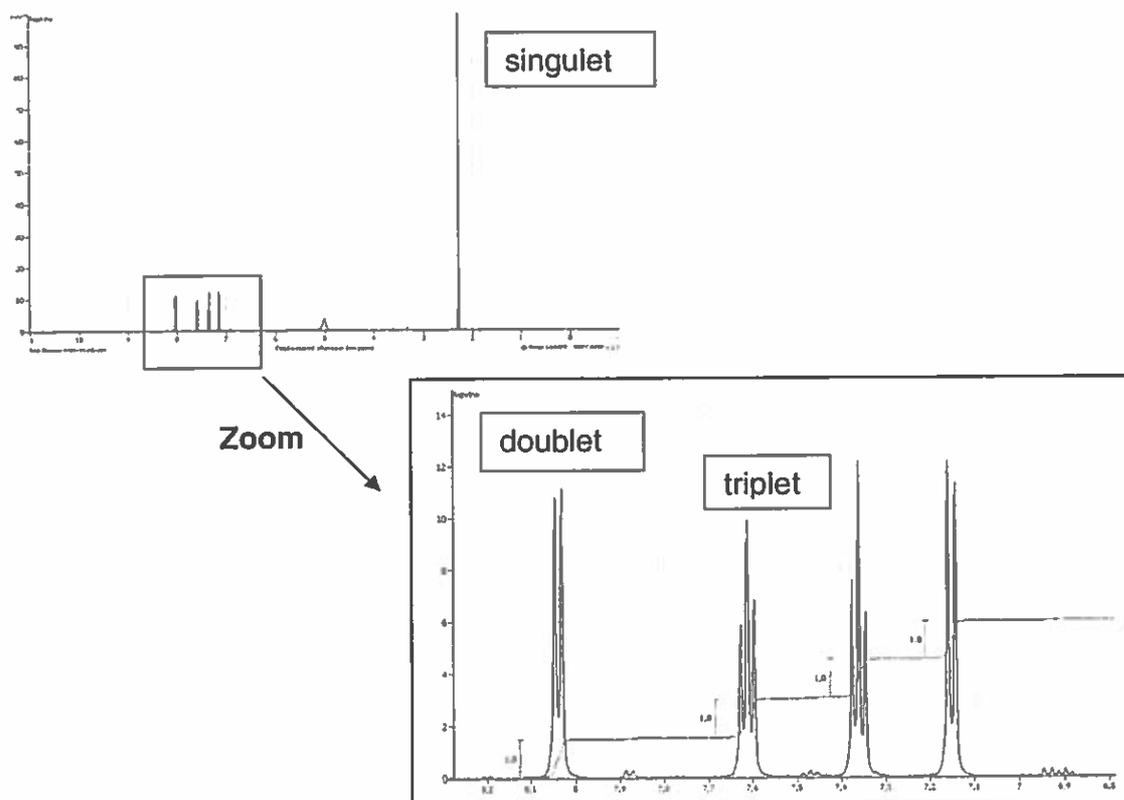
2.1.2. Deux carbones particuliers sont repérés par les lettres « a » et « b » dans la formule de la molécule d'aspirine reproduite ci-dessous :



Expliquer pourquoi les atomes d'hydrogène liés au carbone « a » correspondent au singulet du spectre RMN de la molécule d'aspirine reproduit dans le **document 2** ci-après.

Justifier de même que le doublet de ce spectre RMN correspond à l'atome d'hydrogène lié au carbone « b ».

Document 2 : spectre RMN de la molécule d'aspirine.



2.2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque.

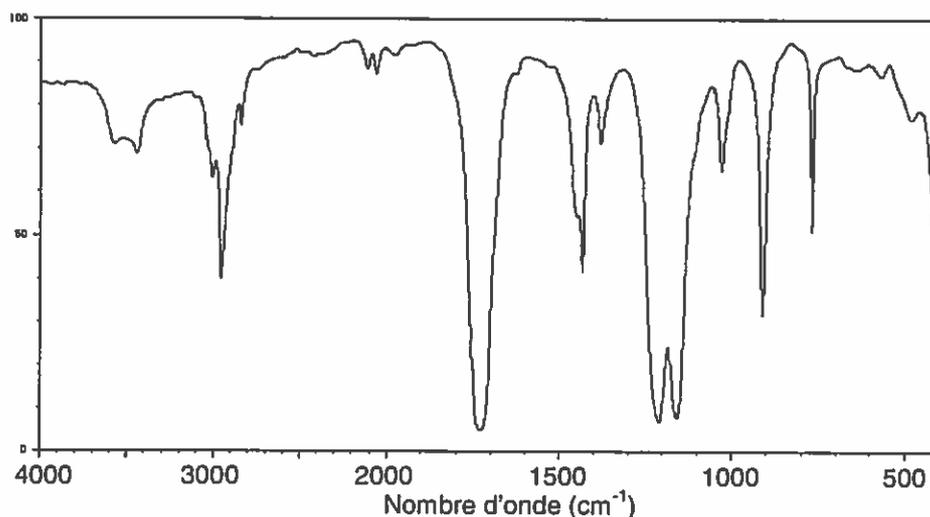
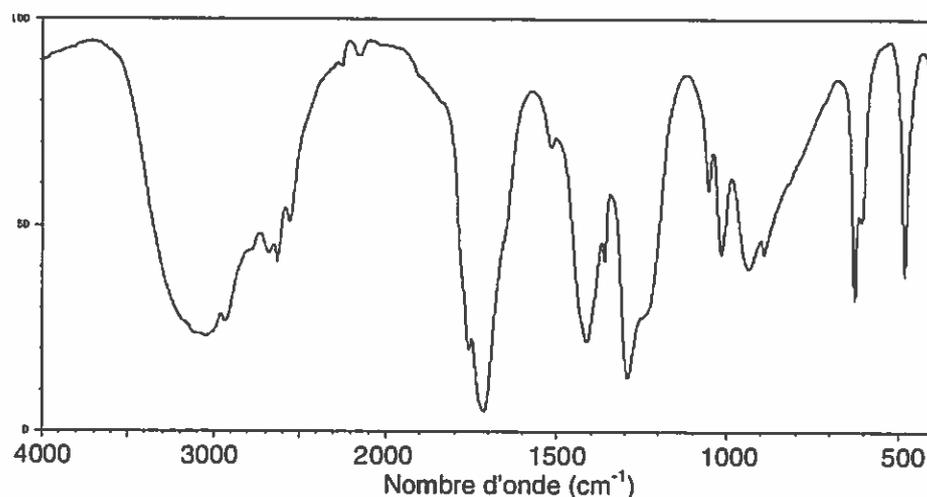
L'autre produit issu de la synthèse de l'aspirine est l'acide éthanoïque de formule brute $C_2H_4O_2$.

2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle qui est un isomère de l'acide éthanoïque.

2.2.2. Les spectres infrarouges de ces deux espèces chimiques sont regroupés dans le **document 3** ci-dessous. Une table de données de spectroscopie infrarouge est également fournie (**document 4**).

Identifier celui qui appartient à l'acide éthanoïque en justifiant.

Document 3 : spectres IR de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle.



Document 4 : table de données pour la spectroscopie IR.

famille	liaison	nombres d'onde (cm ⁻¹)
cétone	C = O	1705 - 1725
aldéhyde	C _{tri} -H	2700 - 2900
	C = O	1720 - 1740
Acide carboxylique	O - H	3200 - 2500
	C = O	1740 - 1800
Ester	C = O	1730 - 1750
Alcool	O - H _{lié}	3200 - 3450
	O - H _{libre}	3600 - 3700

3. Dosage d'un sachet d'aspirine

L'étiquette d'un sachet d'aspirine prescrit au titre de la prévention des AVC porte la mention : « Teneur en aspirine : 100 mg »

Un élève se propose de vérifier la teneur en aspirine, notée HA, de ce sachet.

Pour cela, il prépare une solution S en introduisant l'aspirine contenue dans le sachet dans une fiole jaugée, puis en ajoutant de l'eau distillée pour obtenir une solution de volume 500,0 mL.

Il prélève ensuite un volume $V_A = (100,0 \pm 0,1)$ mL de cette solution S qu'il dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire $c_B = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de phénolphtaléine. Le volume V_E de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence est : $V_E = 10,7 \pm 0,1$ mL.

3.1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique support de ce dosage.

3.2. Déterminer la masse m_{exp} d'aspirine ainsi déterminée.

3.3. Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta m_{\text{exp}}}{m_{\text{exp}}}$ dont on admet que, dans les conditions de l'expérience, la valeur est donnée par la relation :

$$\left(\frac{\Delta m_{\text{exp}}}{m_{\text{exp}}} \right)^2 = \left(\frac{\Delta V_E}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_B}{C_B} \right)^2$$

En déduire un encadrement de la masse m_{exp} obtenue par l'élève.

3.4. L'encadrement obtenu à la question précédente est-il en accord avec la mention portée sur le sachet d'aspirine ? Proposer une explication à l'écart éventuellement observé.

4. Autre forme d'aspirine, moins agressive pour l'estomac

L'aspirine ou (acide acétylsalicylique) possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le pKa du couple acide/base ainsi constitué est égal à 3,5.

- 4.1. Lors de la digestion, le pH de l'estomac est voisin de 2. Quelle est la forme prédominante du couple aspirine/ion acétylsalicylate dans l'estomac ? Justifier.
- 4.2. Quand l'aspirine reste trop longtemps sous cette forme prédominante dans l'estomac, elle y provoque des lésions gastriques. C'est pourquoi on trouve dans le commerce des formulations différentes, moins agressives pour la paroi de l'estomac, comme la catalgine.

Catalgine (acétylsalicylate de sodium)

- Le médicament est soluble dans l'eau et l'ingestion est facilitée.
- Dans l'estomac, dont le pH est très acide, les ions acétylsalicylate réagissent avec les ions H_3O^+ pour redonner de l'aspirine moléculaire qui précipite. Ce précipité, obtenu sous forme de grains microscopiques, est plus rapidement assimilable.

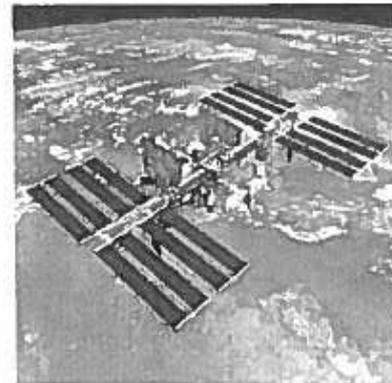
- 4.2.1. Écrire la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate.
- 4.2.2. Expliquer pourquoi la catalgine est soluble dans l'eau.
- 4.2.3. Donner l'équation de la réaction se produisant dans l'estomac après ingestion de catalgine.

EXERCICE II : STATION SPATIALE ISS (6,5 points)
--

La station spatiale internationale ISS (International Space Station) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placés en orbite terrestre à une altitude de 400 km.

Elle est occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement spatial.

Jusqu'à présent, trois vaisseaux cargos ATV ont permis de ravitailler la station ISS.



Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.

PARTIE A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS

La station spatiale internationale, supposée ponctuelle et notée S, évolue sur une orbite qu'on admettra circulaire, dont le plan est incliné de $51,6^\circ$ par rapport au plan de l'équateur. Son altitude est environ égale à 400 km.

Données :

- rayon de la Terre : $R = 6\,380$ km
- masse de la station : $m = 435$ tonnes
- masse de la Terre, supposée ponctuelle : $M = 5,98 \times 10^{24}$ kg
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$
- altitude de la station ISS : h
- expression de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps A et B ponctuels de masses respectives m_A et m_B , distants de $d = AB$:

$$F = G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

1. Représenter sur un schéma :

- la Terre et la station S, supposée ponctuelle ;
- un vecteur unitaire \vec{u} orienté de la station S vers la Terre (T) ;
- la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la station S.

Donner l'expression vectorielle de cette force en fonction du vecteur unitaire \vec{u} .

2. En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a}_s de la station dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de G , M , h , R et du vecteur unitaire \vec{u} .

3. Vitesse du satellite.

3.1. Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, la valeur de la vitesse de

$$\text{la station a pour expression : } v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} .$$

3.2. Calculer la valeur de la vitesse de la station en m.s^{-1} .

4. Combien de révolutions autour de la Terre un astronaute présent à bord de la station spatiale internationale fait-il en 24 h ?

PARTIE B : Ravitaillement de la station ISS

Le 23 mars 2012, un lanceur Ariane 5 a décollé du port spatial de l'Europe à Kourou (Guyane), emportant à son bord le véhicule de transfert automatique (ATV) qui permet de ravitailler la Station Spatiale Internationale (ISS).

Au moment du décollage, la masse de la fusée est égale à $7,8 \times 10^2$ tonnes, dont environ 3,5 tonnes de cargaison : ergols, oxygène, air, eau potable, équipements scientifiques, vivres et vêtements pour l'équipage à bord de l'ATV.



D'après http://www.esa.int/esaCP/Pr_10_2012_p_FR.html

On se propose dans cette partie d'étudier le décollage de la fusée.

Pour ce faire, on se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

À la date $t = 0$ s, le système est immobile.

À la date $t = 1$ s, la fusée a éjecté une masse de gaz notée m_g , à la vitesse \vec{v}_g . Sa masse est alors notée m_f et sa vitesse \vec{v}_f .

Données :

- Intensité de la pesanteur à Kourou : $g = 9,78 \text{ N.kg}^{-1}$
- Débit d'éjection des gaz au décollage : $D = 2,9 \times 10^3 \text{ kg.s}^{-1}$
- Vitesse d'éjection des gaz au décollage : $v_g = 4,0 \text{ km.s}^{-1}$

1. Modèle simplifié du décollage

Dans ce modèle simplifié, on suppose que le système {fusée + gaz} est isolé.

1.1. En comparant la quantité de mouvement du système considéré aux dates $t = 0$ s et t , montrer que :

$$m_f \vec{v}_f = - m_g \vec{v}_g$$

$$\vec{v}_f = - \frac{m_g}{m_f} \vec{v}_g$$

Quelle est la conséquence de l'éjection de ces gaz sur le mouvement de la fusée ?

- 1.2. Après avoir montré numériquement que la variation de la masse de la fusée est négligeable au bout d'une seconde après le décollage, calculer la valeur de la vitesse de la fusée à cet instant.
2. Étude plus réaliste du décollage
- 2.1. En réalité la vitesse v_f est très inférieure à celle calculée à la question 1.1. En supposant que le système {fusée + gaz} est isolé, quelle force n'aurait-on pas dû négliger ?
- 2.2. On considère désormais le système ~~(fusée)~~ Il est soumis à son poids \vec{P} et à la force de poussée \vec{F} définie par $\vec{F} = D \times \vec{v}_g$ où D est la masse de gaz éjecté par seconde.
- 2.2.1. Montrer que le produit $(D \times v_g)$ est homogène à une force.
- 2.2.2. Vérifier par une application numérique que la fusée peut effectivement décoller.

EXERCICE III : CONCERT EN SOUS-SOL (5 points)

Trois jeunes musiciens amateurs (un guitariste, un pianiste et un flûtiste) projettent de donner un concert devant leurs amis dans le sous-sol d'une maison. Lors d'une répétition dans ce lieu, ils s'interrogent sur les améliorations à apporter pour éviter une réverbération trop importante.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Les documents utiles sont regroupés à la fin de l'exercice.

1. Accord des instruments.

Avant le concert, les musiciens doivent « accorder » leurs instruments. Pour cela, ils utilisent un diapason qui émet la note « La₃ ». Chacun joue cette note sur son instrument, la compare à celle émise par le diapason et procède aux réglages permettant d'obtenir une note de même hauteur.

En utilisant les enregistrements des différents sons produits et leurs spectres, répondre aux questions suivantes :

- 1.1. Quelle est la fréquence f de vibration du son émis par le diapason ?
- 1.2. Les trois musiciens jouent-ils une note de même hauteur ? Justifier.

2. La pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ?

Le concert a lieu dans une salle au sous-sol d'une maison. La salle a une forme parallélépipédique, de longueur $L = 10,0$ m, de largeur $l = 5,0$ m et de hauteur $h = 3,0$ m.

Cette salle, vide et sans vitrage, possède une porte en bois de surface $S_{\text{bois}} = 3,0$ m². Le sol, les murs et les plafonds sont en béton d'une surface totale : $S_{\text{béton}} = 187$ m².

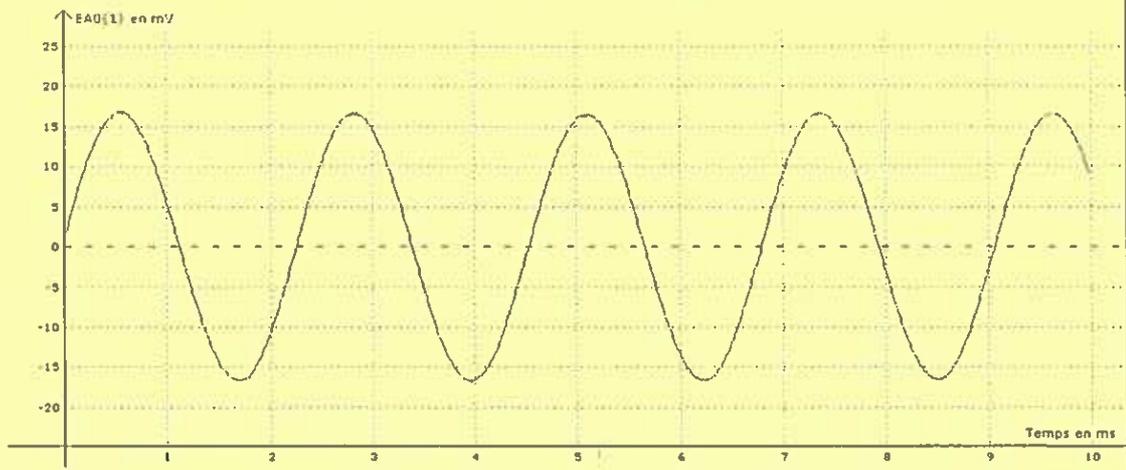
- 2.1. Quels sont les phénomènes physiques qui interviennent au cours de la propagation du son dans une salle ? En citer au moins trois.
- 2.2. Quelle est l'unité du coefficient de valeur 0,16 dans la formule de Sabine (document 7) ?
- 2.3. En l'absence de spectateurs, la pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ? Justifier.
- 2.4. On souhaite obtenir une durée de réverbération égale à 2,0 s. Pour cela, on dispose sur les murs des panneaux absorbants verticaux de coefficient d'absorption acoustique $\alpha_{\text{panneau}} = 0,50$.
Quelle surface de panneau faut-il utiliser pour satisfaire la nouvelle durée de réverbération T_R ?

DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

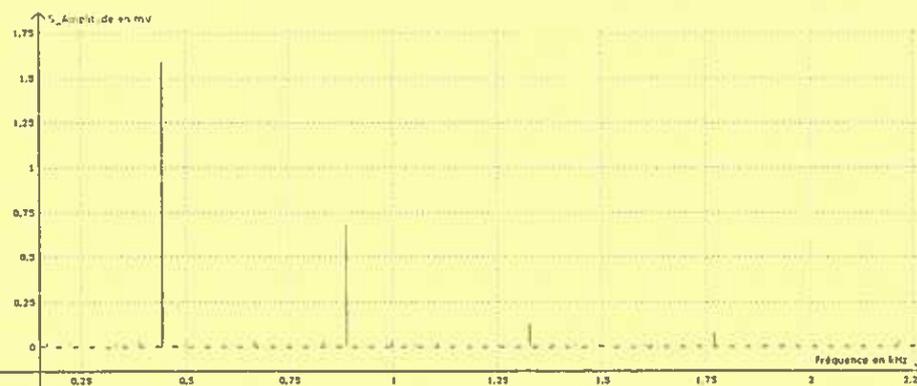
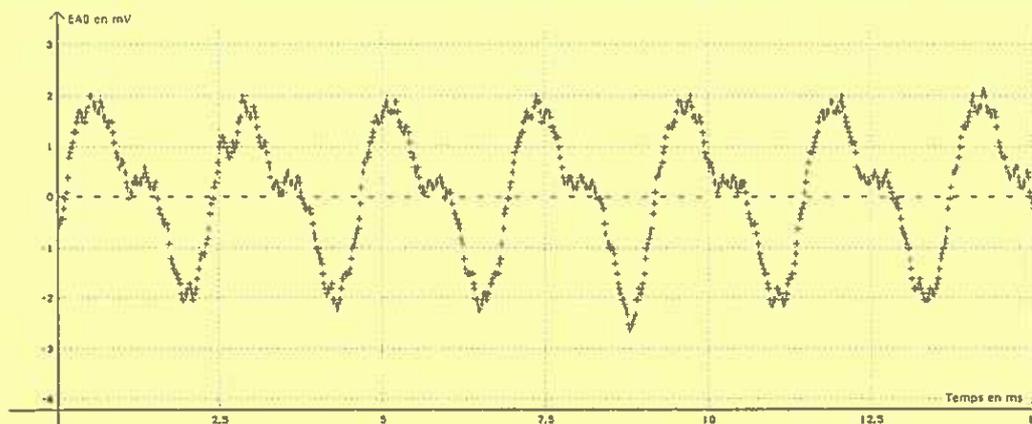
Document 1 : correspondance entre la hauteur et la fréquence associée de quelques notes de la gamme tempérée :

Note	la ₁	la ₂	la ₃	si ₃	do ₄	ré ₄	mi ₄	fa ₄	sol ₄	la ₄
Fréquence (Hz)	110	220	f	494	523	587	659	698	783	880

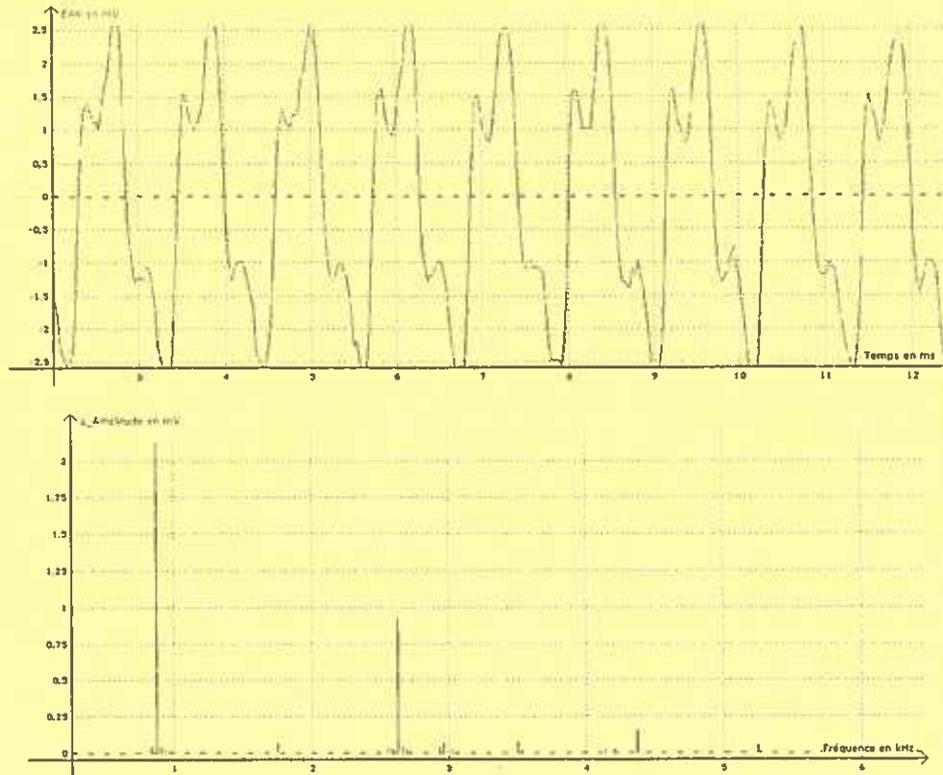
Document 2 : Enregistrement de la note « La₃ » émise par le diapason.



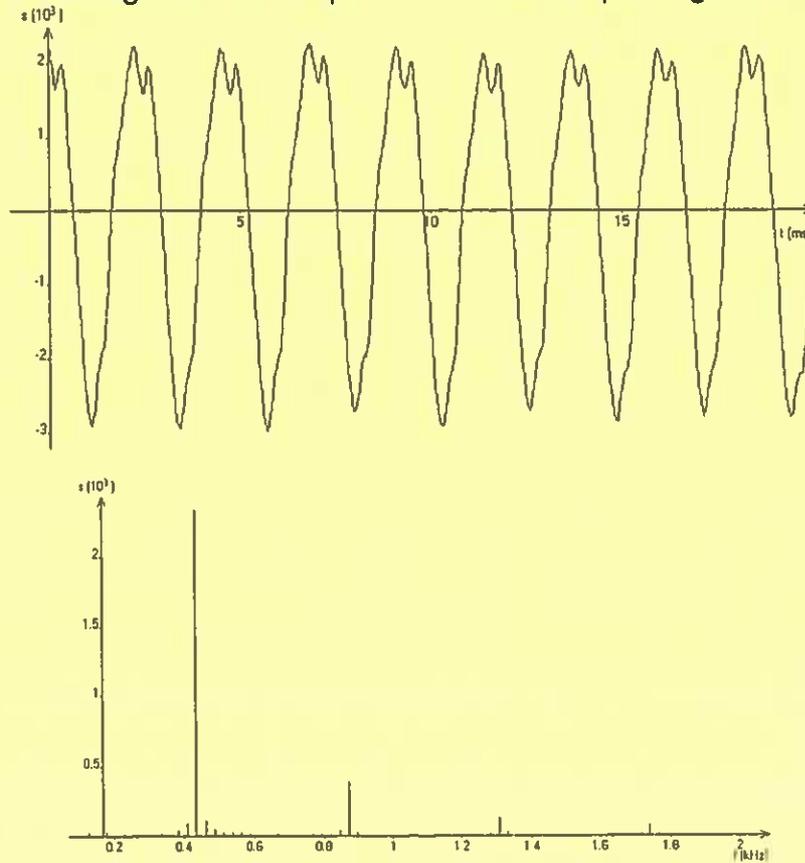
Document 3 : Enregistrement et spectre du son émis par le piano.



Document 4 : Enregistrement et spectre du son émis par la flûte.

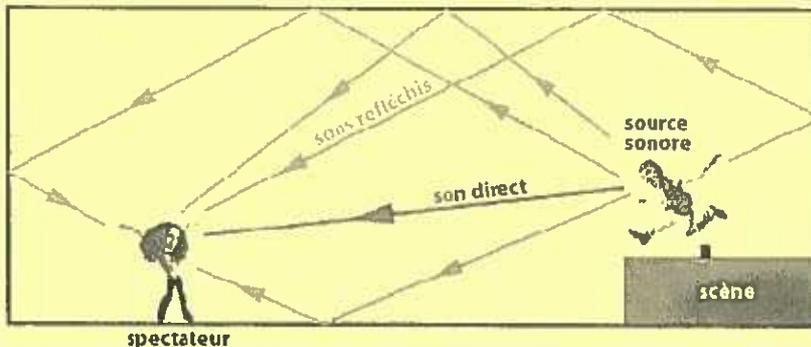


Document 5 : Enregistrement et spectre du son émis par la guitare.



Document 6 : Réverbération d'une salle.

La réverbération est le phénomène qui prolonge l'énergie sonore après un arrêt net de la source sonore. Une onde sonore émise dans une salle se propage dans toutes les directions à la vitesse de 340 m/s. Très rapidement elle rencontre le plafond, le sol et les murs. Selon la nature de ces parois, une fraction de l'énergie acoustique est absorbée et le reste est réfléchi.



En règle générale, l'absorption est plus faible pour les sons graves.

La réverbération n'est pas toujours souhaitée pour un orateur, sauf effets spéciaux. Elle doit être courte pour une bonne compréhension du texte ; au maximum 0,8 seconde. Au-delà, les syllabes se chevauchent et l'intelligibilité diminue.

L'absence de réverbération provoque un rendu sec et dur sur la musique ; on recherche toujours une prolongation du son. Une bonne salle de musique présente une réverbération de 1,0 à 2,5 secondes. L'orgue nécessite une réverbération plus longue : c'est le cas des églises.

D'après <http://www.sonorisation-spectacle.org/reverberation.html>

Document 7 : Durée de réverbération

La durée de réverbération T_R est le temps mis par un son pour décroître de 60 dB après la coupure de la source sonore.

Cette durée T_R se calcule à l'aide la loi de Sabine : $T_R = \frac{0,16 \times V}{A}$

avec V : volume de la salle (en m^3)

A : l'aire de la surface absorbante équivalente de la salle (en m^2)

T_R : durée de réverbération (en s)

On définit la surface équivalente A par : $A = \sum_i (\alpha_i \times S_i)$ où α_i représente le coefficient d'absorption du matériau de surface S_i . Il dépend de la nature du matériau et de la fréquence du son.

Coefficients d'absorption acoustique moyens, α_M , de différents matériaux à une fréquence de 500 Hz.

Matériau	Plâtre	Carrelage	Béton	Bois	Verre	Dalles acoustiques
α_M (pas d'unité)	0,030	0,020	0,010	0,15	0,18	0,75

D'après <http://www.acouphile.fr/materiaux.html>

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

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

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11, y compris celle-ci.

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

EXERCICE I. TRANSFERTS D'ÉNERGIE (7,5 points)
--

Réduire la consommation d'énergie est, de nos jours, au cœur des préoccupations afin de préserver l'environnement, épargner les ressources naturelles et limiter les dépenses. Une grande part de la consommation d'énergie provient de l'habitat. Comment rendre une maison plus économe en énergie de chauffage ?

1. Isolant thermique : faire le bon choix

Soucieux de réduire ses dépenses de chauffage, Frédéric décide d'améliorer l'isolation thermique de son habitation. Sa maison possédant un grenier non chauffé, il décide d'en isoler le sol.

Données :

- Température du grenier : $\theta_1 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Température de la maison : $\theta_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Surface du sol du grenier : $S = 80 \text{ m}^2$;
- Résistance thermique du sol du grenier : $R = 7,5 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$.

1. 1. Dans quel sens s'effectuera le transfert thermique dans la maison de Frédéric ?

1. 2. Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier.

Frédéric consulte de nombreuses documentations sur l'isolation thermique. Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée λ . Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

1. 3. Utiliser le tableau suivant pour conseiller Frédéric dans son choix de matériau. Justifier.

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique λ en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	0,035	0,033	0,042	0,039

1. 4. La résistance thermique totale du sol du grenier doit atteindre la valeur $R = 6,3 \times 10^{-2} \text{ K.W}^{-1}$. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant choisi précédemment par Frédéric à la question 1.3.

1. 5. Frédéric a lu que la résistance thermique d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique λ du matériau constituant la paroi, de son épaisseur e et de la surface S traversée par le flux thermique. La résistance thermique est inversement proportionnelle à la conductivité thermique et à la surface traversée et proportionnelle à l'épaisseur.

1.5.1. À partir des informations ci-dessus, donner l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane. Vérifier l'homogénéité de votre expression.

1.5.2. Tous les matériaux proposés dans le tableau s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce. Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi par Frédéric ?

2. Principe d'un chauffe-eau solaire

Toujours dans le but de réaliser des économies d'énergie, Frédéric envisage de produire son eau chaude sanitaire en tirant profit de l'énergie solaire. Il se documente sur le principe d'un chauffe-eau solaire individuel. Voici le résultat de ses recherches :

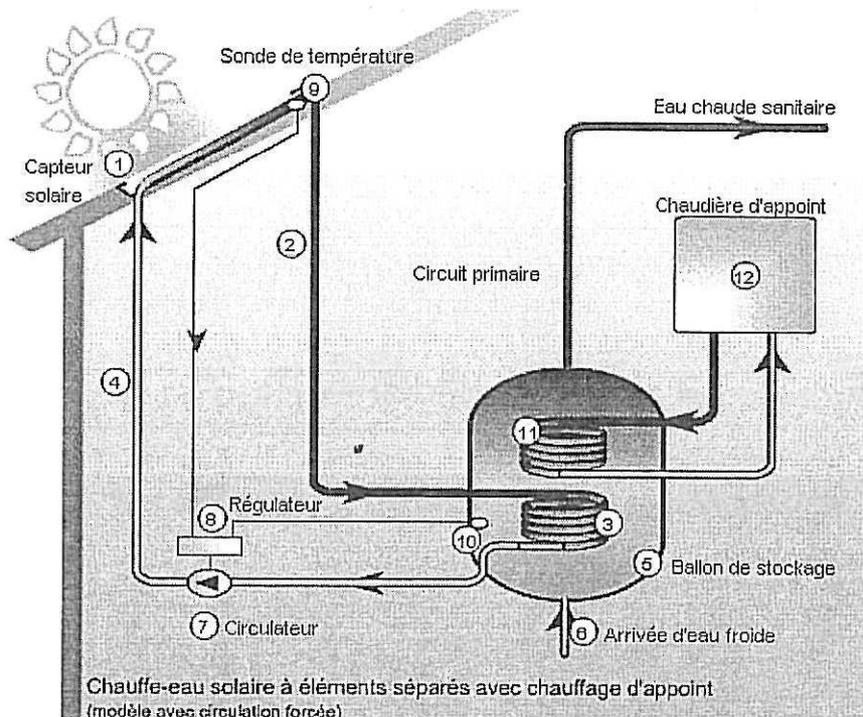


Schéma du principe d'un chauffe-eau solaire individuel
(D'après Ademe)

Un chauffe-eau solaire se compose d'un capteur solaire thermique (qui se comporte comme une mini-serre) (1). Dans le circuit primaire (2) calorifugé circule le liquide caloporteur (eau + glycol). Ce liquide s'échauffe lorsqu'il passe dans les tubes du capteur solaire et se dirige vers le ballon de stockage (5) de l'eau sanitaire. Le liquide caloporteur cède sa chaleur à l'eau sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur thermique (3). Une fois refroidi, le liquide caloporteur repart vers le capteur solaire où il sera à nouveau chauffé. Une pompe électrique (7) met en mouvement le liquide caloporteur lorsque la température de celui-ci est supérieure à celle de l'eau sanitaire du ballon.

L'énergie solaire ne peut pas assurer la production d'eau chaude quelle que soit la saison. C'est pourquoi le ballon de stockage est également équipé d'un dispositif de chauffage d'appoint (ensemble (11) et (12)).

2. 1. Citer les trois modes de transfert thermique. Les présenter brièvement.

2. 2. Quel mode de transfert thermique intervient :

- au niveau du capteur solaire (1),
- au niveau de l'échangeur thermique (3),
- et à l'intérieur du ballon de stockage (5) ? Justifier.

2. 3. Le fluide caloporteur s'échauffe lorsqu'il passe dans le capteur solaire. Comment varie son énergie interne ? Pourquoi ?

3. Bilan thermique

Installé dans sa cuisine, Frédéric poursuit ses réflexions sur les modifications à réaliser dans sa maison tout en se préparant une tasse de thé. Il réchauffe l'eau de son thé à l'aide de son four à micro-ondes. Lorsque les micro-ondes atteignent les molécules d'eau présentes dans les aliments, celles-ci se mettent à osciller $2,45 \times 10^9$ fois par seconde. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer les aliments.

Données :

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$;
- Capacité thermique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- On rappelle que l'énergie transférée à un système avec une puissance P pendant la durée Δt est : $E = P \Delta t$.

3. 1. À quel type d'ondes les micro-ondes appartiennent-elles ?

3. 2. Déterminer la longueur d'onde des micro-ondes du four.

Frédéric chauffe un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'eau dans sa tasse. Il souhaite que la température de l'eau passe de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. 3. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans la tasse.

On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé. Le four est réglé sur la position de puissance $P = 900 \text{ W}$.

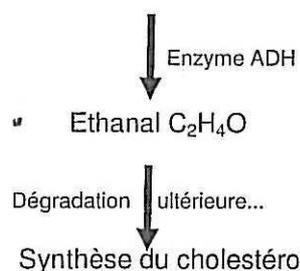
3. 4. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?

EXERCICE II. LES DANGERS DE L'ALCOOL (7,5 points)

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).

Alcool pur : Ethanol : C_2H_6O

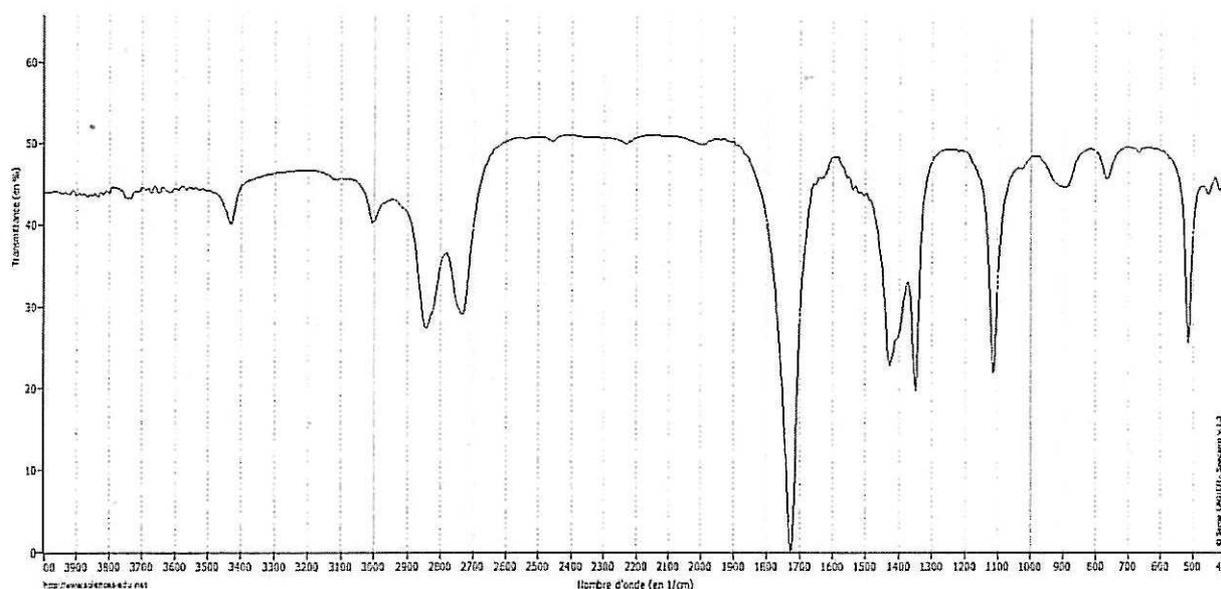


www.sfa-ispa.ch

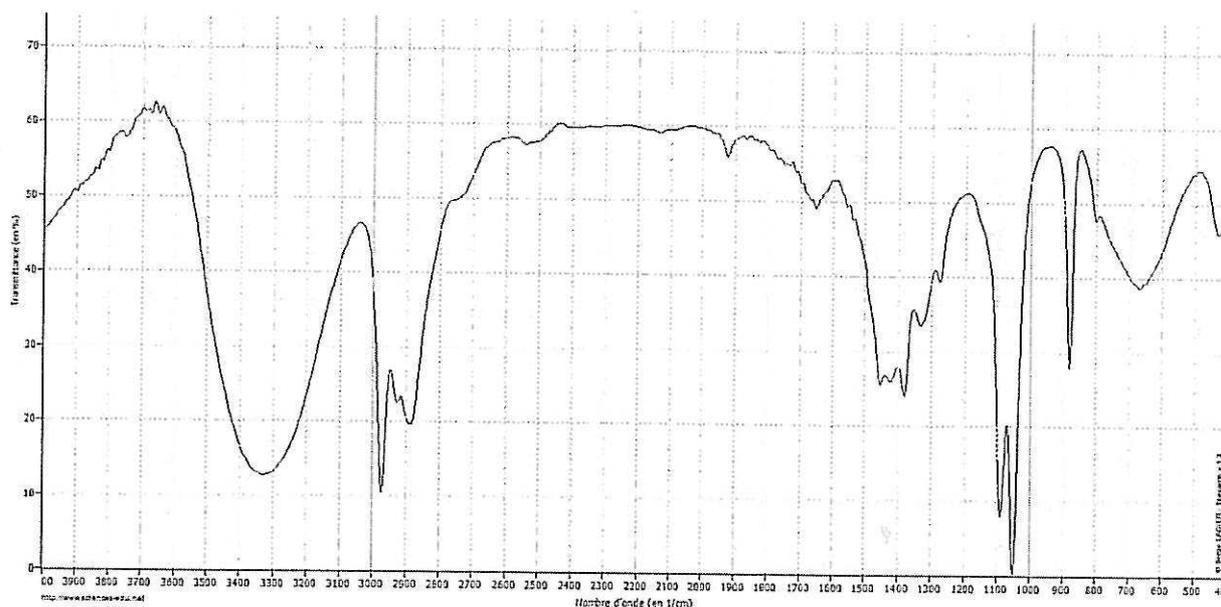
Document 1

1. Spectroscopie

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.



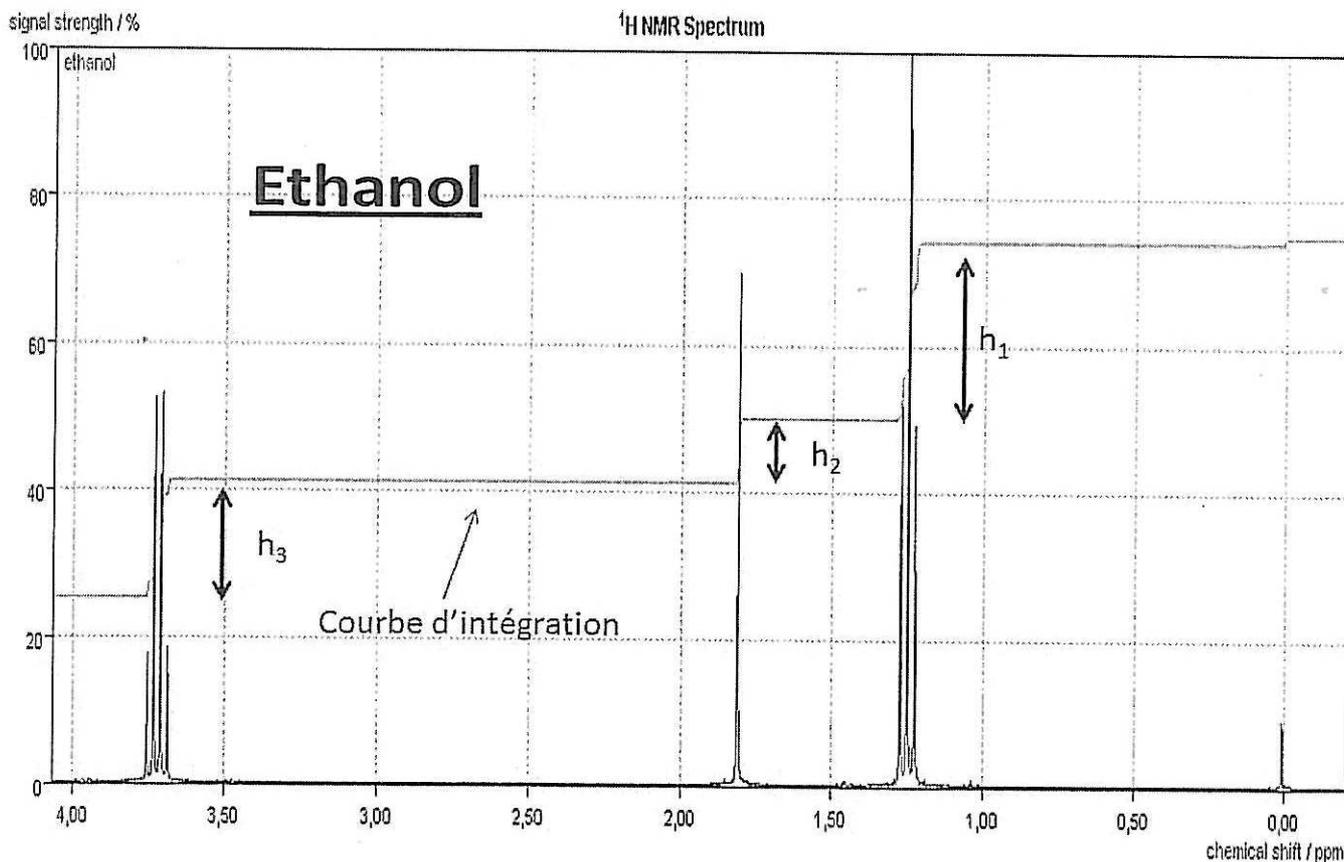
Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1



Document 2b : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2

Liaison	C - C	C - O	C = O (carbonyle)	C - H	O - H
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1000-1250	1050-1450	1650-1740	2800-3000	3200-3700

Document 2c : Table de données pour la spectroscopie IR



Document 3 : Spectre de RMN de l'éthanol

1. 1. Le document 1 évoque les molécules d'éthanol et d'éthanal : représenter en formule semi-développée ces deux molécules et encadrer leurs fonctions caractéristiques.
1. 2. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ? A quelle famille appartient cette molécule ?
1. 3. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ? A quelle famille appartient cette molécule ?
1. 4. En utilisant les données spectroscopiques du document 2, associer chaque spectre infrarouge (IR) à la molécule correspondante en justifiant.
1. 5. Le document 3 présente le spectre RMN de l'éthanol. En utilisant la courbe d'intégration, calculer les rapports $h1/h2$ et $h3/h2$.
1. 6. Utiliser les rapports calculés pour associer aux trois massifs du spectre, les groupes de protons équivalents de l'éthanol.
1. 7. Le massif de pics situé au déplacement chimique 1,25 ppm se présente sous la forme d'un triplet. En utilisant la règle des $(n+1)$ -uplets, justifier cette multiplicité en évoquant le nombre d'atomes d'hydrogène voisins.

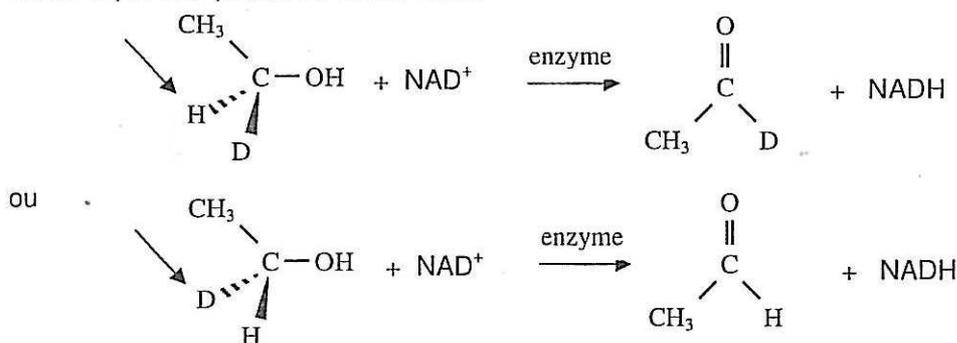
2. Mécanisme de métabolisation des alcools.

Après étude de la structure de ces molécules, nous allons étudier le mécanisme biochimique expliquant leur transformation dans l'organisme.

La métabolisation des alcools implique leur oxydation en composés carbonylés. Dans les systèmes biologiques, l'éthanol est transformé en éthanal grâce à un oxydant noté NAD^+ . La réaction est catalysée par une enzyme appelée alcool-déshydrogénase.

En substituant un atome d'hydrogène par un atome de deutérium D, on peut mettre en évidence le rôle énantiosélectif de cette enzyme.

En soumettant les deux énantiomères du 1-deutéroéthanol à l'action de l'enzyme, on a pu établir que l'oxydation biochimique était stéréospécifique, le NAD^+ arrachant uniquement l'hydrogène marqué ci-dessous par une pointe de flèche noire.



D'après
C. Vollhardt,
N. Schore :

Traité de
chimie
organique.

D désigne l'isotope 2 de l'hydrogène ${}^2_1\text{H}$ appelé deutérium.

2. 1. Quel est le nom de la représentation chimique utilisée dans le mécanisme ci-dessus pour l'alcool ?
2. 2. Que représentent les traits pointillés et les traits épais ?
2. 3. En vous basant sur cette représentation, développer complètement la molécule d'éthanol en faisant apparaître toutes les liaisons.
2. 4. Quelle particularité stéréochimique possède le carbone porteur du deutérium dans la molécule de deutéroéthanol ? Comment nomme-t-on ce type de molécules ?
2. 5. L'éthanal obtenu par oxydation se présente-t-il sous la forme d'un mélange d'énantiomères ? Justifier.

2. 6. La dégradation de l'alcool dans l'organisme est une réaction catalysée. Donner la définition d'un catalyseur. Quel type de catalyse est présenté ici ?

3. Contrôle de qualité d'un vin : dosage par spectrophotométrie de l'éthanol.

On peut lire dans *le code de la santé publique* depuis juin 2000 : catégorie *Vins doux* : vins, apéritifs à base de vin ne titrant pas plus de 18 degrés.

On se propose de vérifier en laboratoire si un vin obéit à cette législation.

Définition : Le titre alcoométrique, exprimé en degré, est égal au nombre de litres d'éthanol contenus dans 100 litres de vin.

Données : $M(\text{éthanol}) = 46,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $\mu(\text{éthanol}) = 0,78 \text{ g.mL}^{-1}$

Afin de procéder au contrôle, on réalise le titrage par spectrophotométrie du vin en suivant le protocole suivant :

Première étape : On recueille l'éthanol du vin par distillation.

Deuxième étape : L'éthanol est oxydé par la NAD^+ dans une réaction catalysée par une enzyme spécifique similaire à celle évoquée dans la partie II. La réaction produit de la nicotinamide-adénine-dinucléotide réduite (NADH) en quantité de matière égale à celle de l'éthanol dosé selon l'équation :



Troisième étape : La NADH absorbant dans le domaine UV, on mesure son absorbance par spectrophotométrie.

L'étalonnage du spectrophotomètre avec différentes solutions d'éthanol permet de vérifier la loi de Beer-Lambert : $A = k.C_m$ avec $k = 1,6 \times 10^{-3} \text{ L.mg}^{-1}$ et C_m la concentration massique d'éthanol dans l'échantillon.

Réalisation de la mesure : On distille 10 mL de vin ; le distillat est ensuite ajusté à 100 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution appelée S.

On prépare l'échantillon à doser par spectrophotométrie en introduisant dans une fiole jaugée de 100 mL :

- 1 mL de solution S,
- le catalyseur,
- NAD^+ en excès,

On complète avec de l'eau distillée.

L'absorbance mesurée pour cet échantillon vaut: $A_e = 0,15$.

3. 1. Déterminer à partir de l'absorbance mesurée A_e , la concentration massique C_m en éthanol de l'échantillon étudié.

3. 2. En tenant compte des deux dilutions successives, calculer les concentrations massiques en éthanol suivantes :

3.2.1. C_S dans la solution S.

3.2.2. C_V dans le vin.

3. 3. Quelle est la valeur du titre alcoométrique exprimé en degrés du vin ?

3. 4. Ce vin est-il conforme au code de la santé publique ?

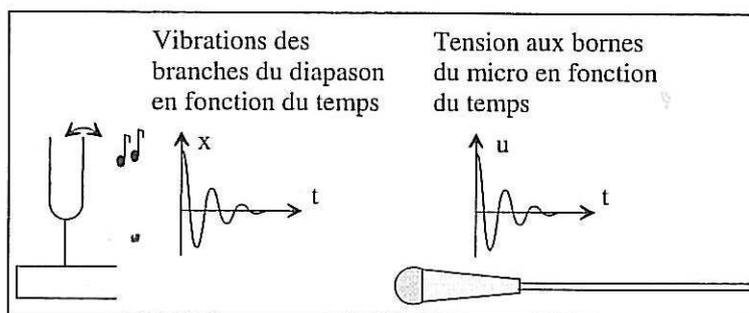
EXERCICE III. LE SON : DE SA NUMÉRISATION À LA LECTURE D'UN CD (5 points)
--

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Conversion analogique-numérique

Quand on frappe un diapason, il émet un "La" : ses deux branches vibrent pendant quelques secondes à la fréquence $f = 440$ Hz, entraînant la vibration de l'air qui les entoure.

Si on place devant le diapason un micro, la membrane de ce dernier vibre également et ce mouvement est converti en une tension électrique de même fréquence que le son.



Document 1

1.1. Le signal électrique à la sortie du micro est un signal analogique. Justifier brièvement cette affirmation.

1.2. Un ordinateur ne peut traiter que des signaux numériques. Définir ce qu'est un signal numérique.

Pour traiter un son à l'aide d'un ordinateur (graver un CD par exemple), il faut convertir le signal analogique obtenu à la sortie du micro en signal numérique : c'est le rôle du convertisseur analogique-numérique (CAN).

On peut décomposer la conversion en deux étapes : l'échantillonnage et la numérisation. Dans la pratique, ces deux étapes se font simultanément.

1.3. Que signifie "échantillonner" un signal analogique ?

1.4. Combien de valeurs peut prendre un échantillon numérisé sur 8 bits ?

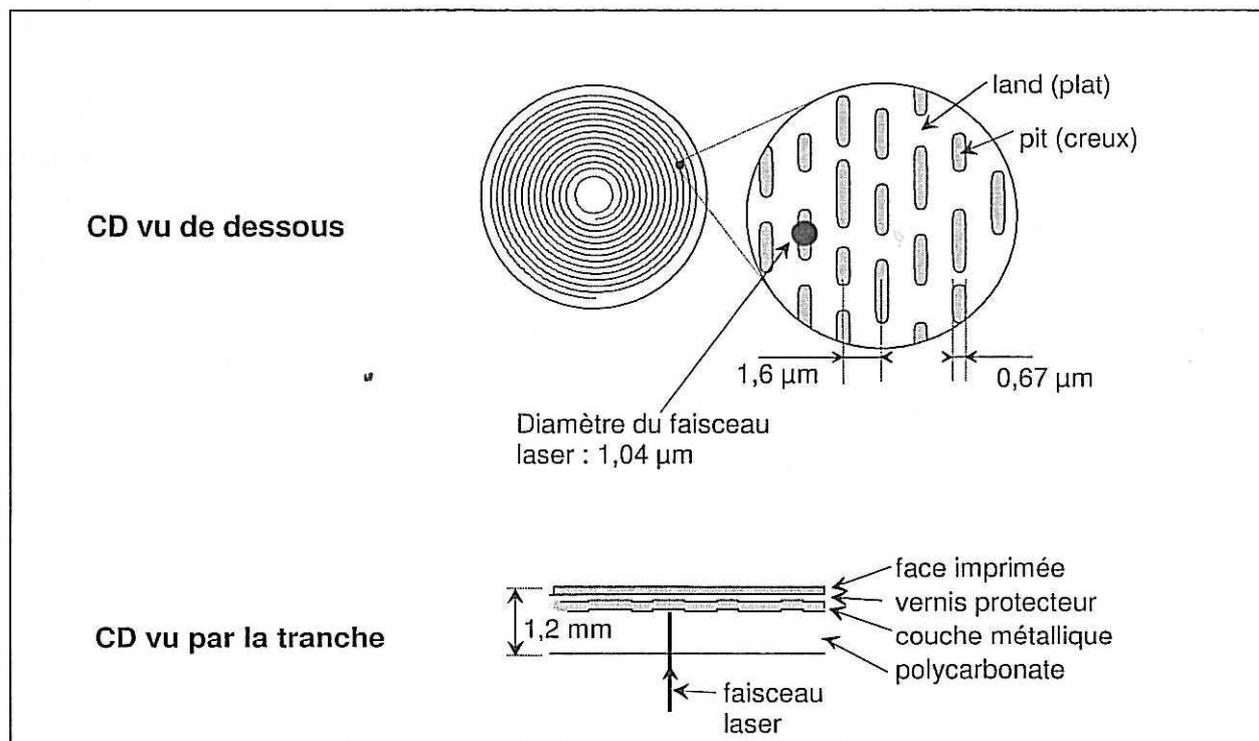
1.5. Dans le cas d'un CD audio, la numérisation se fait sur 2×16 bits (stéréo) avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz. Quelle est, en Mio, la place théorique occupée sur un CD par une minute de musique non compressée ?

Rappels : 1 octet = 8 bits ; 1 Mio = 2^{20} octets

2. Lecture de l'information

Le CD est en polycarbonate (matière plastique transparente) recouvert d'une couche métallique réfléchissante (aluminium en général) elle-même protégée par un vernis. La face supérieure peut être imprimée ou recouverte d'une étiquette (**document 2**).

Les informations sont stockées sous forme de plats et de cuvettes sur une spirale qui commence sur le bord intérieur du CD et finit sur le bord extérieur. Les creux ont une profondeur de $0,126 \mu\text{m}$ et une largeur de $0,67 \mu\text{m}$.

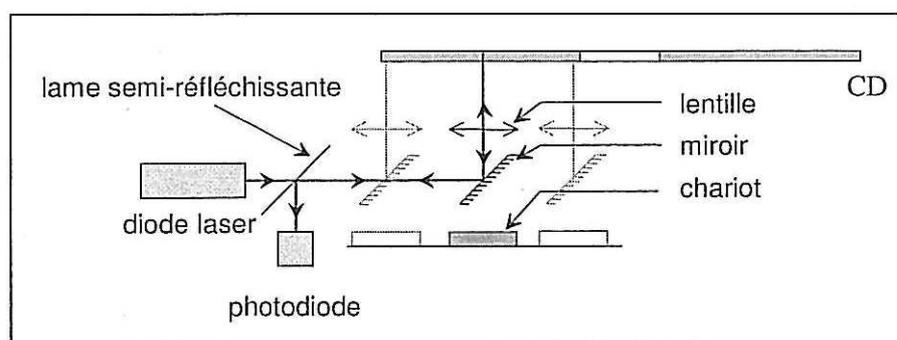


Document 2

La tête de lecture est constituée d'une diode laser émettant une radiation de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$ et d'une photodiode détectant la lumière réfléchiée par la surface métallisée du CD.

La lumière émise par la diode laser traverse une lame semi-réfléchissante avant de se réfléchir sur un miroir. La lentille assure la mise au point du faisceau sur le disque. L'ensemble miroir-lentille est monté sur un chariot mobile qui permet au faisceau laser de balayer un rayon du disque (**document 3**).

La surface du disque défile devant le faisceau laser à une vitesse de $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ quelle que soit la position du faisceau.



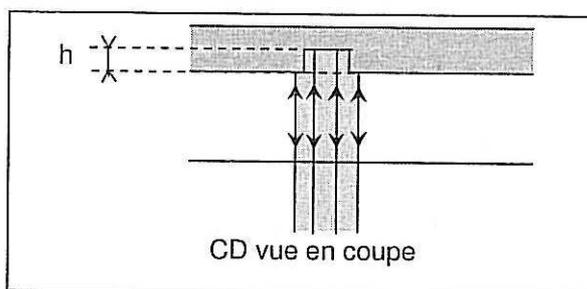
Document 3

Le codage de l'information est réalisé par les transitions creux-plat ou plat-creux, ou l'absence de transition.

Données : Célérité des ondes lumineuses dans le vide (ou dans l'air) : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

L'indice d'un milieu transparent est défini par la relation $n = \frac{c}{v}$, v étant la célérité de la lumière dans le milieu transparent.

- 2.1. Citer une propriété du faisceau LASER utilisée dans la lecture des CD.
- 2.2. Calculer la fréquence de la radiation monochromatique.
- 2.3. L'indice du polycarbonate est $n = 1,55$. Calculer la célérité de l'onde lumineuse dans le CD.
- 2.4. En déduire la longueur d'onde λ de la lumière dans le polycarbonate, sachant que la fréquence ne dépend pas du milieu traversé.
- 2.5. Quand le faisceau laser frappe une cuvette, une partie du faisceau est réfléchiée par le fond de la cuvette et le reste par le bord (**document 4**) car le diamètre du faisceau est plus grand que la largeur de la cuvette. Ces ondes réfléchies peuvent interférer.
 - 2.5.1. En vous aidant du document 4, expliquer pourquoi les interférences sont destructives si $h = \frac{\lambda}{4}$.



Document 4

- 2.5.2. Vérifier que la profondeur d'une cuvette est bien choisie pour provoquer des interférences destructives.
 - 2.5.3. Comparer sans calcul l'éclairement de la photodiode quand le faisceau laser éclaire un plat ou une cuvette.
- ### 3. Lecteur Blu-ray
- On trouve depuis quelques années dans le commerce des lecteurs "Blu-ray" qui utilisent une diode laser bleue dont la longueur d'onde est pratiquement égale à la moitié de celle des lecteurs classiques ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$). Les disques Blu-ray peuvent stocker une quantité de données beaucoup plus importante : jusqu'à 25 Go.
- 3.1. Quel est le phénomène physique propre aux ondes qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD ?
 - 3.2. Expliquer pourquoi l'utilisation d'une diode laser bleue peut permettre de stocker plus d'informations sur un disque Blu-ray dont la surface est identique à celle d'un CD ?
 - 3.3. Doit-on conserver sur un disque Blu-ray, la même profondeur de cuvette que sur un CD classique ? Justifier la réponse.
 - 3.4. Peut-on lire un CD sur un lecteur Blu-ray ? Une seule justification est demandée.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13, y compris celle-ci.

La feuille annexe (pages 13/13) EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

EXERCICE I. TRANSFERTS D'ÉNERGIE (7,5 points)
--

Réduire la consommation d'énergie est, de nos jours, au cœur des préoccupations afin de préserver l'environnement, épargner les ressources naturelles et limiter les dépenses. Une grande part de la consommation d'énergie provient de l'habitat. Comment rendre une maison plus économe en énergie de chauffage ?

1. Isolant thermique : faire le bon choix

Soucieux de réduire ses dépenses de chauffage, Frédéric décide d'améliorer l'isolation thermique de son habitation. Sa maison possédant un grenier non chauffé, il décide d'en isoler le sol.

Données :

- Température du grenier : $\theta_1 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Température de la maison : $\theta_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Surface du sol du grenier : $S = 80 \text{ m}^2$;
- Résistance thermique du sol du grenier : $R = 7,5 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$.

1. 1. Dans quel sens s'effectuera le transfert thermique dans la maison de Frédéric ?

1. 2. Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier.

Frédéric consulte de nombreuses documentations sur l'isolation thermique. Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée λ . Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

1. 3. Utiliser le tableau suivant pour conseiller Frédéric dans son choix de matériau. Justifier.

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique λ en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	0,035	0,033	0,042	0,039

1. 4. La résistance thermique totale du sol du grenier doit atteindre la valeur $R = 6,3 \times 10^{-2} \text{ K.W}^{-1}$. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant choisi précédemment par Frédéric à la question 1.3.

1. 5. Frédéric a lu que la résistance thermique d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique λ du matériau constituant la paroi, de son épaisseur e et de la surface S traversée par le flux thermique. La résistance thermique est inversement proportionnelle à la conductivité thermique et à la surface traversée et proportionnelle à l'épaisseur.

1.5.1. À partir des informations ci-dessus, donner l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane. Vérifier l'homogénéité de votre expression.

1.5.2. Tous les matériaux proposés dans le tableau s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce. Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi par Frédéric ?

2. Principe d'un chauffe-eau solaire

Toujours dans le but de réaliser des économies d'énergie, Frédéric envisage de produire son eau chaude sanitaire en tirant profit de l'énergie solaire. Il se documente sur le principe d'un chauffe-eau solaire individuel. Voici le résultat de ses recherches :

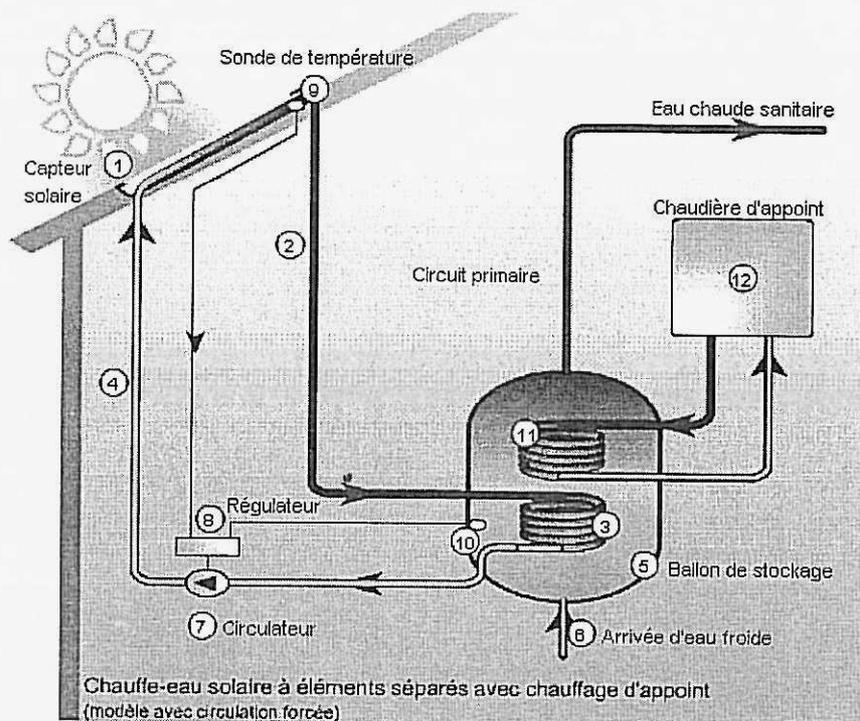


Schéma du principe d'un chauffe-eau solaire individuel (D'après Ademe)

Un chauffe-eau solaire se compose d'un capteur solaire thermique (qui se comporte comme une mini-serre) (1). Dans le circuit primaire (2) calorifugé circule le liquide caloporteur (eau + glycol). Ce liquide s'échauffe lorsqu'il passe dans les tubes du capteur solaire et se dirige vers le ballon de stockage (5) de l'eau sanitaire. Le liquide caloporteur cède sa chaleur à l'eau sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur thermique (3). Une fois refroidi, le liquide caloporteur repart vers le capteur solaire où il sera à nouveau chauffé. Une pompe électrique (7) met en mouvement le liquide caloporteur lorsque la température de celui-ci est supérieure à celle de l'eau sanitaire du ballon.

L'énergie solaire ne peut pas assurer la production d'eau chaude quelle que soit la saison. C'est pourquoi le ballon de stockage est également équipé d'un dispositif de chauffage d'appoint (ensemble (11) et (12)).

2. 1. Citer les trois modes de transfert thermique. Les présenter brièvement.

2. 2. Quel mode de transfert thermique intervient :

- au niveau du capteur solaire (1),
- au niveau de l'échangeur thermique (3),
- et à l'intérieur du ballon de stockage (5) ? Justifier.

2. 3. Le fluide caloporteur s'échauffe lorsqu'il passe dans le capteur solaire. Comment varie son énergie interne ? Pourquoi ?

3. Bilan thermique

Installé dans sa cuisine, Frédéric poursuit ses réflexions sur les modifications à réaliser dans sa maison tout en se préparant une tasse de thé. Il réchauffe l'eau de son thé à l'aide de son four à micro-ondes. Lorsque les micro-ondes atteignent les molécules d'eau présentes dans les aliments, celles-ci se mettent à osciller $2,45 \times 10^9$ fois par seconde. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer les aliments.

Données :

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$;
- Capacité thermique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- On rappelle que l'énergie transférée à un système avec une puissance P pendant la durée Δt est : $E = P \Delta t$.

3. 1. À quel type d'ondes les micro-ondes appartiennent-elles ?
3. 2. Déterminer la longueur d'onde des micro-ondes du four.

Frédéric chauffe un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'eau dans sa tasse. Il souhaite que la température de l'eau passe de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. 3. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans la tasse.

On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé. Le four est réglé sur la position de puissance $P = 900 \text{ W}$.

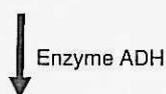
3. 4. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?

EXERCICE II. LES DANGERS DE L'ALCOOL (7,5 points)

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).

Alcool pur : Ethanol : C_2H_6O



Ethanal C_2H_4O

Dégradation ↓ ultérieure...

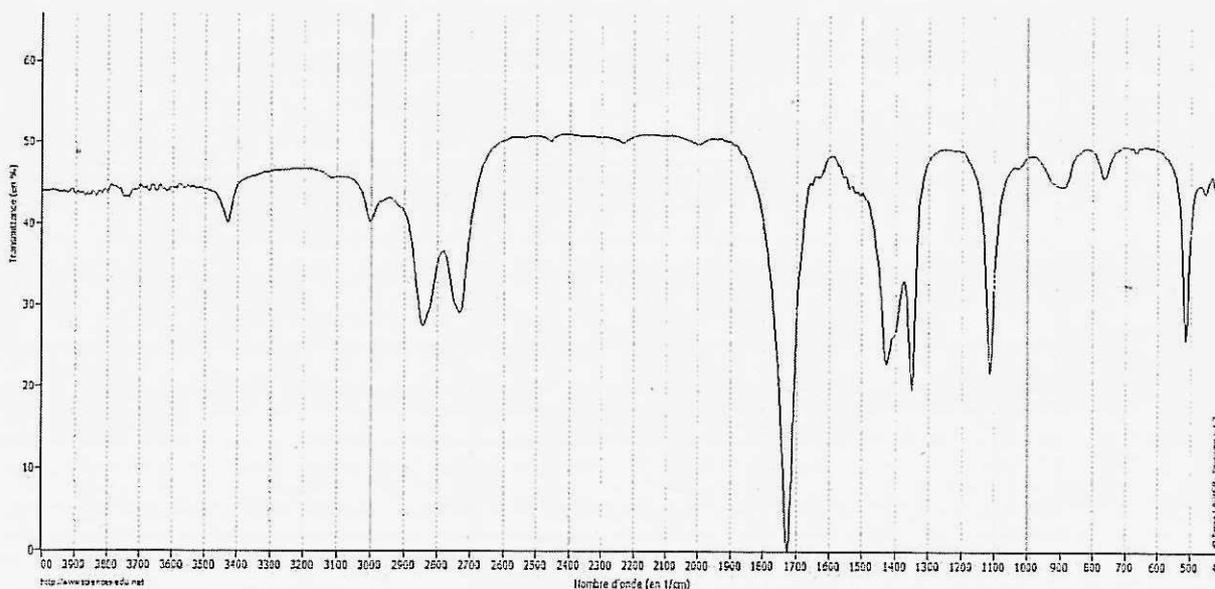
Synthèse du cholestérol

www.sfa-ispa.ch

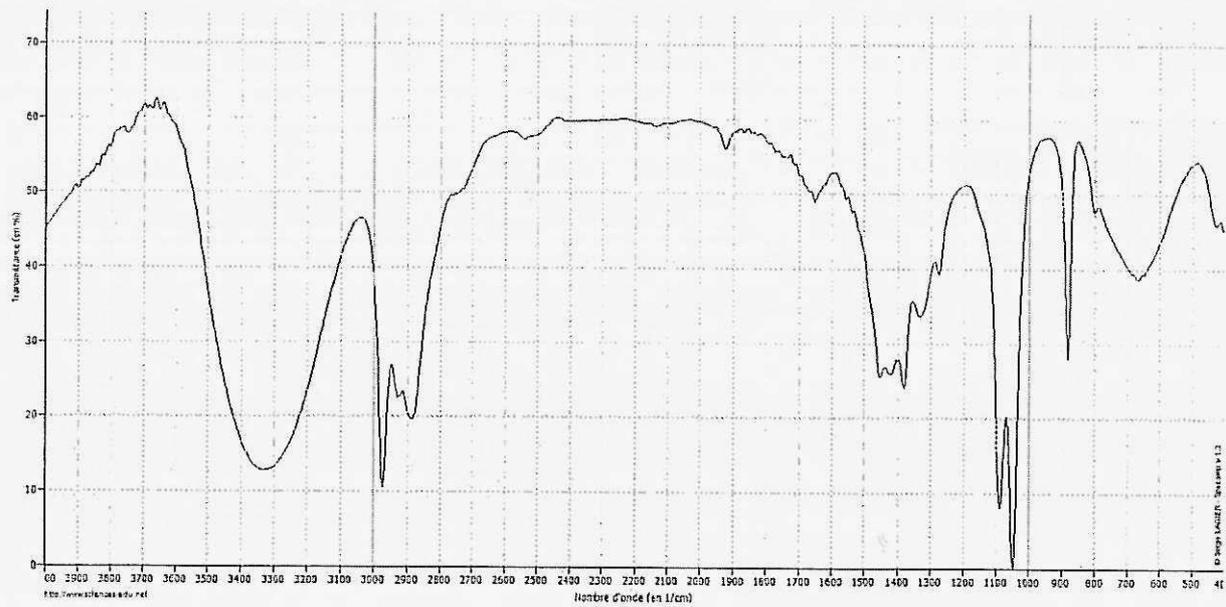
Document 1

1. Spectroscopie

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.



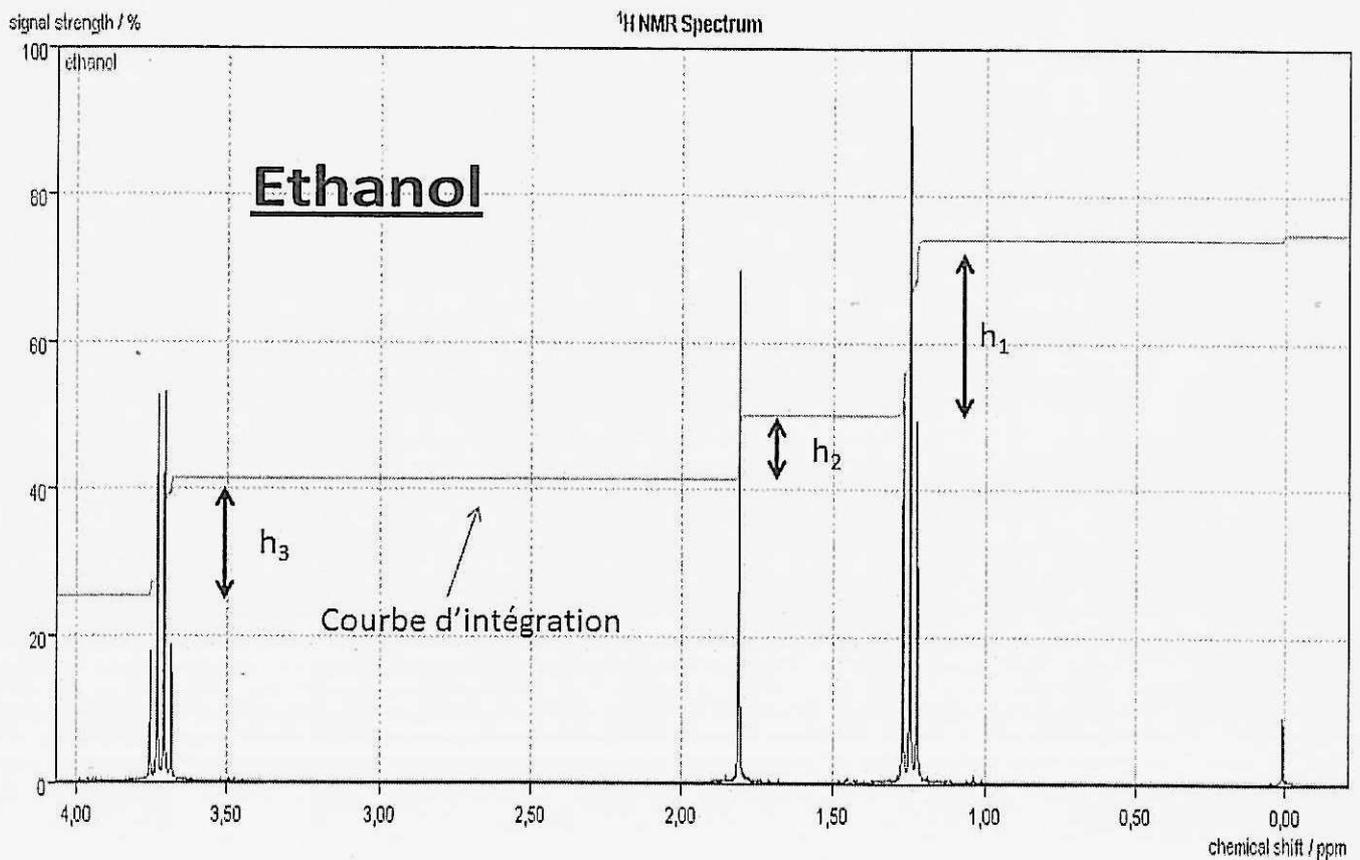
Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1



Document 2b : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2

Liaison	C - C	C - O	C = O (carbonyle)	C - H	O - H
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1000-1250	1050-1450	1650-1740	2800-3000	3200-3700

Document 2c : Table de données pour la spectroscopie IR



Document 3 : Spectre de RMN de l'éthanol

1. 1. Le document 1 évoque les molécules d'éthanol et d'éthanal : représenter en formule semi-développée ces deux molécules et encadrer leurs fonctions caractéristiques.
1. 2. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ? A quelle famille appartient cette molécule ?
1. 3. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ? A quelle famille appartient cette molécule ?
1. 4. En utilisant les données spectroscopiques du document 2, associer chaque spectre infrarouge (IR) à la molécule correspondante en justifiant.
1. 5. Le document 3 présente le spectre RMN de l'éthanol. En utilisant la courbe d'intégration, calculer les rapports h_1/h_2 et h_3/h_2 .
1. 6. Utiliser les rapports calculés pour associer aux trois massifs du spectre, les groupes de protons équivalents de l'éthanol.
1. 7. Le massif de pics situé au déplacement chimique 1,25 ppm se présente sous la forme d'un triplet. En utilisant la règle des $(n+1)$ -uplets, justifier cette multiplicité en évoquant le nombre d'atomes d'hydrogène voisins.

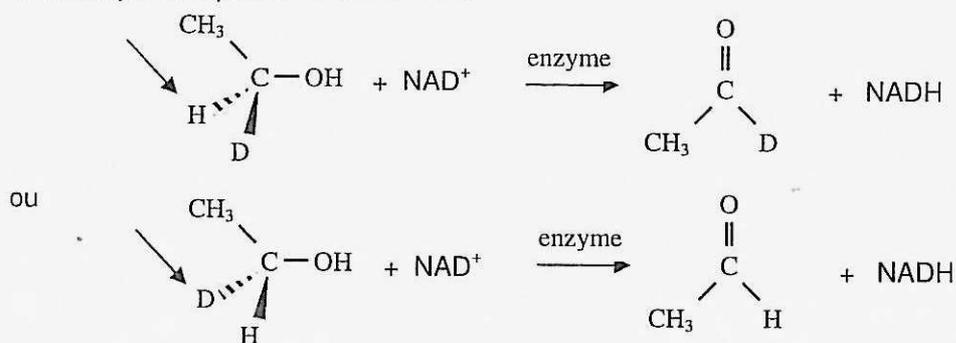
2. Mécanisme de métabolisation des alcools.

Après étude de la structure de ces molécules, nous allons étudier le mécanisme biochimique expliquant leur transformation dans l'organisme.

La métabolisation des alcools implique leur oxydation en composés carbonylés. Dans les systèmes biologiques, l'éthanol est transformé en éthanal grâce à un oxydant noté NAD^+ . La réaction est catalysée par une enzyme appelée alcool-déshydrogénase.

En substituant un atome d'hydrogène par un atome de deutérium D, on peut mettre en évidence le rôle énantiosélectif de cette enzyme.

En soumettant les deux énantiomères du 1-deutérioéthanol à l'action de l'enzyme, on a pu établir que l'oxydation biochimique était stéréospécifique, le NAD^+ arrachant uniquement l'hydrogène marqué ci-dessous par une pointe de flèche noire.



D'après
C. Vollhardt,
N. Schore :

Traité de
chimie
organique.

D désigne l'isotope 2 de l'hydrogène ${}^2_1\text{H}$ appelé deutérium.

2. 1. Quel est le nom de la représentation chimique utilisée dans le mécanisme ci-dessus pour l'alcool ?
2. 2. Que représentent les traits pointillés et les traits épais ?
2. 3. En vous basant sur cette représentation, développer complètement la molécule d'éthanol en faisant apparaître toutes les liaisons.
2. 4. Quelle particularité stéréochimique possède le carbone porteur du deutérium dans la molécule de deutérioéthanol ? Comment nomme-t-on ce type de molécules ?
2. 5. L'éthanal obtenu par oxydation se présente-t-il sous la forme d'un mélange d'énantiomères ? Justifier.

2. 6. La dégradation de l'alcool dans l'organisme est une réaction catalysée. Donner la définition d'un catalyseur. Quel type de catalyse est présenté ici ?

3. Contrôle de qualité d'un vin : dosage par spectrophotométrie de l'éthanol.

On peut lire dans *le code de la santé publique* depuis juin 2000 : catégorie *Vins doux* : vins, apéritifs à base de vin ne titrant pas plus de 18 degrés.

On se propose de vérifier en laboratoire si un vin obéit à cette législation.

Définition : Le titre alcoométrique, exprimé en degrés, est égal au nombre de litres d'éthanol contenus dans 100 litres de vin.

Données : $M(\text{éthanol}) = 46,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $\mu(\text{éthanol}) = 0,78 \text{ g.mL}^{-1}$

Afin de procéder au contrôle, on réalise le titrage par spectrophotométrie du vin en suivant le protocole suivant :

Première étape : On recueille l'éthanol du vin par distillation.

Deuxième étape : L'éthanol est oxydé par la NAD^+ dans une réaction catalysée par une enzyme spécifique similaire à celle évoquée dans la partie II. La réaction produit de la nicotinamide-adénine-dinucléotide réduite (NADH) en quantité de matière égale à celle de l'éthanol dosé selon l'équation :



Troisième étape : La NADH absorbant dans le domaine UV, on mesure son absorbance par spectrophotométrie.

L'étalonnage du spectrophotomètre avec différentes solutions d'éthanol permet de vérifier la loi de Beer-Lambert : $A = k.C_m$ avec $k = 1,6 \times 10^{-3} \text{ L.mg}^{-1}$ et C_m la concentration massique d'éthanol dans l'échantillon.

Réalisation de la mesure : On distille 10 mL de vin ; le distillat est ensuite ajusté à 100 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution appelée S.

On prépare l'échantillon à doser par spectrophotométrie en introduisant dans une fiole jaugée de 100 mL :

- 1 mL de solution S,
- le catalyseur,
- NAD^+ en excès,

On complète avec de l'eau distillée.

L'absorbance mesurée pour cet échantillon vaut: $A_e = 0,15$.

3. 1. Déterminer à partir de l'absorbance mesurée A_e , la concentration massique C_m en éthanol de l'échantillon étudié.

3. 2. En tenant compte des deux dilutions successives, calculer les concentrations massiques en éthanol suivantes :

3.2.1. C_S dans la solution S.

3.2.2. C_V dans le vin.

3. 3. Quelle est la valeur du titre alcoométrique exprimé en degrés du vin ?

3. 4. Ce vin est-il conforme au code de la santé publique ?

Exercice III. COMMENT EVITER LES DANGERS SONORES SANS PERDRE LA QUALITE DU SON LORS D'UN CONCERT EN PLEIN AIR ? (5 points)



Depuis les années 70, l'écoute de la musique à un niveau sonore élevé est devenue un véritable phénomène de mode et le risque de perte d'acuité auditive est aujourd'hui un véritable problème de santé publique.

En général les personnes atteintes se plaignent de sifflements dans l'oreille (d'acouphènes) ou de troubles de l'audition qui disparaissent le plus souvent après quelques jours de repos auditif. A long terme ces effets peuvent devenir permanents et l'audition dégradée de manière irréversible.

C'est pour cela que le niveau sonore pour les établissements diffusant de la musique est réglementé à 105 dB (décret 98-1143 dit « lieux musicaux »). Le niveau des baladeurs est limité à 100 dB mais ce niveau peut être facilement amplifié par les écouteurs.

Il est donc important d'éduquer, d'informer et d'amener la population à réfléchir sur le handicap que peut engendrer l'exposition prolongée à des niveaux sonores trop élevés.

D'après Le pharmacien et l'oreille : conseil à l'officine, thèse soutenue par Adeline Zannoni

Cet exercice porte sur les risques auditifs liés à l'écoute prolongée de musique. Vous devez, pour cela, lire attentivement l'ensemble des documents proposés, répondre à la fin de l'exercice à des questions à choix multiples puis résoudre le problème posé à l'aide d'une rédaction d'au minimum 20 lignes.

« Comment varie le niveau sonore en fonction de la distance ? Si le son n'est pas réfléchi ou diffracté, le niveau sonore perd 6 dB à chaque fois que l'on double la distance. Si le niveau sonore est de 90 dB à 3 mètres de l'instrument, il sera de 84 dB à six mètres. »

Niveau sonore de divers instruments à trois mètres, en plein air :

Clarinette	86 dB
Contrebasse	92 dB
Piano	94 dB
Trombone	107 dB
Grosse caisse	113 dB

D'après Le son musical de John Pierce

Document 1

Même si nous ne sommes pas tous égaux face au son, voici la dose moyenne de son tolérable par semaine. Au-delà de cette dose, vous risquez de léser progressivement et définitivement votre audition.

SEUIL DE DOULEUR



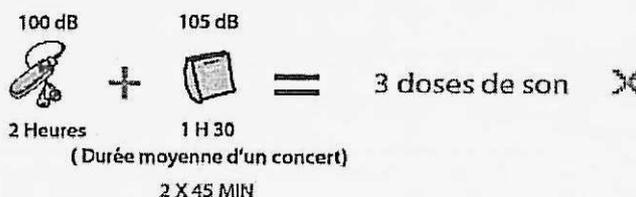
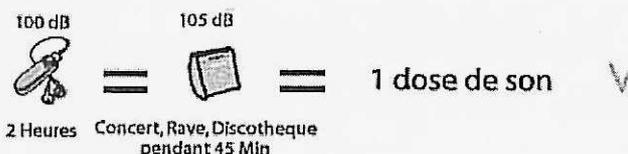
SEUIL DE RISQUE

100 dB	Durée d'exposition hebdomadaire tolérée	Fusée ARIANE
120 dB	1 MIN à 120 dB	Avion au décollage
100 dB	45 MIN à 105 dB 2H à 100 dB	Concert amplifié Discothèque
90 dB	7H à 95 dB 20 H à 90 dB	Balladeur à fort volume
60 dB		Imprimante
40 dB		Sonnerie de téléphone
20 dB		Tic-Tac d'une montre
		Bruissement de feuilles

Des oreilles dans la moyenne peuvent tolérer l'écoute d'un baladeur au niveau maximum (100 dB) pendant deux heures par semaine. Elles peuvent tolérer l'écoute d'un concert à 105 dB pendant 45 min.

Les doses de son s'additionnent. Il ne faut pas dépasser une dose de son par semaine. Deux heures de baladeur au niveau maximum plus un concert à 105 dB c'est trois fois la dose de son tolérée par semaine ... il y a DANGER !

On estime que le risque existe à partir d'un niveau sonore de 90 dB. Cependant, la douleur n'apparaît qu'à partir de 120 dB, soit à une intensité sonore 1000 fois plus élevée que le seuil de risque. Les lésions peuvent survenir sans que l'on s'en aperçoive sur le moment. Mais le véritable danger n'est pas uniquement dans le niveau sonore : il se situe aussi dans la dose de son, c'est-à-dire le temps d'exposition à un niveau sonore donné.

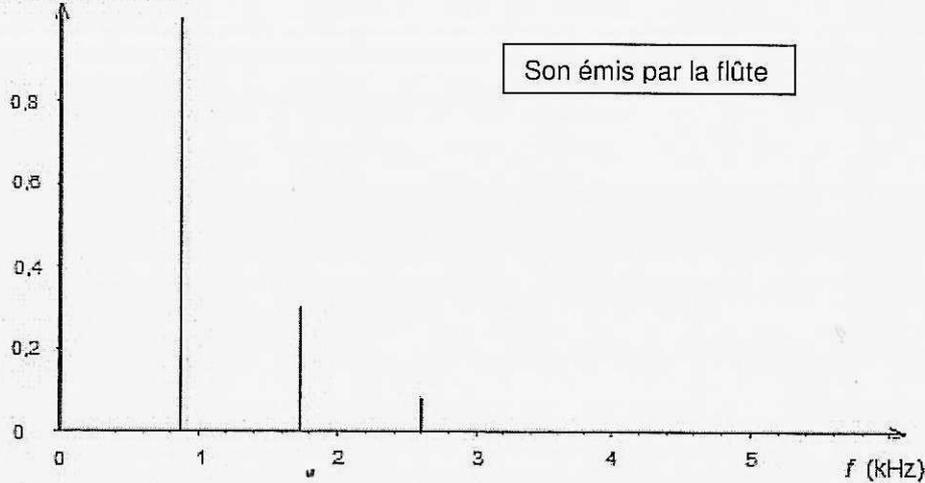


D'après <http://www.agi-son.org>

De plus en plus, à l'entrée des festivals de musique, des discothèques ..., on voit des distributions gratuites de bouchons d'oreille en mousse.

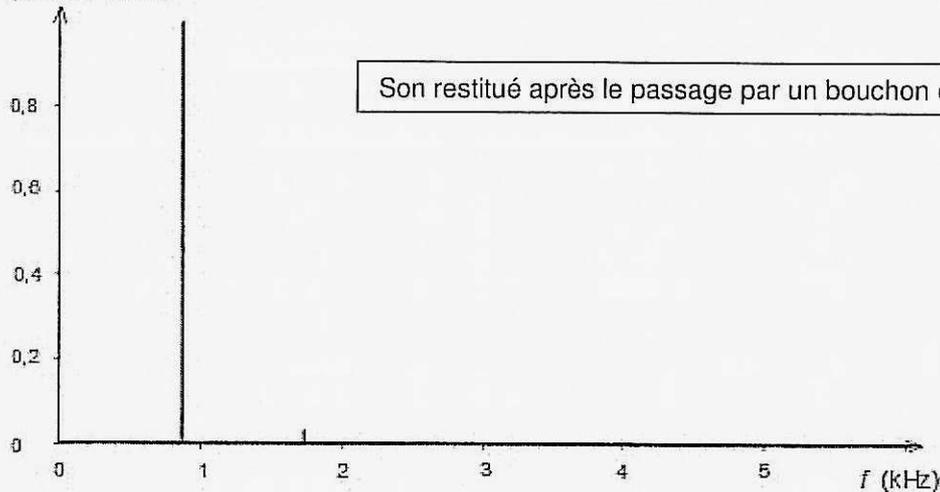
Les courbes ci-dessous présentent l'enregistrement au laboratoire du son émis par une flûte et des enregistrements du son restitué par un bouchon d'oreille en mousse et un bouchon d'oreille moulé en silicone (très utilisé par les musiciens, mais de prix assez élevé) lorsque la note jouée est un la_4 .

amplitude relative



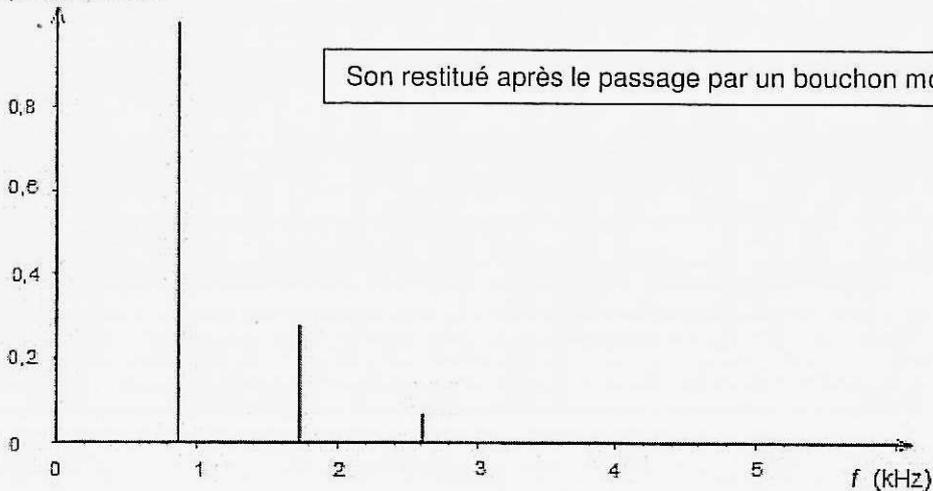
Son émis par la flûte

amplitude relative



Son restitué après le passage par un bouchon en mousse

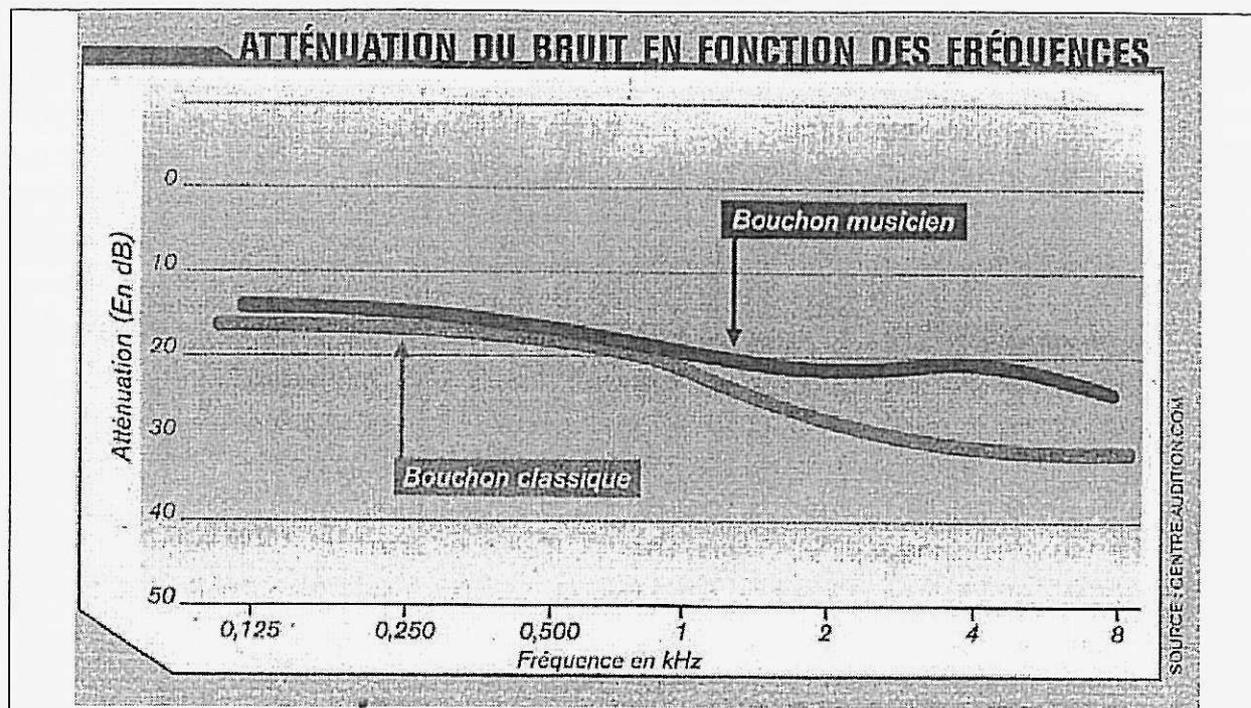
amplitude relative



Son restitué après le passage par un bouchon moulé en silicone

D'après Bac métropole 09/2009

Document 3



Document 4

1. QCM : Cocher les bonnes réponses

Sur le tableau de l'annexe à rendre avec la copie, cocher les bonnes réponses en précisant à chaque fois le numéro du document utilisé pour répondre à la question. Chaque bonne réponse amène des points. Une mauvaise réponse ne conduit pas à un retrait de points.

2. Question de synthèse :

À partir des documents proposés et de vos connaissances personnelles, indiquez, en le justifiant, vos recommandations pour profiter d'un concert en plein air sans risques auditifs et tout en gardant intacte la qualité du son.

Vous prendrez soin, pour cela, d'utiliser la totalité des documents proposés, d'utiliser au moins une application numérique pertinente, d'apporter une solution au problème posé en veillant à structurer les informations recueillies, d'adopter un jugement critique argumenté et de rédiger un document d'au minimum 20 lignes dans un français correct.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Questions	Réponses	Documents
1. L'analyse spectrale du son émis par la flute, dans le document 3, montre que c'est un son pur.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
2. La hauteur du son est modifiée par le bouchon en mousse.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
3. Un lycéen se rend à un concert sans protection auditive. Il a déjà écouté son baladeur à 100 dB pendant une heure dans la semaine. Il peut rester une heure à ce concert de niveau sonore 105 dB sans prendre de risques pour son audition.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
4. Les bouchons en silicone sont utilisés par les musiciens car ils conservent la hauteur et le timbre du son.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
5. Si le niveau sonore est de 90 dB à trois mètres de l'instrument, il sera de 84 dB à six mètres et de 78 dB à neuf mètres.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage d'une calculatrice EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

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

Les pages d'annexes (pages 13, 14 et 15) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

EXERCICE I - LA MESURE DU TEMPS (5 points)

Pour mesurer le temps, plusieurs méthodes ou instruments ont été élaborés. Les différents documents ci-dessous présentent quelques unes de ces méthodes.

Document 1 :

Les hommes préhistoriques étaient conscients de la notion de jours et de nuits ainsi que de la succession des saisons. La mesure du temps est le plus ancien problème technique que les hommes ont eu à résoudre. Le Soleil et la Lune, les deux astres les plus visibles, furent les premières horloges utilisées par les hommes.

On appelle phases de la Lune, les différents aspects qu'elle présente et qui s'expliquent par le fait que la Lune tourne autour de la Terre. L'intervalle entre deux phases identiques de la Lune est une unité de temps : le mois lunaire (ou lunaison), qui est de 29,5 jours.

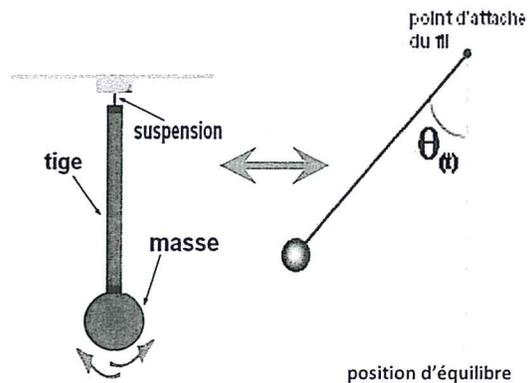
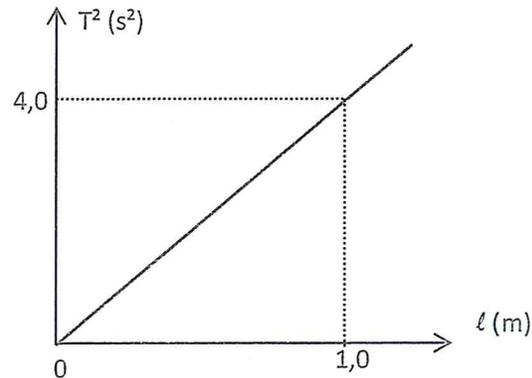
Nos contemporains constatent que certains édifices tels Stonehenge, alignement de mégalithes du néolithique situé en Angleterre, permettaient de repérer des moments remarquables de l'année comme les solstices.

Document 2 : Mesurer le temps à l'aide d'un cadran solaire (≈ 600 avant Jésus-Christ en Grèce)

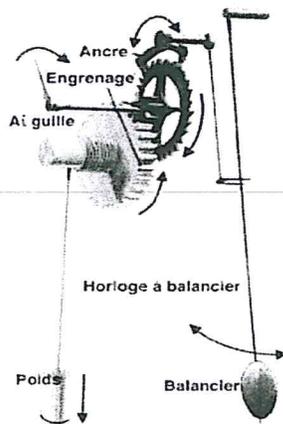
Le cadran solaire est une surface plane dans laquelle est plantée une tige appelée style. La direction de l'ombre indique l'heure au soleil. Le cadran est divisé en douze heures du lever au coucher du soleil, mais comme la durée du jour varie selon les saisons, la durée des heures varie également... Plus tard, le perfectionnement de la graduation du cadran et l'orientation du style permettront d'augmenter la fiabilité de l'instrument.

Le cadran solaire possède de nombreux inconvénients : il indique l'heure locale et est soumis aux aléas climatiques (le soleil ne doit pas être voilé). D'autre part, il est imprécis.

Les instruments de mesure du temps, Musée de l'horlogerie de Saint Nicolas d'Aliermont

Document 3 : Mesurer le temps à l'aide d'oscillateurs mécaniques (XIII^{ème} au XX^{ème} siècle, Europe)**Document 3.a : Oscillations d'un pendule****Document 3.b : Variation du carré de la période d'oscillation T d'un pendule non soumis aux forces de frottement en fonction de la longueur ℓ de la tige.****Document 3.c : L'horloge mécanique, une amélioration du pendule par C. Huygens**

Dans l'horloge mécanique de C. Huygens, un pendule battant la seconde est utilisé. Un dispositif constitué d'une masse (appelée « poids ») et d'un système d'engrenages est associé au pendule pour compenser le phénomène d'amortissement des oscillations. L'échappement à ancre permet de bloquer la chute de la masse et ainsi de transférer à chaque oscillation une quantité d'énergie adéquate au balancier.



Principe de l'horloge de Huygens d'après le site « L'Horloge et la montre »

Document 3.d :

La période d'un pendule dépend de l'intensité de la pesanteur g (une horloge à l'heure au pôle n'est plus à l'heure à l'équateur). Dans une moindre mesure, la période dépend aussi de la température (lorsque la température augmente, le balancier se dilate).

Les marins ont rapidement souhaité transporter les horloges pour connaître précisément l'heure et se localiser. Cela leur était cependant impossible pour cause de taille, de sensibilité au tangage et d'imprécision. Cela a conduit à l'invention des chronomètres de marine puis des montres, miniaturisations des horloges utilisant des engrenages de très petite taille et des ressorts spiraux pour remplacer le « poids ».



Chronomètre de marine d'après le site Wikipédia

Document 4 : Mesurer le temps à l'aide d'une horloge à quartz (1930)

cristal de quartz

Une horloge à quartz est un dispositif qui met en jeu une propriété de certains matériaux appelée la piézoélectricité. Excité par un courant électrique, un cristal de quartz peut osciller. On réalise alors un oscillateur électrique vibrant à une fréquence très précise de **32768 Hz**. Un circuit diviseur de fréquence permet d'obtenir une impulsion par seconde. Les impulsions sont ensuite transmises soit à un système mécanique permettant de faire tourner les aiguilles, soit à un système électronique permettant d'afficher l'heure.

Une horloge à quartz dérive seulement d'une seconde tous les six ans.

Document 5 : Mesurer le temps à l'aide d'une horloge atomique (1950)

Les horloges atomiques ont été mises au point dès le milieu des années 1950. Leur précision et leur stabilité sont telles qu'elles constituent aujourd'hui les étalons de temps (ou de fréquence). Depuis la Conférence générale des poids et mesures de 1967, « la seconde est la durée de 9192631770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux énergétiques dits hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 ».

❖ *Comment fonctionne une horloge atomique ?*

Prenons l'exemple d'une horloge à césium.

- Un jet d'atomes de césium est produit par un four.
- Les atomes passent par un dispositif approprié (champ magnétique, par exemple) qui sélectionne les atomes se trouvant dans le premier niveau hyperfin.
- Ces atomes traversent ensuite une cavité dans laquelle règne un champ micro-onde de fréquence ν ajustable. Notons (a) le premier niveau énergétique hyperfin et (b) le deuxième.
- Si la fréquence ν est voisine de la fréquence $\nu_0 = (E_b - E_a)/h$ (h : constante de Planck) correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins, des atomes absorbent un photon et passent dans le niveau supérieur (b) .
- À la sortie de la cavité, un second tri permet de détecter les atomes ayant subi la transition.
- Un système d'asservissement ajuste la fréquence ν du champ de façon que le nombre d'atomes ainsi recueillis soit maximal : la fréquence ν est alors égale à ν_0 .
- Des moyens électroniques permettent ensuite de diviser la fréquence de l'oscillateur et, au bout du compte, de fournir un top toutes les secondes — avec une exactitude relative d'environ 10^{-14} , c'est-à-dire qu'au bout de 3 millions d'années, l'erreur accumulée par l'horloge serait inférieure à une seconde...

❖ *Utilisations d'une horloge atomique :*

- Les horloges atomiques servent à établir une échelle de temps mondiale, le « temps atomique international » (TAI) et aident aux systèmes de navigation tels que le GPS.
- Citons trois autres applications : la synchronisation des réseaux de télécommunications à haut débit, la télécommande de sondes spatiales lointaines et les tests expérimentaux de la théorie de la relativité restreinte ou générale d'Einstein.

Source : www.lkb.ens.fr/recherche/atfroids/.../9_les_horloges_atomiques.htm

1. À l'aide du document 3.b expliquer, en justifiant, quelle est la formule donnant la variation de la période T d'un pendule en fonction de la longueur ℓ de la tige (C est une constante réelle).

(a) $T = C \ell$	(b) $T = \frac{C}{\sqrt{\ell}}$	(c) $T = C \sqrt{\ell}$
(d) $T = C \ell^2$	(e) $T = \frac{C}{\ell^2}$	

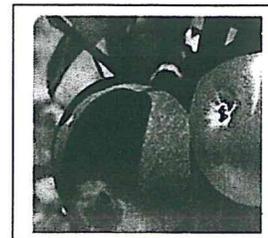
 2. Si la température augmente, comment varie la période d'oscillation du pendule ?

 3. Le balancier d'une horloge mécanique est soumis à des forces de frottement, ce qui conduit à une perte d'énergie mécanique. Représenter l'allure des variations de l'angle θ (représenté sur le document 3.a) en fonction du temps dans le cas où les forces de frottement ne sont pas négligeables. Quel dispositif est utilisé pour compenser l'amortissement des oscillations du pendule dans une horloge mécanique ?

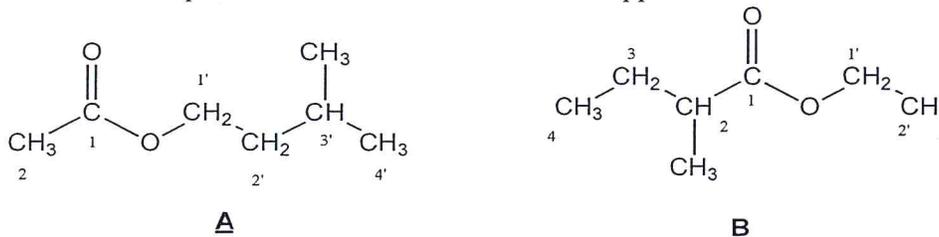
 4. En s'appuyant sur les différents documents, rédiger une synthèse de 20 lignes maximum expliquant comment, face aux limites des techniques, les hommes se sont adaptés pour concevoir des instruments de mesure du temps de plus en plus précis.
-

EXERCICE II – DES MOLÉCULES TÉMOINS DU MÛRISSEMENT DES POMMES (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	Stereoisomère B ₁ de B	Stereoisomère 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 :

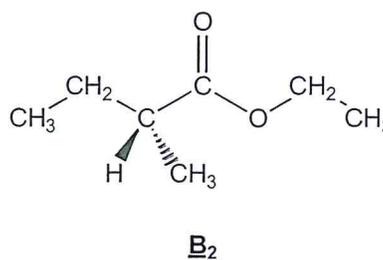
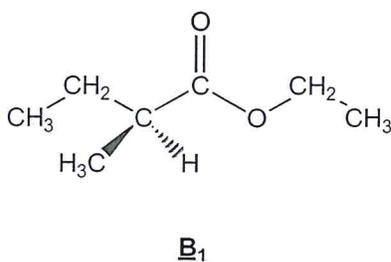
	Molécule A	3-méthylbutan-1-ol	Acide éthanoïque	Eau salée saturée
Densité	0,87	0,81	1,05	1,20
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	130	88	60	

- 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 A : Identification des molécules A et B

1. Propriétés des molécules A et B.

- 1.1. Donner le nom de la fonction chimique présente dans les deux molécules A et B.
- 1.2. Parmi les molécules A et B, l'une se nomme éthanoate de 3-méthylbutyle. Laquelle ? Justifier.
- 1.3. Préciser la formule brute des composés A et B. En déduire par quelle relation les molécules A et B sont liées.
- 1.4. La molécule A présente-t-elle un (ou des) carbones asymétriques ? Si oui, le (ou les) matérialiser sur votre copie à l'aide d'un astérisque (*).
- 1.5. Le composé B présente deux stéréoisomères B₁ et B₂ dessinés ci-dessous.



Donner le nom du type de stéréoisomérisation de configuration qui lie les composés B₁ et B₂. Justifier.

2. Séparation des molécules A, B₁ et B₂ par distillation fractionnée.

On souhaite séparer par distillation fractionnée un mélange de composés B₁, B₂ et A.

- 2.1. Annoter le schéma de distillation fractionnée en ANNEXE 1 page 13 À RENDRE AVEC LA COPIE.
- 2.2. À l'aide des données, dire si une séparation est possible. En cas d'affirmation, préciser, en justifiant, quel est l'ordre dans lequel on recueille les composés dans le distillat.

3. Identification des molécules A et B à l'aide de la spectroscopie RMN du proton ¹H.

On donne en ANNEXE 2 page 14 À RENDRE AVEC LA COPIE deux spectres RMN du proton ¹H correspondant aux molécules A et B.

- 3.1. Noter dans les tableaux donnés en ANNEXE 3 page 15 À RENDRE AVEC LA COPIE la multiplicité des hydrogènes proches des groupements -COO- des molécules A et B.
- 3.2. Associer alors les spectres 1 et 2 aux molécules A et B.

Partie B : Synthèse de la molécule A

1. Analyse du protocole.

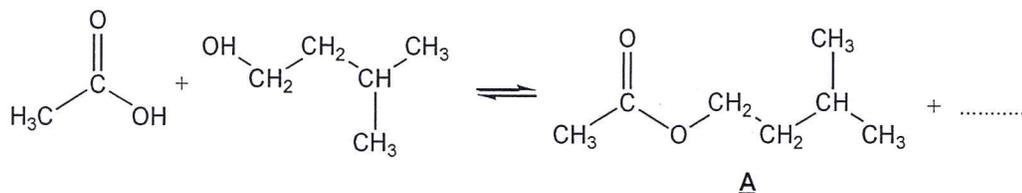
▪ Introduction des réactifs et chauffage :

- ✓ 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.

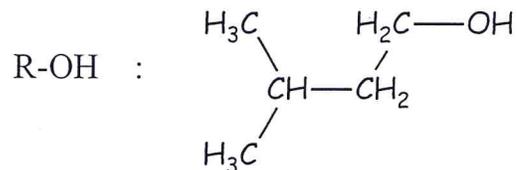
2. Calcul du rendement :

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.

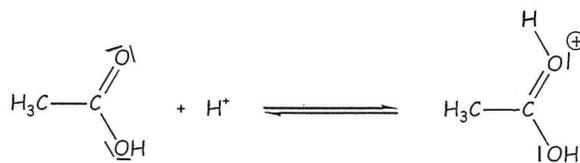
3. Étude du mécanisme de la réaction d'estérification.

Par souci de simplification on notera R-OH le 3-méthylbutan-1-ol :

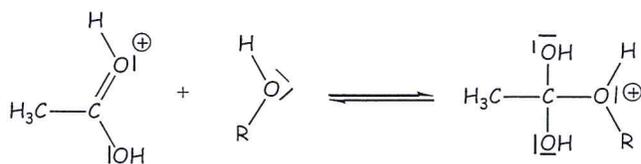


Le mécanisme réactionnel proposé pour la réaction d'estérification conduisant au composé **A** est proposé ci-dessous.

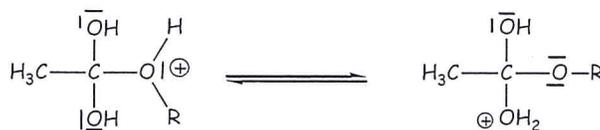
Etape 1 :



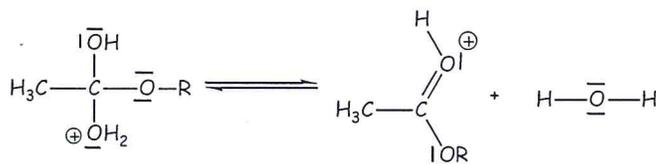
Etape 2 :



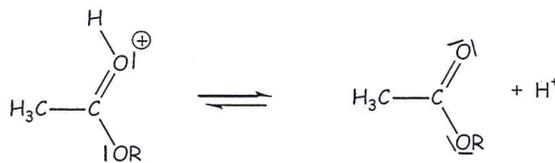
Etape 3 :



Etape 4 :



Etape 5 :



3.1. Indiquer dans le tableau donné en ANNEXE 4 page 15 À RENDRE AVEC LA COPIE le type de réactions correspondant aux étapes 2 et 4 du mécanisme.

3.2. Recopier l'étape 2 et dessiner les flèches courbes schématisant les transferts électroniques.

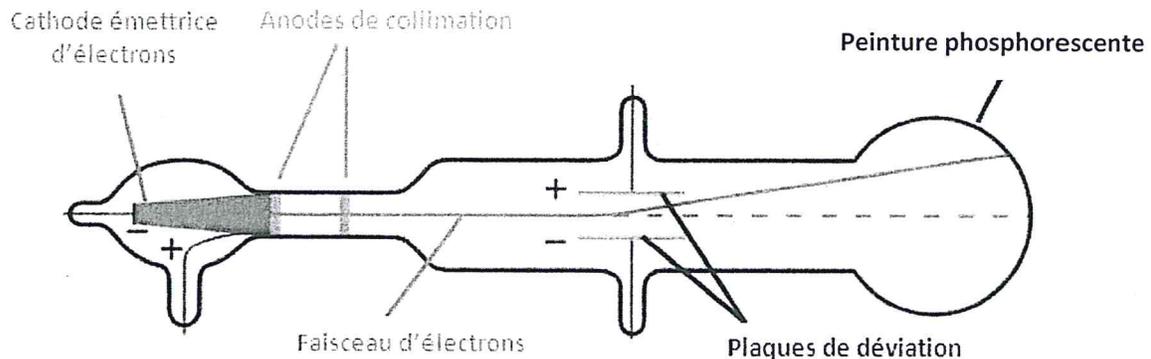
3.3. Comment le cation H^+ intervient-il dans le mécanisme ? Cette observation confirme-t-elle la réponse de la question B.1.2. ?

EXERCICE III : DÉTERMINATION DU RAPPORT e/m POUR L'ÉLECTRON (5 points)

Document 1 : La deuxième expérience de Thomson

Le physicien anglais Joseph John Thomson utilisa un tube à vide, dans lequel une cathode émet des électrons. Ceux-ci sont accélérés dans un champ électrostatique créé par des anodes de collimation. À la sortie de ces anodes, les électrons forment un faisceau très étroit. Ce faisceau passe ensuite entre deux plaques métalliques de charges opposées. Les électrons, soumis à un nouveau champ électrostatique, sont alors déviés de leur trajectoire et viennent frapper un écran constitué d'une couche de peinture phosphorescente.

Tube utilisé par Thomson pour montrer la déviation de particules chargées par un champ électrostatique :



Document 2 : Création d'un champ électrostatique

Deux plaques métalliques horizontales portant des charges opposées possèdent entre elles un champ électrostatique uniforme \vec{E} caractérisé par :

- sa direction : perpendiculaire aux plaques
- son sens : de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement.



Joseph John Thomson
(1856 -1940),
physicien anglais

Document 3 : Force électrostatique subie par une particule chargée dans un champ électrique \vec{E}

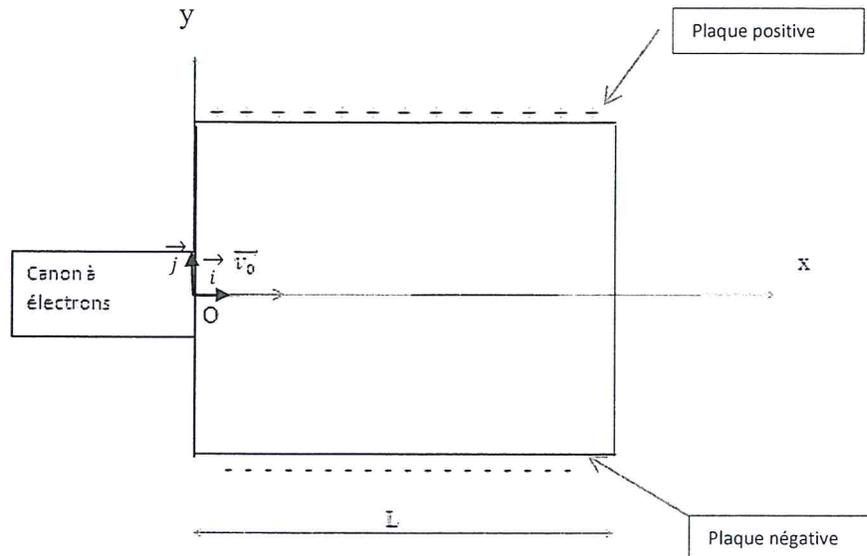
Force subie par la particule chargée $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ Champ électrostatique

Pour un électron : $q = -e$; e étant la charge élémentaire. Charge de la particule

Document 4 : Interactions entre particules chargées

Deux particules de charges de même signe se repoussent ; deux particules de charges opposées s'attirent.

Le montage ci-dessous reprend le principe de la deuxième expérience de Thomson. Il comporte un tube à vide dans lequel un faisceau d'électrons est dévié entre deux plaques de charges opposées. On mesure la déviation verticale du faisceau d'électrons lors de la traversée des plaques sur une longueur L , afin de déterminer la valeur du rapport e/m .



Données de l'expérience :

Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2,27 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$.

Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques.

L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est : $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

La longueur des plaques est : $L = 8,50 \text{ cm}$.

On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique \vec{F} .

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J. Thomson.

1.1. À l'aide du **document 2**, représenter sur **L'ANNEXE 5 page 15 À RENDRE AVEC LA COPIE** le vecteur correspondant au champ électrostatique \vec{E} .
On prendra l'échelle suivante : 1,0 cm pour $5,0 \text{ kV.m}^{-1}$

1.2. *J.J. Thomson a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement (voir document 1).*
Expliquer comment J.J. Thomson en a déduit que les électrons sont chargés négativement.

1.3. À l'aide du **document 3**, donner la relation entre la force électrostatique \vec{F} subie par un électron, la charge élémentaire e et le champ électrostatique \vec{E} . Montrer que le sens de déviation du faisceau d'électrons est cohérent avec le sens de \vec{F} .

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron.

2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton à l'électron, montrer que les relations donnant les coordonnées de son vecteur accélération sont :

$$a_x = 0 \quad \text{et} \quad a_y = \frac{eE}{m}.$$

2.2. On montre que la courbe décrite par les électrons entre les plaques admet pour équation :

$$y = \frac{eE}{2m v_0^2} x^2.$$

À la sortie des plaques, en $x = L$, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur $h = 1,85 \text{ cm}$.

2.2.1. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E , L , h et v_0 .

2.2.2. Donner la valeur du rapport $\frac{e}{m}$.

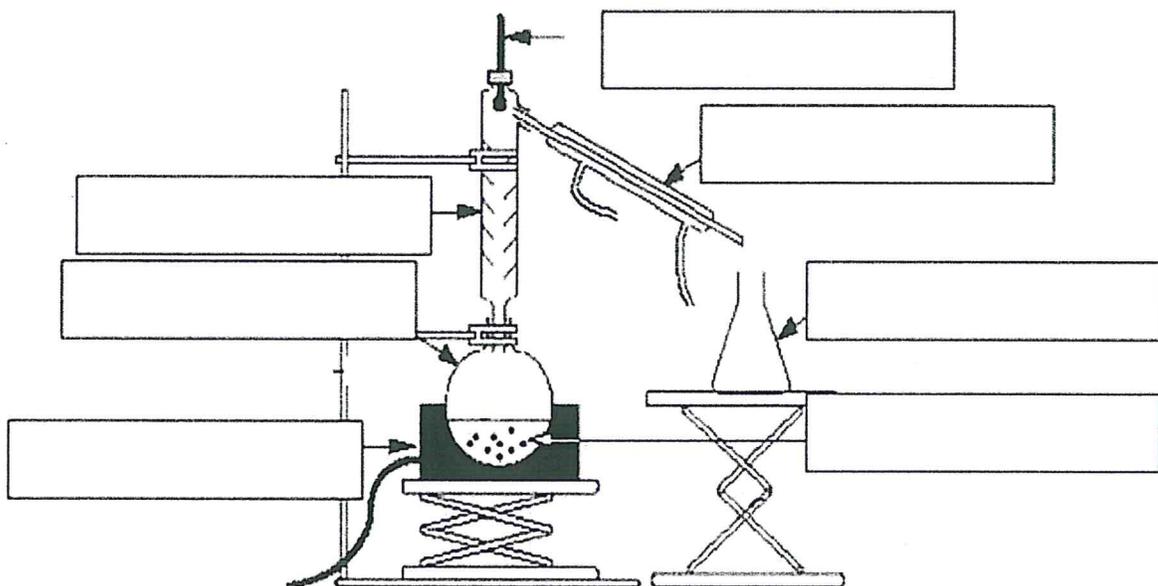
2.2.3. On donne ci-dessous les valeurs des grandeurs utilisées, avec les incertitudes associées :

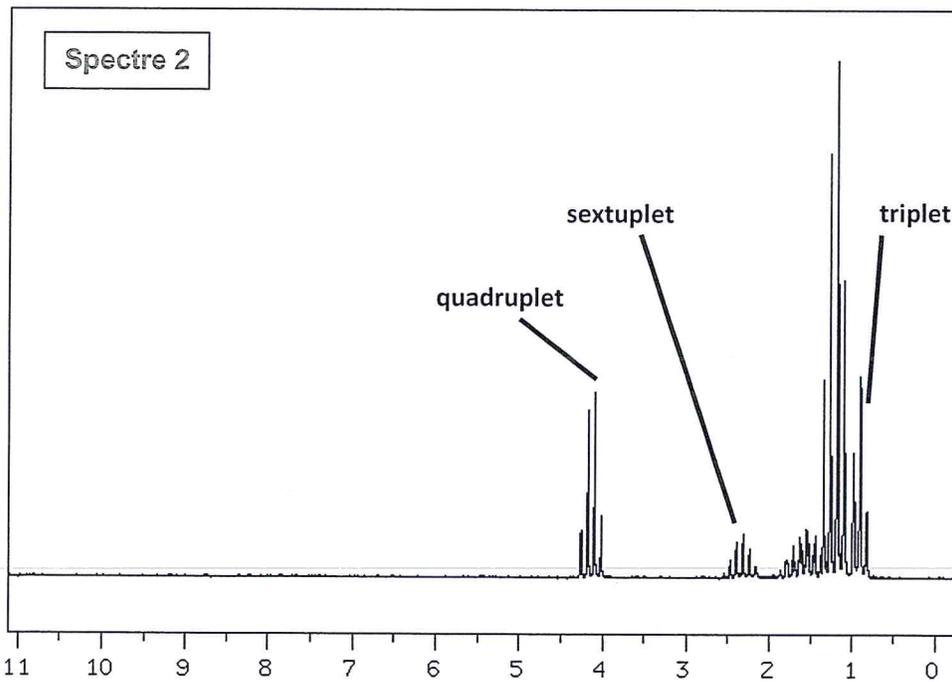
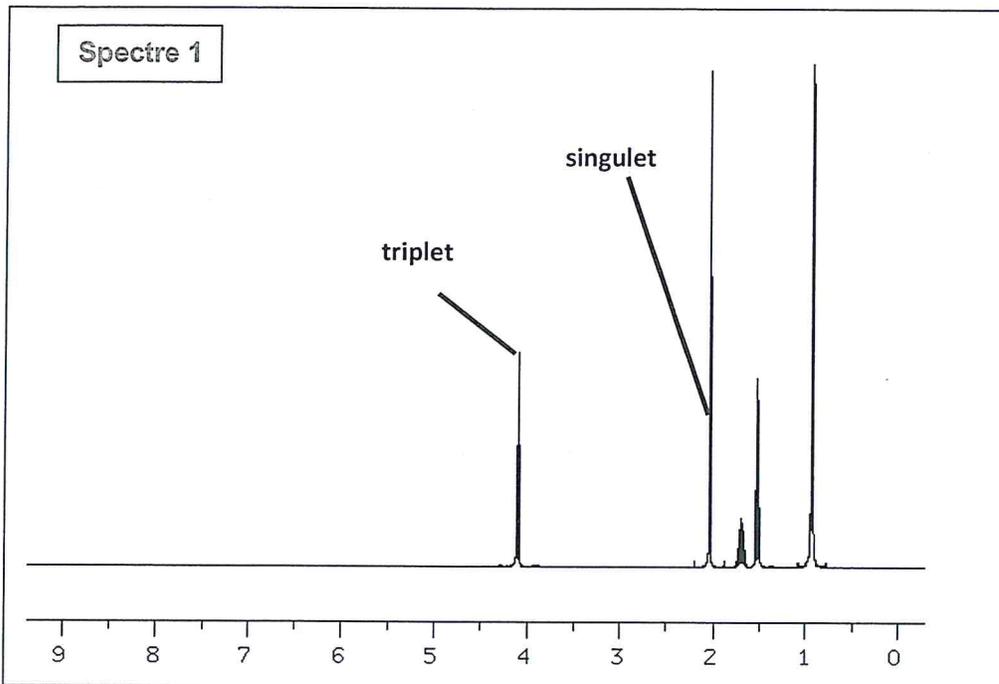
$$\begin{aligned} v_0 &= (2,27 \pm 0,02) \times 10^7 \text{ m.s}^{-1} \\ E &= (15,0 \pm 0,1) \text{ kV.m}^{-1} \\ L &= (8,50 \pm 0,05) \text{ cm} \\ h &= (1,85 \pm 0,05) \text{ cm} \end{aligned}$$

L'incertitude du rapport e/m , notée $U\left(\frac{e}{m}\right)$, s'exprime par la formule suivante :

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \sqrt{\left[\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2\right]}$$

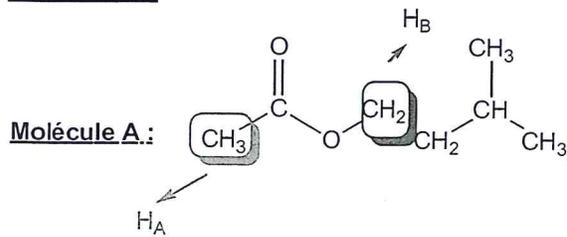
Calculer l'incertitude $U\left(\frac{e}{m}\right)$, puis exprimer le résultat de $\left(\frac{e}{m}\right)$ avec cette incertitude.

ANNEXES À RENDRE AVEC LA COPIE**ANNEXE 1****Montage de distillation fractionnée :**

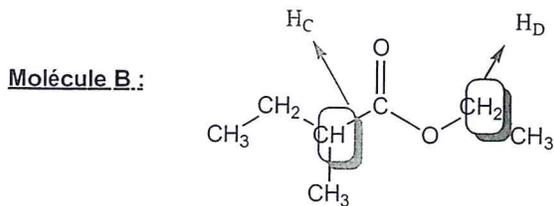
ANNEXE 2

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	$-\text{CH}-\text{OCOR}$: 4,0 - 4,8
----------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------

ANNEXE 3

Hydrogène	Multiplicité
H _A	
H _B	



Hydrogène	Multiplicité
H _C	
H _D	

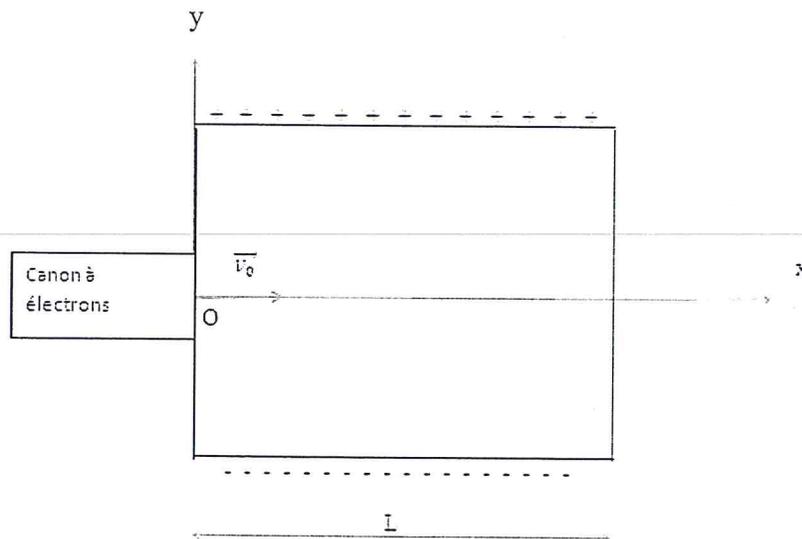
ANNEXE 4

Cocher la bonne case :

	Substitution	Addition	Élimination
Étape 2			
Étape 4			

ANNEXE 5

L'intensité du champ électrique entre les deux plaques est $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **8**

L'usage d'une calculatrice EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 16 pages numérotées de 1 à 16, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 14, 15 et 16) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

EXERCICE III : L'EFFET LARSEN (5 points)

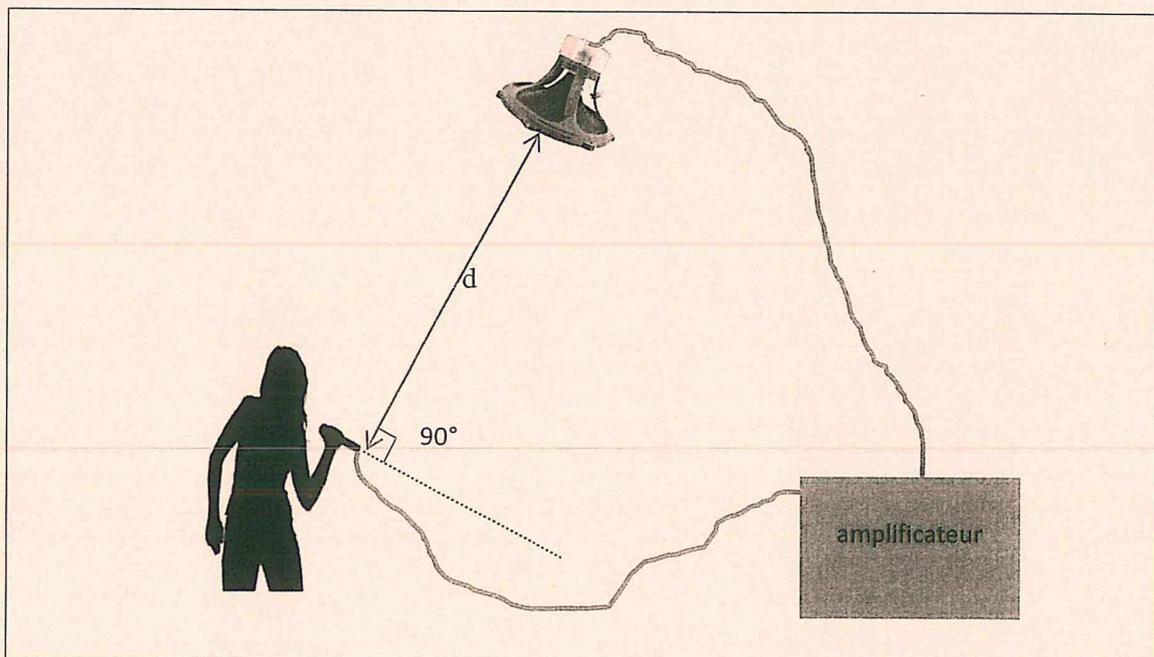
En s'appuyant sur les documents donnés, répondre aux questions suivantes :

1. Comment doivent-êre connectés un haut-parleur et un microphone pour que l'effet Larsen ait lieu ?
2. Quelles sont les dangers que présente l'effet Larsen ?
3. Citer un cas où l'effet Larsen est recherché.
4. *Pour mesurer le plus précisément possible la période du son complexe produit par la guitare électrique, on commence par mesurer la durée de quatre périodes du signal enregistré sur le document 3, puis on en déduit que $T = (2,25 \pm 0,05)$ ms.*

L'incertitude sur la fréquence f est dans ce cas : $U(f) = f \frac{U(T)}{T}$.

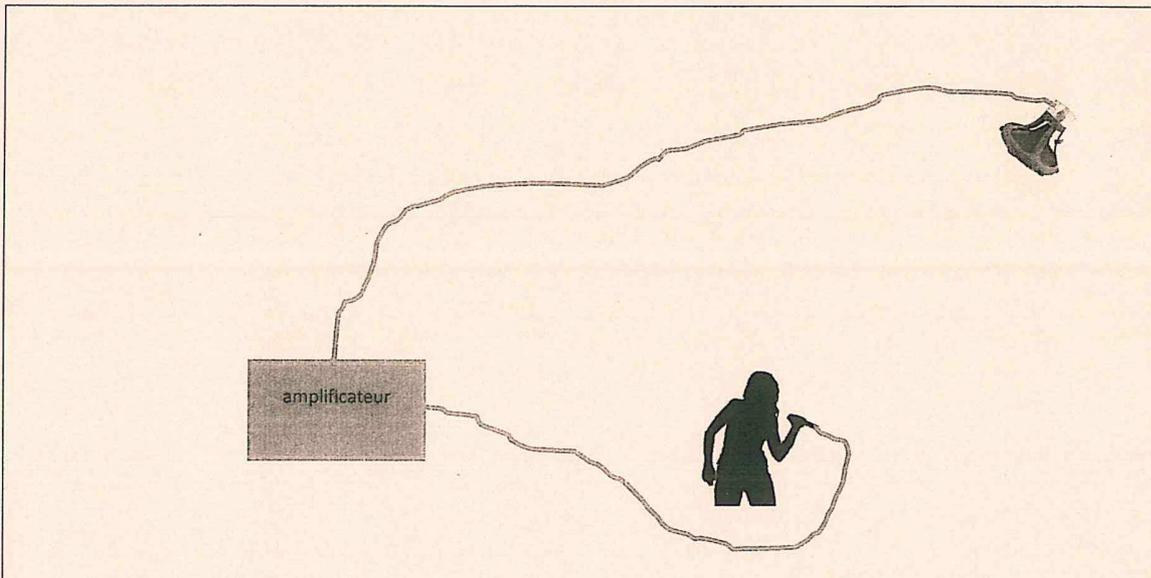
Donner la valeur de la fréquence f du son musical enregistré en exprimant l'incertitude $U(f)$ sur la mesure.

5. Que pourra-t-on observer sur le spectre en fréquence si le guitariste rajoute l'effet d'une pédale Octavia ?
6. Un chanteur se produit devant un public dans les conditions correspondant au schéma ci-dessous. Le niveau sonore à 1,0 m du haut-parleur est de 92 dB. La voix du chanteur a un niveau sonore de 73 dB. Les caractéristiques du microphone utilisé sont décrites dans le document 6. Déterminer la distance minimale d nécessaire entre le haut-parleur et le microphone pour que l'effet Larsen soit évité.



Documents de l'exercice III

Document 1 : L'effet Larsen ou quand le haut-parleur se met à siffler.



Cet effet se produit lorsqu'un haut-parleur et un microphone, branchés sur la même chaîne d'amplification, sont placés à proximité l'un de l'autre. Le son émis par le haut-parleur est capté par le microphone qui le retransmet amplifié au haut-parleur.

L'effet Larsen apparaît dès que le niveau sonore du haut-parleur capté par le microphone est supérieur au niveau sonore émis directement par le chanteur ou le conférencier (un niveau sonore s'exprime en décibels (dB)).

Cette amplification en boucle (ou rétroaction) produit un signal qui augmente progressivement en intensité jusqu'à atteindre les limites de fonctionnement du matériel, pouvant même l'endommager...

Ce phénomène est fréquent dans les sonorisations de spectacles ou de conférences. Il apparaît aussi avec les combinés téléphoniques munis d'un haut-parleur et les prothèses auditives, produisant un sifflement aigu très douloureux.

Extrait du site : <http://www.udppc.asso.fr/auvergne/spip.php?article90>

Document 2 : Jimi Hendrix et les pédales d'effets

Jimi Hendrix a révolutionné l'approche de la guitare électrique, notamment par son utilisation des pédales d'effets et des ressources de l'amplification.

Il combina tout d'abord la saturation des amplificateurs à lampes (en jouant à un haut volume sonore) avec la « Fuzz Face », une pédale de saturation provoquant un fort écrêtage du son. Cela lui permettait de générer du *feedback* (dû au Larsen de ses amplificateurs) qu'il pouvait contrôler en temps réel grâce au levier de vibrato de sa guitare ou à sa technique de main droite. Il arriva ainsi à créer de nouvelles sonorités.

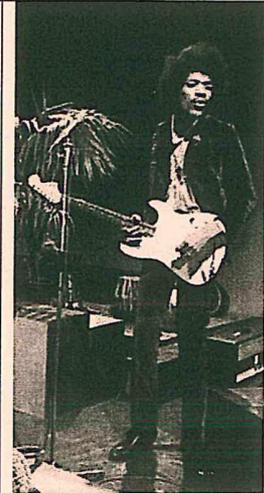
Roger Mayer construisit ensuite pour lui l'Octavia, une pédale de saturation jouant sur les fréquences. Elle permettait, électroniquement, de créer un son pur à l'octave inférieure de la fréquence du fondamental du son joué et de renforcer l'amplitude de l'harmonique située à l'octave supérieure du son joué. Il l'utilisa en studio d'enregistrement dès 1967.

Il utilisa également la pédale wah-wah.

Traduction de *feedback* : rétroaction

Note : une note jouée à l'octave inférieure de la première a une fréquence moitié par rapport à elle.

D'après le site : http://fr.wikipedia.org/wiki/Jimi_Hendrix



Jimi Hendrix



pédale d'effets

Document 3 : Enregistrement et spectre en fréquence d'un son musical de guitare électrique

La **figure a** représente le signal obtenu avec un microphone enregistrant le son produit par une guitare électrique jouant une seule note.

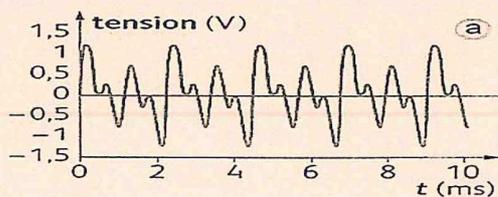


figure a

L'analyse spectrale permet de révéler la « signature acoustique » d'un son en faisant apparaître les amplitudes des signaux sinusoïdaux qui composent le signal périodique en fonction de leur fréquence. La **figure b** est le spectre en fréquence du son enregistré sur la figure a.

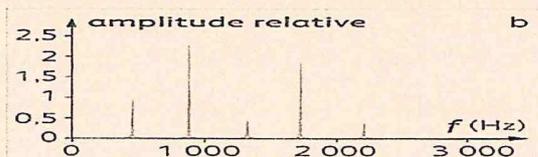


figure b

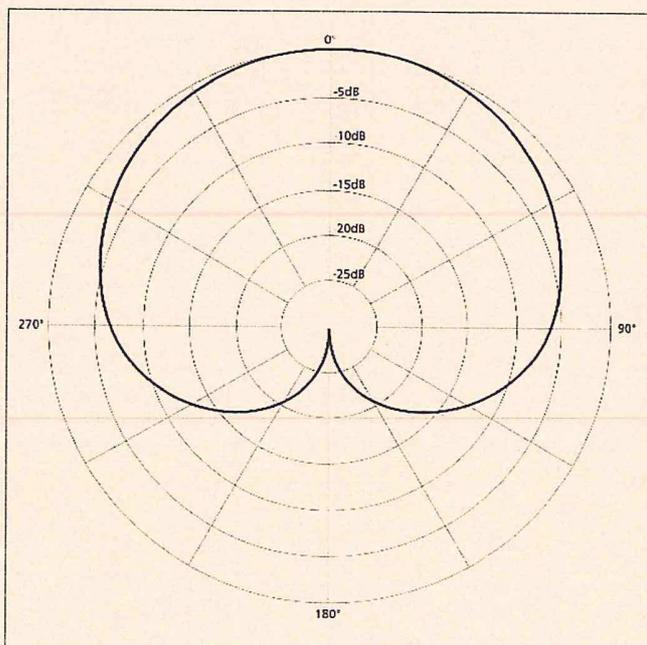
Document 4 : Intensité sonore et niveau sonore

L'intensité sonore I (exprimée en W.m^{-2}) et le niveau sonore L (exprimé en décibels) sont liés par la relation :

$$I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}} \quad \text{avec } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}, \text{ intensité sonore de référence.}$$

Document 5 : Caractéristiques du haut-parleur utilisé

Le haut-parleur utilisé ici est considéré comme omnidirectionnel : il émet des sons uniformément dans l'espace. On considérera que la puissance acoustique P (en W) est constante et qu'elle vérifie la relation : $P = 4\pi d^2 I$ avec I , intensité sonore en W.m^{-2} et d , distance entre le haut-parleur et le microphone en m.

Document 6 : Caractéristiques du microphone utilisé

Le microphone utilisé ici est de type cardioïde, donc directionnel.

Il capte essentiellement les sons venant dans la direction de son axe.

Si le son vient d'une direction faisant un angle avec son axe, le son reçu par le microphone est atténué d'un certain nombre de décibels.

Par exemple, si un son arrive avec un angle de 60° par rapport à l'axe du micro, il sera atténué de 3 dB.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

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

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14 y compris celle-ci.

La feuille annexe 2 (page 14/14) EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Les autres annexes 1 à 4 (pages 12/14 et 13/14) pourront être rendues si le candidat le souhaite.

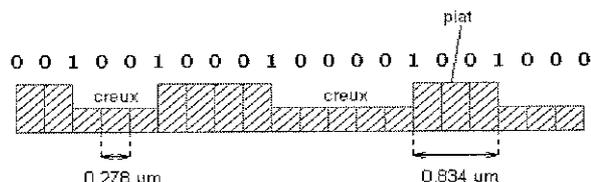
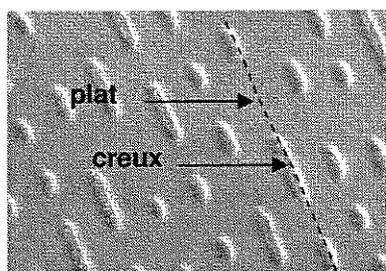
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. UN NOUVEAU STOCKAGE OPTIQUE : LE BLU-RAY (7,5 points)

La technique du disque LASER repose sur une méthode optique : un faisceau de lumière cohérente (LASER) vient frapper le disque en rotation. Des cavités de largeur $0,6 \mu\text{m}$, dont la longueur oscille entre $0,833 \mu\text{m}$ et $3,56 \mu\text{m}$, sont creusées à la surface réfléchissante du disque, produisant des variations binaires de l'intensité lumineuse du rayon réfléchi qui sont enregistrées par un capteur.

Plus précisément, lorsque le faisceau passe de la surface plane (plat) à une cavité (creux), il se produit des interférences et la valeur binaire 1 est attribuée. Au contraire, tant que le faisceau reste dans un creux ou sur un plat, le capteur détecte le même faisceau original et fait correspondre à cet état la valeur binaire 0.

L'information binaire peut être ensuite transformée en un signal analogique par un convertisseur.


1. Le LASER, faisceau de lumière cohérente :

La lumière émise par la source LASER provient de l'émission stimulée d'atomes excités par pompage optique. On a représenté sur le document 1 deux niveaux d'énergie d'un atome présent dans la cavité de la source LASER.

1. 1. Dans quel niveau d'énergie l'atome est-il le plus excité?

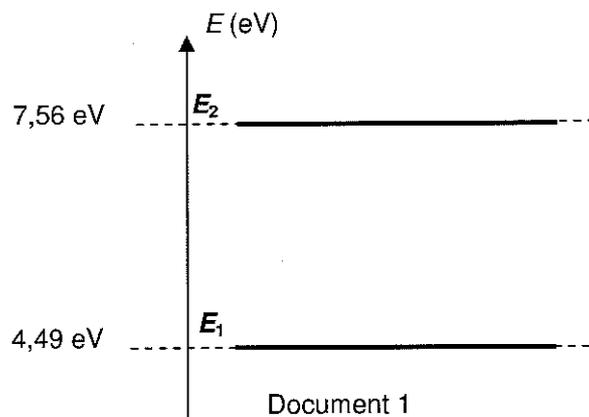
1. 2. Quelle est la valeur de la longueur d'onde de la radiation lumineuse qu'il faut envoyer sur l'atome pour provoquer une émission stimulée de cet atome ?

La relation entre la fréquence ν de la radiation lumineuse et l'énergie E du photon est $E = h \cdot \nu$

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

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

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$



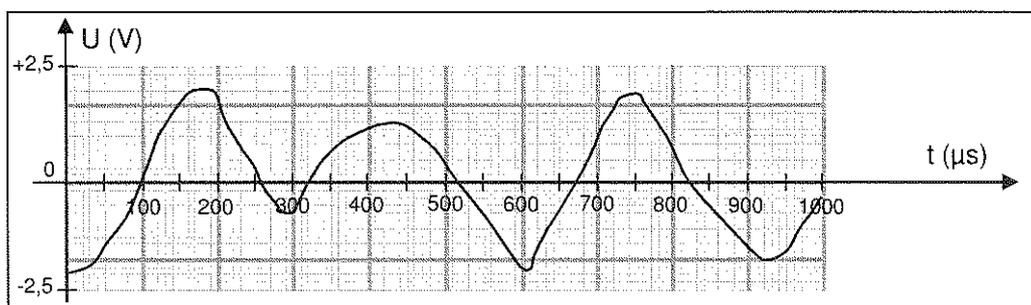
1. 3. Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise par l'atome ?

1. 4. Donner deux caractéristiques de la lumière LASER.

2. Stockage des informations sur le disque LASER :

2.1. Pourquoi dit-on que l'information est stockée sur le disque sous forme binaire ?

2.2. On a représenté sur le document 2, la tension issue du microphone qui a permis l'enregistrement du son sur le disque :

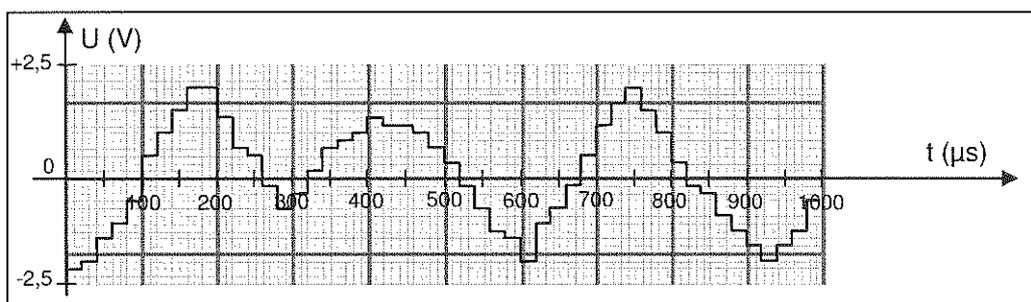


Document 2

Cette tension forme-t-elle un signal numérique ou analogique ? Justifier la réponse.

2.3. Pour lire le disque et entendre la musique qui a été enregistrée, l'information qu'il contient doit être transformée en une tension qui alimente des haut-parleurs.

On a représenté sur le document 3, la tension envoyée par le lecteur CD aux bornes du haut-parleur qui diffère sensiblement de la précédente tension enregistrée par le microphone.



Document 3

2.3.1. Déterminer la fréquence d'échantillonnage du convertisseur numérique – analogique.

2.3.2. Comment faudrait-il modifier cette fréquence d'échantillonnage pour que le signal envoyé au haut-parleur se rapproche davantage de celui délivré par le microphone enregistreur ?

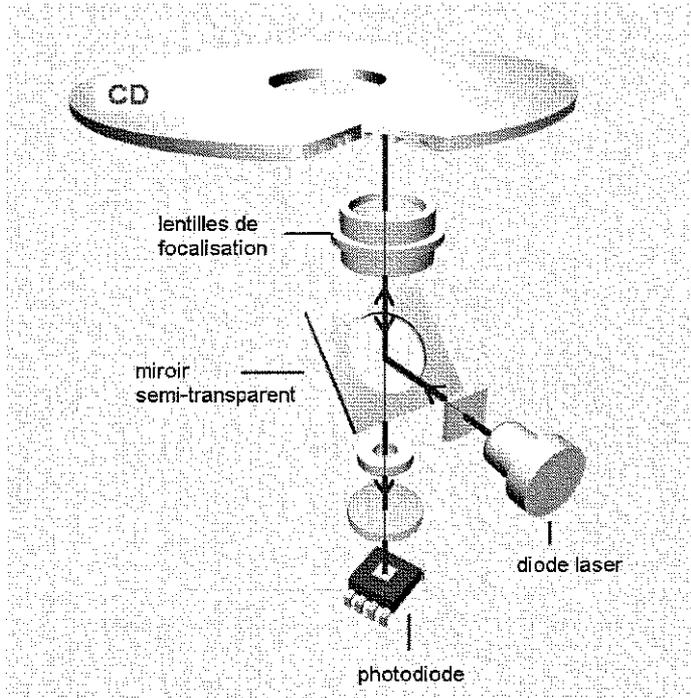
3. Lecture des informations sur le disque LASER :

Le document 4 représente le système de lecture du disque.

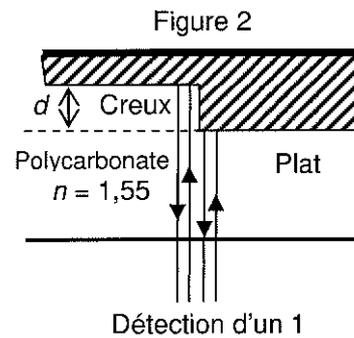
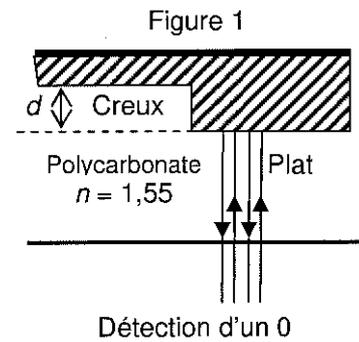
Le faisceau lumineux, constitué d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans le vide est émis par la diode LASER. Il traverse une couche protectrice transparente en polycarbonate dont l'indice est $n = 1,55$, puis il est réfléchi par le disque et détecté par la photodiode.

Lors de la détection d'un 0, le faisceau est entièrement réfléchi par un plat ou par un creux (figure 1 document 4). Tous les rayons composant le faisceau ont donc parcouru le même trajet. Lors de la détection d'un 1, le faisceau laser passe d'un plat à un creux ou inversement (figure 2 document 4). Une partie du faisceau est alors réfléchi par le plat et l'autre partie par le creux. Tous les rayons composant le faisceau n'ont donc pas parcouru le même trajet.

On note ΔL la différence de parcours des deux parties du faisceau qui se superposent et interfèrent lors de leur détection.



Document 4

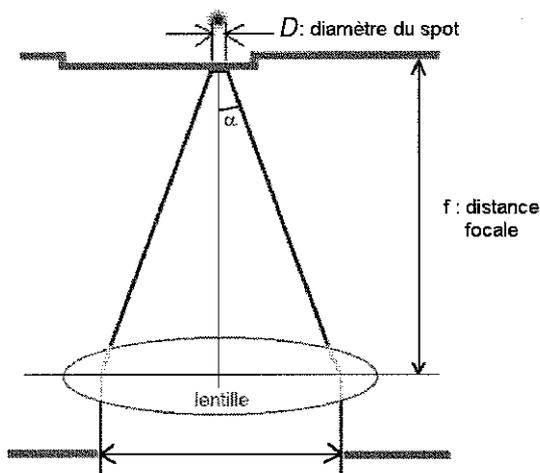


Dans le polycarbonate, la longueur d'onde de la lumière monochromatique constituant le faisceau est

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

- 3.1. Donner la condition que doit vérifier ΔL pour que les interférences soient destructives.
- 3.2. Montrer que la profondeur minimale d du creux s'exprime en fonction de λ , la longueur d'onde de la lumière laser dans le polycarbonate, par la relation : $d = \frac{\lambda}{4}$.
- 3.3. Calculer d pour un CD lu par un faisceau LASER de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$.
- 3.4. Dans quel cas le capteur reçoit-il plus de lumière (détection d'un 0 ou détection d'un 1) ? Justifier la réponse.

4. Intérêt de la technologie Blu-Ray :



Document 5

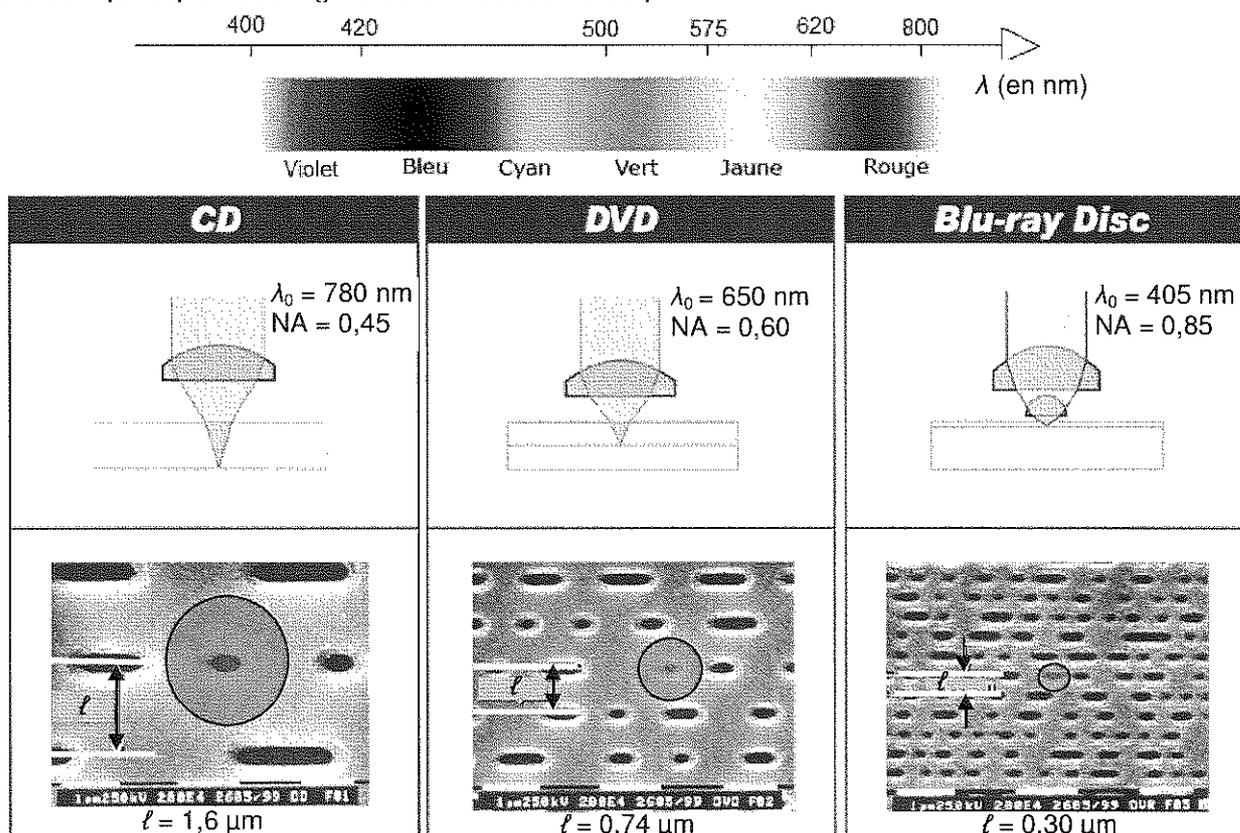
La quantité $NA = \sin \alpha$ est appelée « ouverture numérique ».

α est l'angle d'ouverture du demi-cône formé par le faisceau laser (voir document 5)

Le diamètre D du spot sur l'écran s'exprime alors par la formule :

$$D = 1,22 \cdot \frac{\lambda_0}{NA}$$

On a donné sur le document 6 les valeurs de l'ouverture numérique, de la longueur d'onde et de la distance ℓ qui sépare deux lignes de données sur le disque.



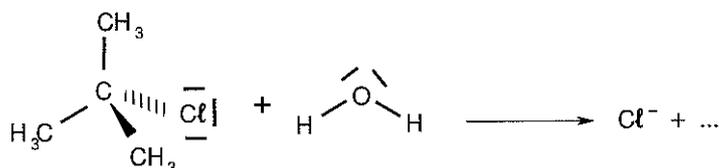
Document 6

4. 1. Justifier l'appellation « Blu-ray » en faisant référence à la longueur d'onde du faisceau Laser.
4. 2. Quel est le phénomène qui empêche d'obtenir dans chaque cas une largeur de faisceau plus faible ?
4. 3. En utilisant les données du document 6, vérifier que le diamètre D du spot dans le cas de la technologie Blu-ray est compatible avec la distance 2ℓ qui sépare trois lignes de données sur le disque.
4. 4. En argumentant votre réponse expliquer comment il est possible d'améliorer la capacité de stockage du disque sans modifier sa surface.
4. 5. Un disque blu-ray peut contenir jusqu'à 46 Gio de données, soit environ 4 heures de vidéo haute définition (HD).
Calculer le débit binaire de données numériques dans le cas de la lecture d'une vidéo HD (en Mibit/s).
Données : 1 Gio = 2^{30} octets ; 1 octet = 8 bits ; 1 Mibit = 2^{20} bits
4. 6. La haute définition utilise des images de résolution d'au moins 720 pixels en hauteur et 900 pixels en largeur. Chaque pixel nécessite 24 bits de codage (8 par couleur primaire).
 - 4.6.1. Montrer que la taille numérique d'une image non compressée est d'environ 15 Mibit.
 - 4.6.2. Combien d'images par seconde peut-on obtenir sur l'écran de l'ordinateur avec le débit binaire calculé à la question 4.5 ?
 - 4.6.3. Pour éviter l'effet de clignotement, la projection d'une vidéo nécessite au moins 25 images par seconde. Pourquoi faut-il réduire la taille des images à l'aide d'un protocole de compression d'image ?

Exercice II : CHIMIE ORGANIQUE RELATIVISTE (7,5 points)
--

Dans un futur lointain, des lycéens d'un centre étranger, éloigné dans la galaxie, se rendent dans leur futur lycée après avoir passé leurs vacances d'été sur Terre. Ils s'aperçoivent qu'ils effectuent leur trajet en navette avec leur nouvel enseignant de sciences physiques. Pour passer le temps, celui-ci propose à ses futurs élèves de s'avancer sur le cours de terminale S.

Ils s'intéressent à la réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane :



On rappelle que dans le modèle de la représentation de Lewis, une liaison covalente est représentée par un trait entre deux atomes et qu'un doublet non liant est représenté par un trait localisé sur un atome.

Les trois parties de cet exercice sont largement indépendantes entre elles. La première partie permet de trouver la nature de la réaction après une analyse de spectres IR et de RMN du proton, la seconde partie est une étude cinétique de la réaction, la troisième partie traite de relativité restreinte.

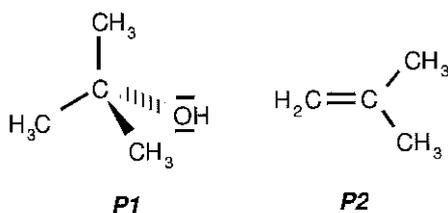
1. Etude de la transformation chimique

1.1. Préciser les polarités de la liaison C-Cl dans le 2-chloro-2-méthylpropane et des liaisons O-H dans l'eau, en utilisant les données d'électronégativité ci-dessous :

$$\chi(H) = 2,20 ; \chi(C) = 2,55 ; \chi(Cl) = 3,16 ; \chi(O) = 3,44.$$

1.2. À l'aide des formules de Lewis de l'eau et du 2-chloro-2-méthylpropane données précédemment, identifier les sites donneurs et accepteurs d'électrons pouvant être mis en jeu dans cette réaction.

1.3. La réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane peut conduire à deux produits par une substitution ou une élimination. Attribuer à chaque molécule représentée ci-dessous, le type de réaction, en le justifiant.



Afin de connaître le produit de réaction formé, **P1** ou **P2**, ses spectres IR et de RMN du proton sont effectués.

1.4. A partir du spectre IR fourni sur le **document 1 de l'annexe 1 page 12/14**, indiquer la présence ou l'absence de chaque groupe caractéristique mentionné dans le tableau ci-dessous.

Groupe	O - H ⁽¹⁾	C - H ⁽²⁾	C - H ⁽³⁾	C = C
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	3200 -3400	3000-3100	2810-3000	1620 -1680

⁽¹⁾ Alcool avec liaisons H

⁽²⁾ C lié à une double liaison

⁽³⁾ C ayant quatre liaisons covalentes simples

1.5. Identifier le produit de réaction **P1** ou **P2** à partir du spectre de RMN du proton fourni en **document 2 de l'annexe 1 page 12/14** et en utilisant éventuellement les résultats de la question 1.4.

Proton	C = CH ₂	C - O - H	CH ₃ - C = C	CH ₃ - C - O
Déplacement chimique δ (ppm)	4,5 à 6	0,7 à 5,5 ⁽¹⁾	1,6	1,15 à 1,3

⁽¹⁾ La position du signal dépend fortement du solvant et de la concentration.

1.6. A partir des réponses aux questions 1.3 et 1.5, donner la nature de la réaction étudiée.

1.7. Justifier qualitativement que cette réaction puisse être suivie par conductimétrie.

2. Etude de la cinétique de la réaction

Deux mélanges eau / acétone sont étudiés à différentes températures. L'eau est ici en large excès, elle intervient donc comme solvant et comme réactif. Les conditions opératoires sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	Eau	Acétone	2-chloro-2-méthylpropane	Température (°C)
Expérience A ₁	30 g	20 g	1,0 mL	25
Expérience A ₂	30 g	20 g	1,0 mL	30
Expérience A ₃	30 g	20 g	1,0 mL	40
Expérience B	25 g	25 g	1,0 mL	40

Le mélange eau / acétone est introduit dans un bécher de 100 mL qui est placé dans un bain thermostaté. Lorsque la température à l'intérieur du bécher est stabilisée à la valeur désirée, une sonde conductimétrique est introduite puis 1,0 mL de 2-chloro-2-méthylpropane est versé dans le milieu réactionnel sous agitation. Au bout de quelques secondes, l'agitation est stoppée puis la conductivité de la solution est suivie au cours du temps à l'aide d'un système informatisé. La durée d'acquisition est de 20 minutes pour chaque étude.

On suppose que :

$$\sigma(t) = K \cdot x(t)$$

$\sigma(t)$ représente la conductivité de la solution à un instant donné à laquelle a été retranchée la conductivité initiale de la solution, K est une constante qui va dépendre du mélange considéré et de la température et $x(t)$ représente l'avancement de la réaction à un instant donné. Les graphes, placés **sur l'annexe 1 page 13/14 (documents 3 et 4)**, représentent $\sigma(t)$ en fonction du temps pour différentes conditions expérimentales.

2.1. En comparant les expériences A₁, A₂ et A₃ et en justifiant brièvement, indiquer l'influence de la température sur la vitesse de la réaction.

2.2. En comparant les expériences A₃ et B, indiquer l'influence de la proportion eau / acétone sur la vitesse de la réaction chimique. Justifier la réponse.

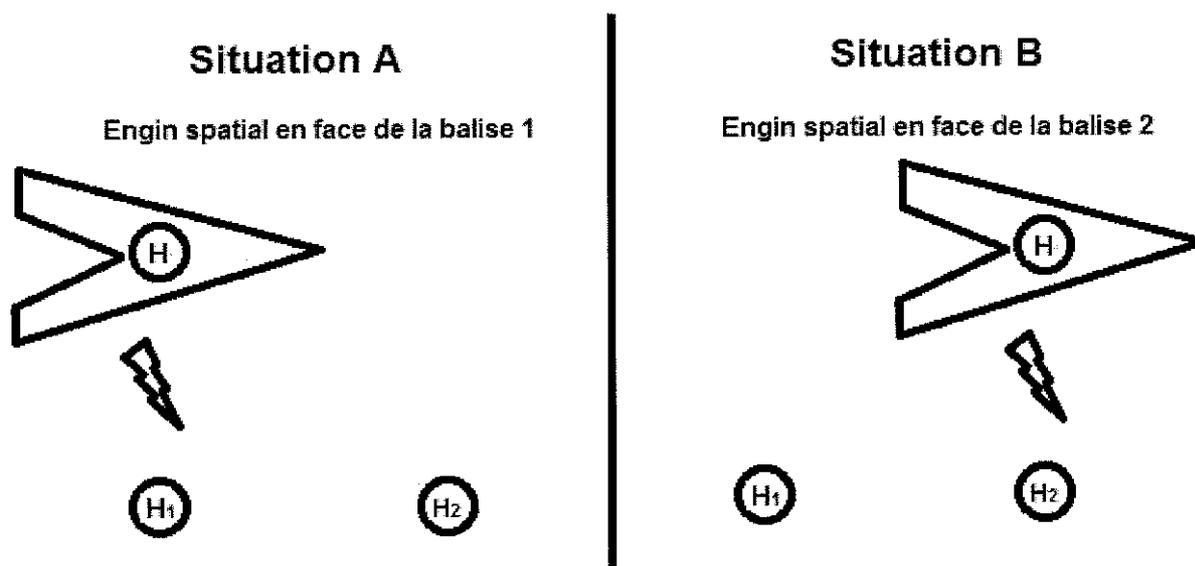
2.3. Définir le temps de demi-réaction.

2.4. Donner la valeur du temps de demi-réaction dans le cas de l'expérience A₃.

3. Cinétique relativiste

On imagine que la réaction est réalisée dans la navette spatiale s'éloignant à une vitesse de $v = 0,80.c$ de la Terre où c représente la vitesse de la lumière dans le vide.

Les élèves enregistrent un temps de demi-réaction de 1000 s dans la navette. Un observateur terrestre peut aussi en déduire une mesure du temps de demi-réaction à l'aide d'un dispositif embarqué dans l'engin qui va envoyer un signal lumineux à deux balises fixes par rapport à la Terre, placées dans l'espace, et munies de deux horloges H_1 et H_2 synchronisées. Un premier signal est envoyé au début de la réaction et un second lorsque le temps de demi-réaction est atteint. L'horloge H est fixe par rapport à la navette.



- 3.1. Définir la notion de temps propre.
- 3.2. Indiquer les deux référentiels étudiés ici.
- 3.3. Donner les noms de Δt_m et de Δt_p dans la relation $\Delta t_m = \gamma \Delta t_p$.
- 3.4. Dans quels référentiels sont déterminés respectivement Δt_m et Δt_p ?
- 3.5. Quel est le nombre suffisant d'horloge(s) qu'il faut utiliser pour mesurer la durée Δt_p ?
- 3.6. Sachant que $\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$, calculer γ , puis la durée inconnue.
- 3.7. Comparer Δt_m et Δt_p . Commenter.
- 3.8. Citer une expérience réaliste qui permet d'observer ce phénomène.

EXERCICE III. L'ARÔME DE VANILLE (5 points)
--

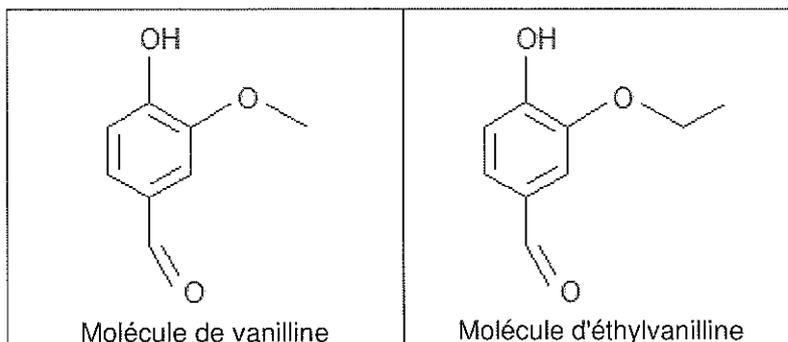
La vanille est le fruit d'une orchidée grimpante, le vanillier, qui a besoin d'un climat tropical chaud et humide pour se développer. On la cultive à Madagascar, à Tahiti, à La Réunion, en Amérique du Sud...

Elle est utilisée dans de nombreux domaines comme par exemple la parfumerie, l'industrie agro-alimentaire, en tant qu'intermédiaire de synthèse dans l'industrie pharmaceutique.

La composition de la gousse de vanille est très riche en arômes dont le principal est la vanilline. Du fait de son coût d'extraction élevé, on lui préfère souvent aujourd'hui la vanilline de synthèse ou encore l'éthylvanilline qui a un pouvoir aromatisant 2 à 4 fois plus grand.



http://www.photos-nouvelle-caledonie.com/main.php/main.php?g2_itemId=2930



1. À propos de la molécule de vanilline.

1.1. La molécule de vanilline possède-t-elle un carbone asymétrique ? Justifier la réponse.

1.2. La molécule de vanilline possède plusieurs groupes caractéristiques.

Après avoir recopié la formule de la molécule sur votre copie, entourer et nommer deux d'entre eux.

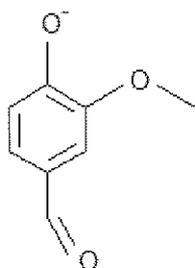
1.3. Indiquer en justifiant brièvement si les propositions suivantes sont vraies ou fausses :

Proposition a : les molécules de vanilline et d'éthylvanilline sont isomères.

Proposition b : les molécules de vanilline et d'éthylvanilline sont chirales.

2. Dosage spectrophotométrique de la vanilline contenue dans un extrait de vanille acheté dans le commerce

Principe du dosage



La vanilline contenue dans un échantillon du commerce (solution aqueuse sucrée) est extraite par du dichlorométhane.

Un traitement basique à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) permet ensuite de faire repasser la vanilline en solution aqueuse sous forme d'ion phénolate représenté ci-contre.

On réalise ensuite un dosage par étalonnage de cet ion par spectrophotométrie UV-visible afin de déterminer la concentration en vanilline de l'échantillon du commerce.

Protocole du dosageEtape 1 : Extraction de la vanilline et passage en solution basique

- À 1,0 mL d'échantillon de vanille liquide, on ajoute 10 mL d'eau distillée.
- On procède à trois extractions successives en utilisant à chaque fois 20 mL de dichlorométhane.
- À partir de la phase organique, on extrait trois fois la vanilline avec 50 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- On rassemble les phases aqueuses.

Etape 2 : Préparation de la solution à doser et mesure de son absorbance

On introduit les phases aqueuses précédentes dans une fiole jaugée de 250 mL et on complète jusqu'au trait de jauge avec la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

La mesure de l'absorbance de la solution à doser donne $A = 0,88$.

Etape 3 : Préparation d'une gamme étalon de solutions de vanilline basique et mesure de leur absorbance

À partir d'une solution mère de vanilline, on prépare par dilution dans une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ des solutions filles et on mesure leur absorbance.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Solution fille	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Concentration en vanilline (mol.L^{-1})	$5,0 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Absorbance	1,36	1,08	0,81	0,54	0,27

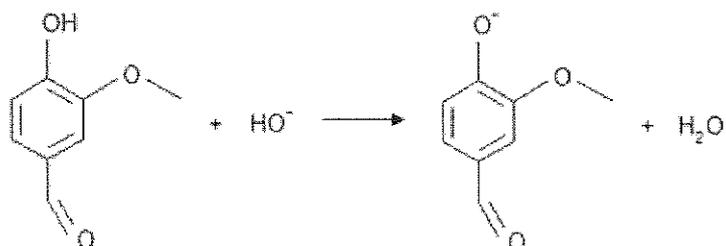
Données :

- Couples acido-basiques de l'eau : $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ et $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$
- Dichlorométhane CH_2Cl_2 : densité $d = 1,33$; non miscible à l'eau.
- Vanilline $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$:
 - Solubilité : soluble dans la plupart des solvants organiques, très peu soluble dans l'eau.
 - Masse molaire moléculaire : $M_{\text{vanilline}} = 152 \text{ g.mol}^{-1}$.

2.1. Lors de l'extraction par le dichlorométhane de la vanilline, indiquer sur le schéma donné sur le **document 5 de l'ANNEXE 2 page 14/14, À RENDRE AVEC LA COPIE** .

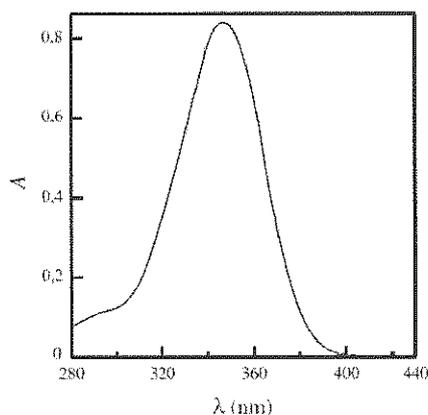
- le nom de l'instrument de verrerie utilisé.
- en justifiant sa position, la phase dans laquelle se trouve la vanilline en fin d'extraction.

2.2. L'équation de réaction de la vanilline avec les ions hydroxyde de la solution d'hydroxyde de sodium s'écrit :



Dans la théorie de Brönsted, la vanilline est-elle un acide ou une base ? Expliquer la réponse.

2.3. Le spectre d'absorption UV-visible de l'ion phénolate est donné ci-dessous :



2.3.1. Cet ion absorbe-t-il dans le domaine du visible ? Justifier la réponse à l'aide du graphe ci-dessus.

2.3.2. On rappelle que la présence de sept liaisons conjuguées ou plus dans une molécule organique qui ne présente pas de groupe caractéristique forme le plus souvent une substance colorée. Les solutions basiques de vanilline sont-elles colorées ? Expliquer pourquoi à l'aide de la structure de l'ion phénolate.

2.4.

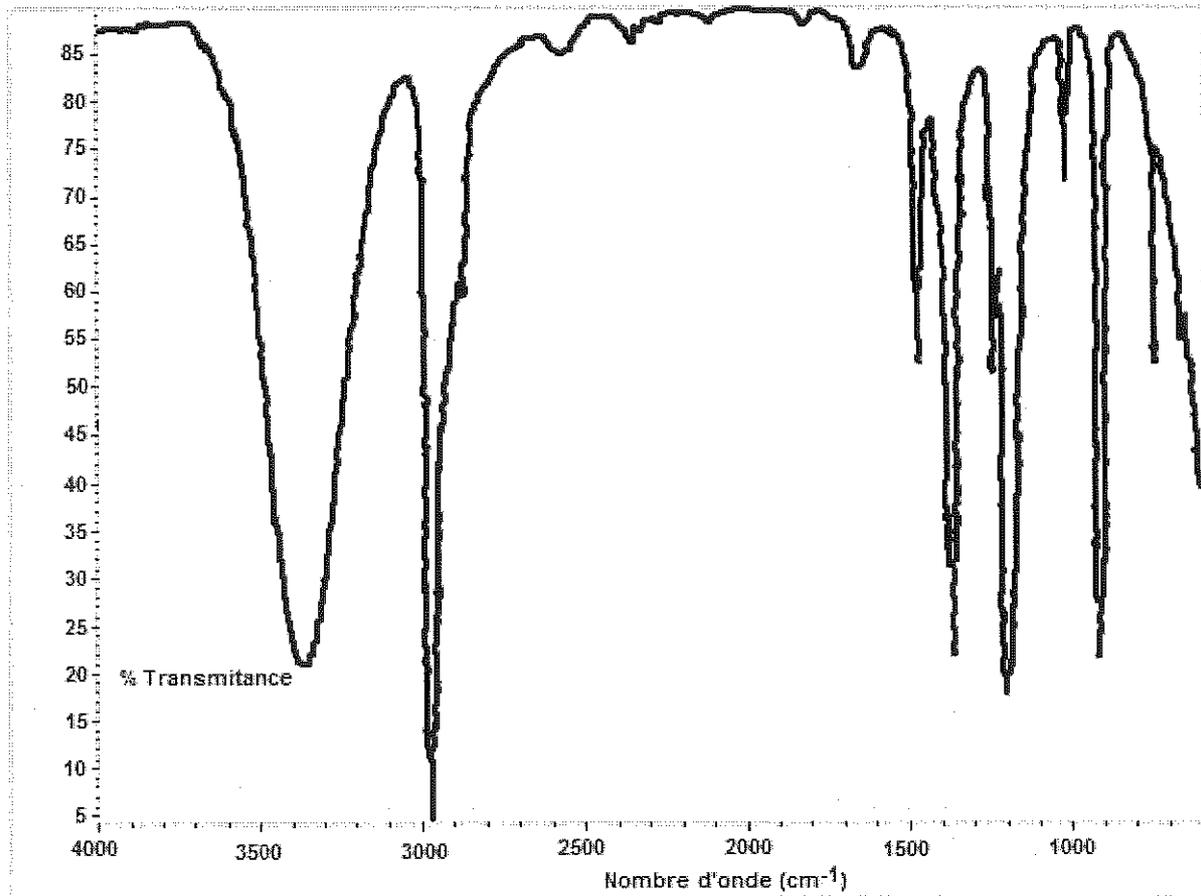
2.4.1. Tracer sur papier millimétré donné **le document 6 de l'ANNEXE 2 page 14/14, À RENDRE AVEC LA COPIE** la courbe d'étalonnage $A = f(c)$ (Échelle : 1 cm pour 0,10 en absorbance et 1 cm pour $0,50 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ en concentration).

2.4.2. La loi de Beer-Lambert est vérifiée. À l'aide du graphique précédent, expliquer pourquoi elle s'énonce sous la forme $A = k \cdot c$.

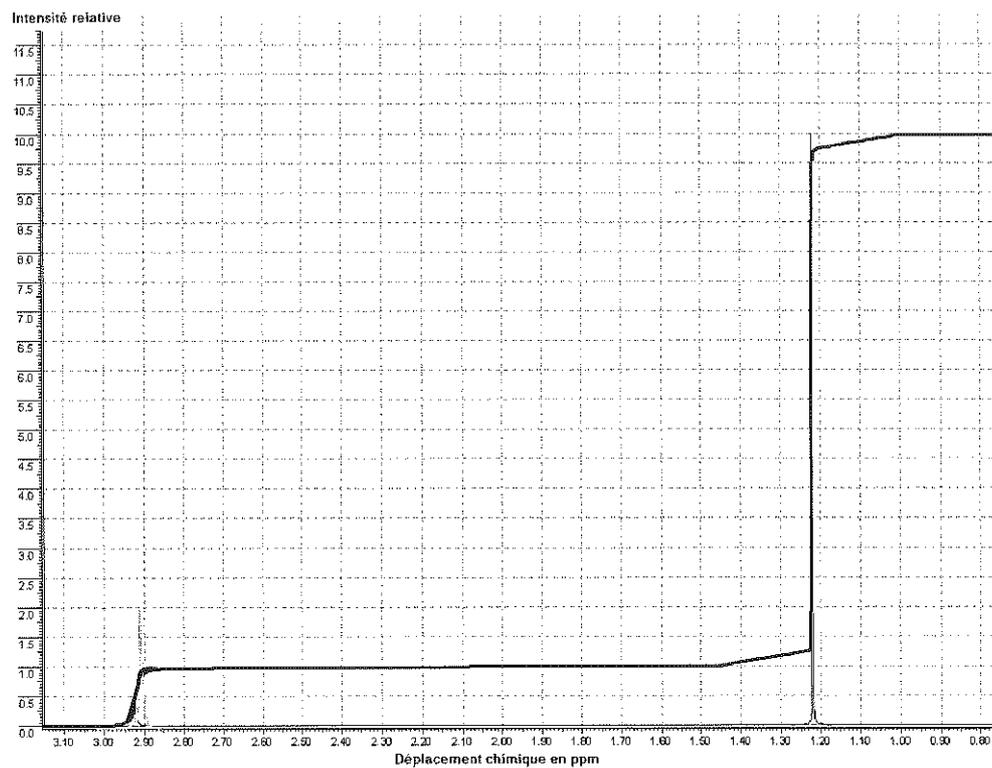
2.5. Déterminer en détaillant la méthode utilisée la concentration en vanilline dans la solution à doser. On précise que la concentration en vanilline est égale à celle de l'ion phénolate.

2.6. Compte tenu du protocole suivi, en déduire la concentration en g.L^{-1} de vanilline dans l'échantillon de vanille liquide du commerce.

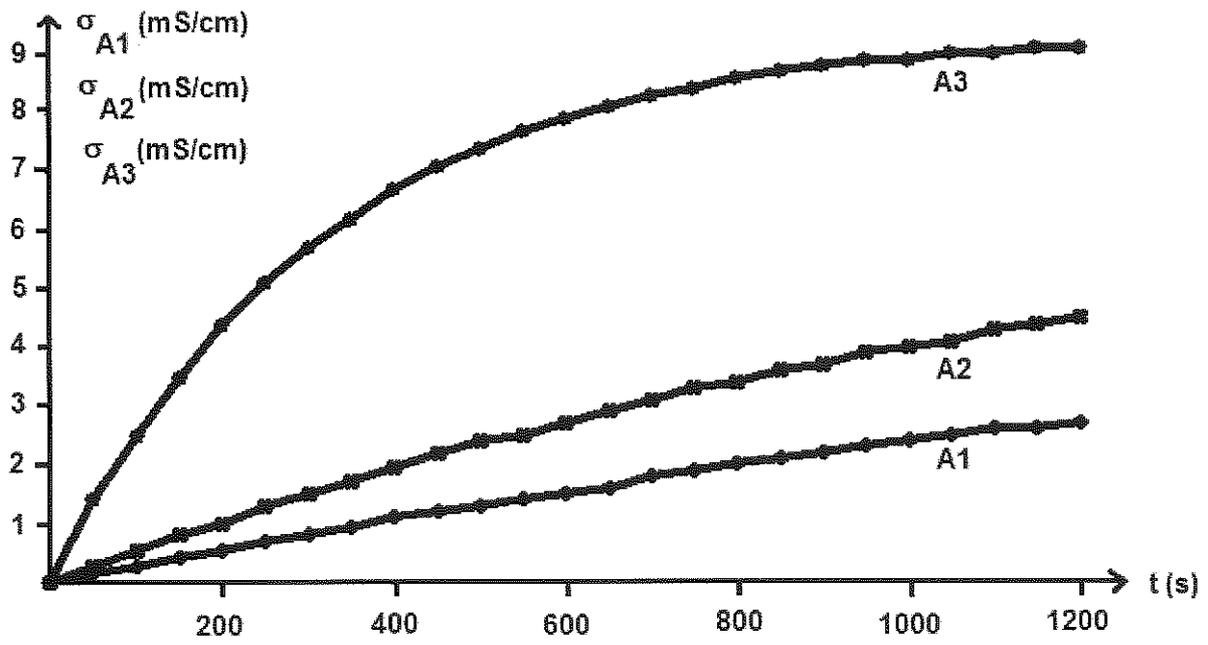
ANNEXE 1 A RENDRE EVENTUELLEMENT AVEC LA COPIE



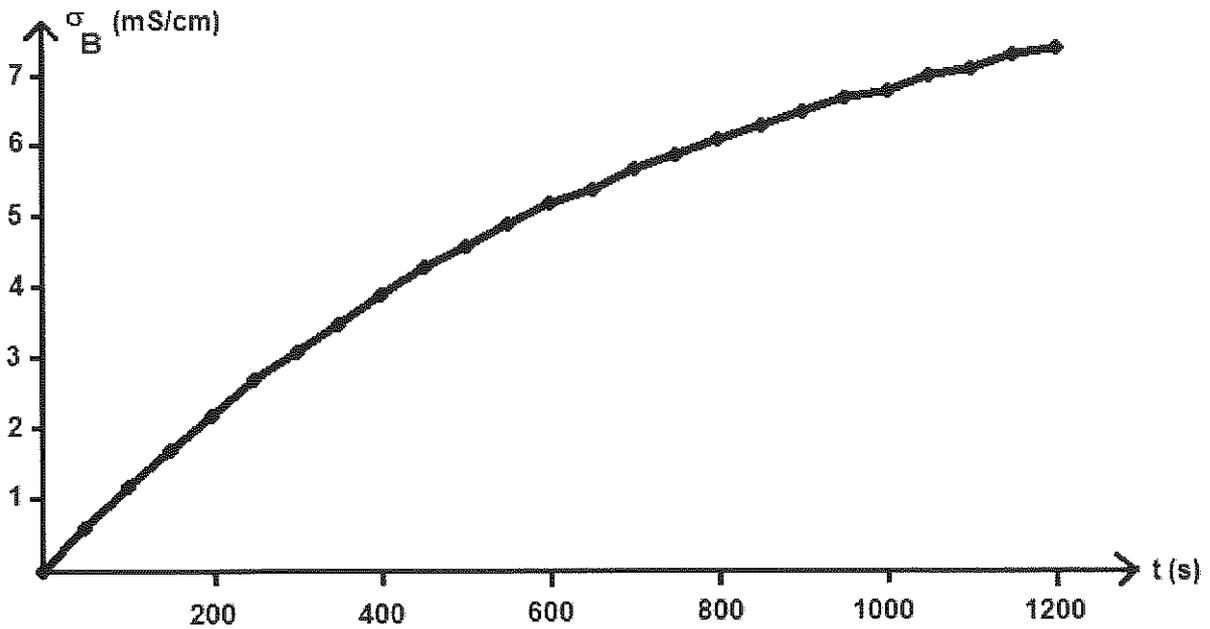
Document 1



Document 2



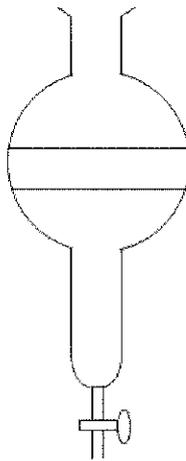
Document 3



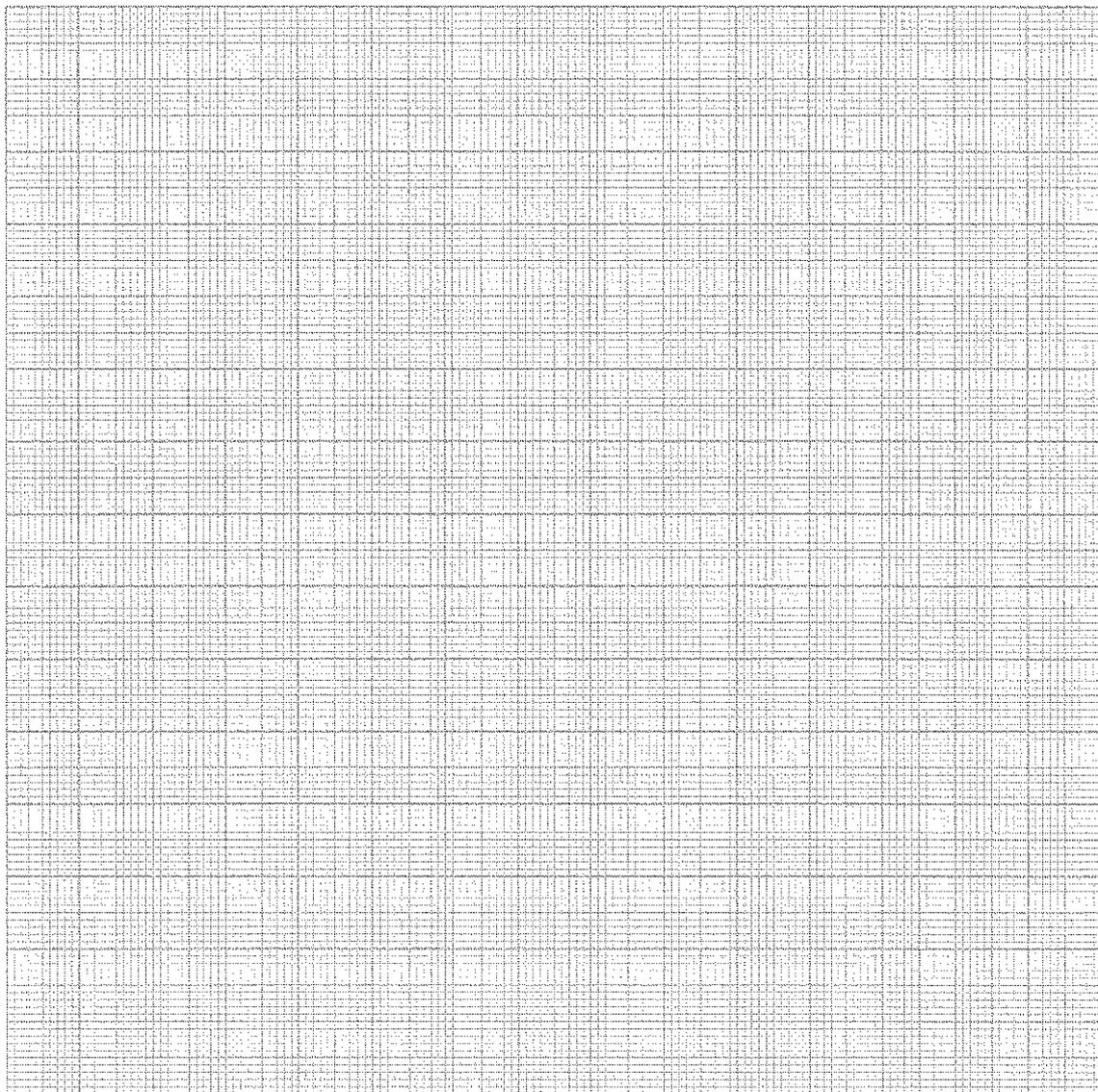
Document 4

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Nom de l'instrument de verrerie :



Document 5



Document 6

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13, y compris celle-ci.

La feuille annexe 2 (page 13/13) EST À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

Les feuilles de l'annexe 1 (pages 11/13 et 12/13) pourront être rendues si le candidat le souhaite.

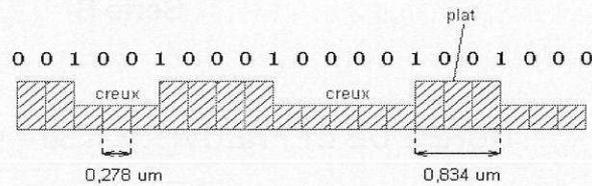
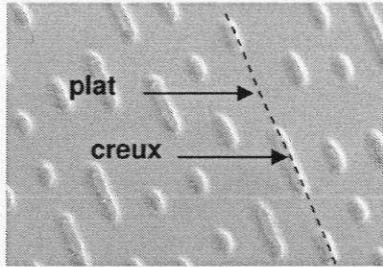
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. UN NOUVEAU STOCKAGE OPTIQUE : LE BLU-RAY (7,5 points)

La technique du disque LASER repose sur une méthode optique : un faisceau de lumière cohérente (LASER) vient frapper le disque en rotation. Des cavités de largeur $0,6 \mu\text{m}$, dont la longueur oscille entre $0,833 \mu\text{m}$ et $3,56 \mu\text{m}$, sont creusées à la surface réfléchissante du disque, produisant des variations binaires de l'intensité lumineuse du rayon réfléchi qui sont enregistrées par un capteur.

Plus précisément, lorsque le faisceau passe de la surface plane (plat) à une cavité (creux), il se produit des interférences et la valeur binaire 1 est attribuée. Au contraire, tant que le faisceau reste dans un creux ou sur un plat, le capteur détecte le même faisceau original et fait correspondre à cet état la valeur binaire 0.

L'information binaire peut être ensuite transformée en un signal analogique par un convertisseur.


1. Le LASER, faisceau de lumière cohérente :

La lumière émise par la source LASER provient de l'émission stimulée d'atomes excités par pompage optique. On a représenté sur le document 1 deux niveaux d'énergie d'un atome présent dans la cavité de la source LASER.

1. 1. Dans quel niveau d'énergie l'atome est-il le plus excité?

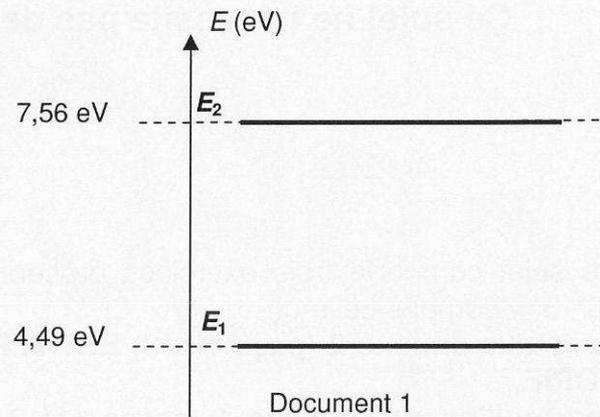
1. 2. Quelle est la valeur de la longueur d'onde de la radiation lumineuse qu'il faut envoyer sur l'atome pour provoquer une émission stimulée de cet atome ?

La relation entre la fréquence ν de la radiation lumineuse et l'énergie E du photon est $E = h \cdot \nu$

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

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

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$



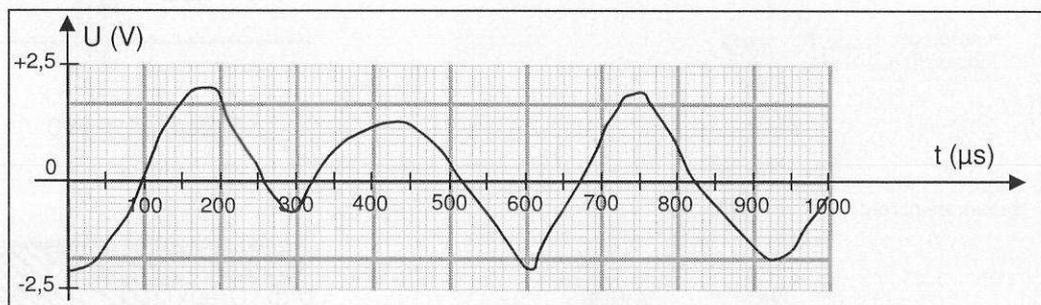
1. 3. Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise par l'atome ?

1. 4. Donner deux caractéristiques de la lumière LASER.

2. Stockage des informations sur le disque LASER :

2.1. Pourquoi dit-on que l'information est stockée sur le disque sous forme binaire ?

2.2. On a représenté sur le document 2, la tension issue du microphone qui a permis l'enregistrement du son sur le disque :

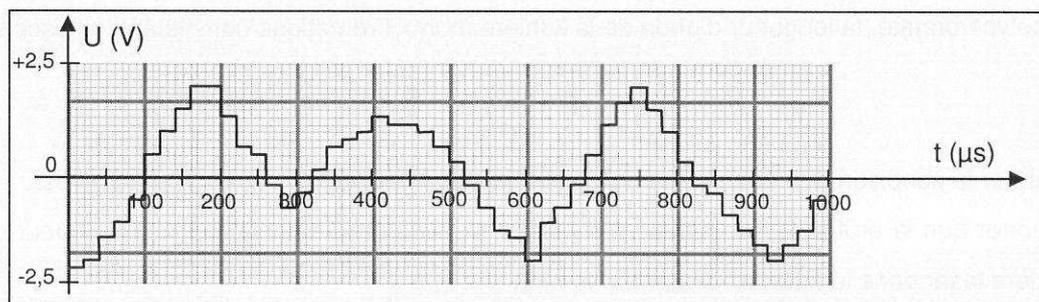


Document 2

Cette tension forme-t-elle un signal numérique ou analogique ? Justifier la réponse.

2.3. Pour lire le disque et entendre la musique qui a été enregistrée, l'information qu'il contient doit être transformée en une tension qui alimente des haut-parleurs.

On a représenté sur le document 3, la tension envoyée par le lecteur CD aux bornes du haut-parleur qui diffère sensiblement de la précédente tension enregistrée par le microphone.



Document 3

2.3.1. Déterminer la fréquence d'échantillonnage du convertisseur numérique – analogique.

2.3.2. Comment faudrait-il modifier cette fréquence d'échantillonnage pour que le signal envoyé au haut-parleur se rapproche davantage de celui délivré par le microphone enregistrateur ?

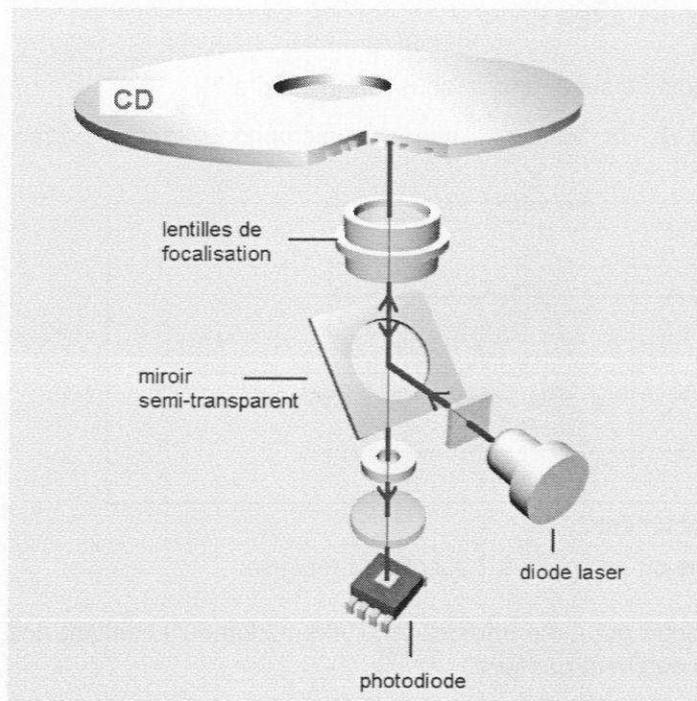
3. Lecture des informations sur le disque LASER :

Le document 4 représente le système de lecture du disque.

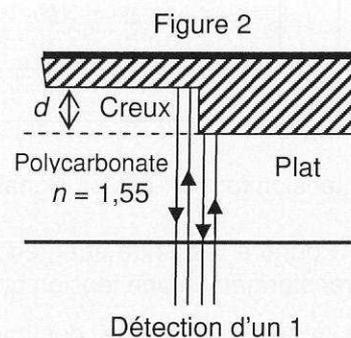
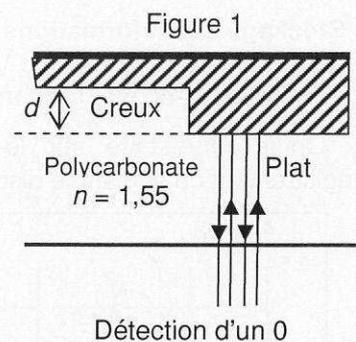
Le faisceau lumineux, constitué d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans le vide est émis par la diode LASER. Il traverse une couche protectrice transparente en polycarbonate dont l'indice est $n = 1,55$, puis il est réfléchi par le disque et détecté par la photodiode.

Lors de la détection d'un 0, le faisceau est entièrement réfléchi par un plat ou par un creux (figure 1 document 4). Tous les rayons composant le faisceau ont donc parcouru le même trajet. Lors de la détection d'un 1, le faisceau laser passe d'un plat à un creux ou inversement (figure 2 document 4). Une partie du faisceau est alors réfléchi par le plat et l'autre partie par le creux. Tous les rayons composant le faisceau n'ont donc pas parcouru le même trajet.

On note ΔL la différence de parcours des deux parties du faisceau qui se superposent et interfèrent lors de leur détection.



Document 4

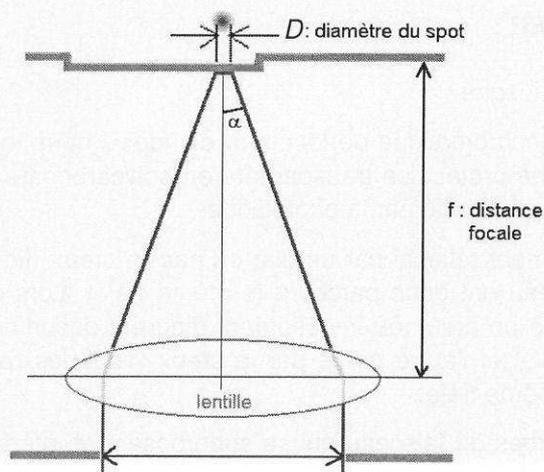


Dans le polycarbonate, la longueur d'onde de la lumière monochromatique constituant le faisceau est

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

- 3.1. Donner la condition que doit vérifier ΔL pour que les interférences soient destructives.
- 3.2. Montrer que la profondeur minimale d du creux s'exprime en fonction de λ , la longueur d'onde de la lumière laser dans le polycarbonate, par la relation : $d = \frac{\lambda}{4}$.
- 3.3. Calculer d pour un CD lu par un faisceau LASER de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$.
- 3.4. Dans quel cas le capteur reçoit-il plus de lumière (détection d'un 0 ou détection d'un 1) ? Justifier la réponse.

4. Intérêt de la technologie Blu-Ray :



Document 5

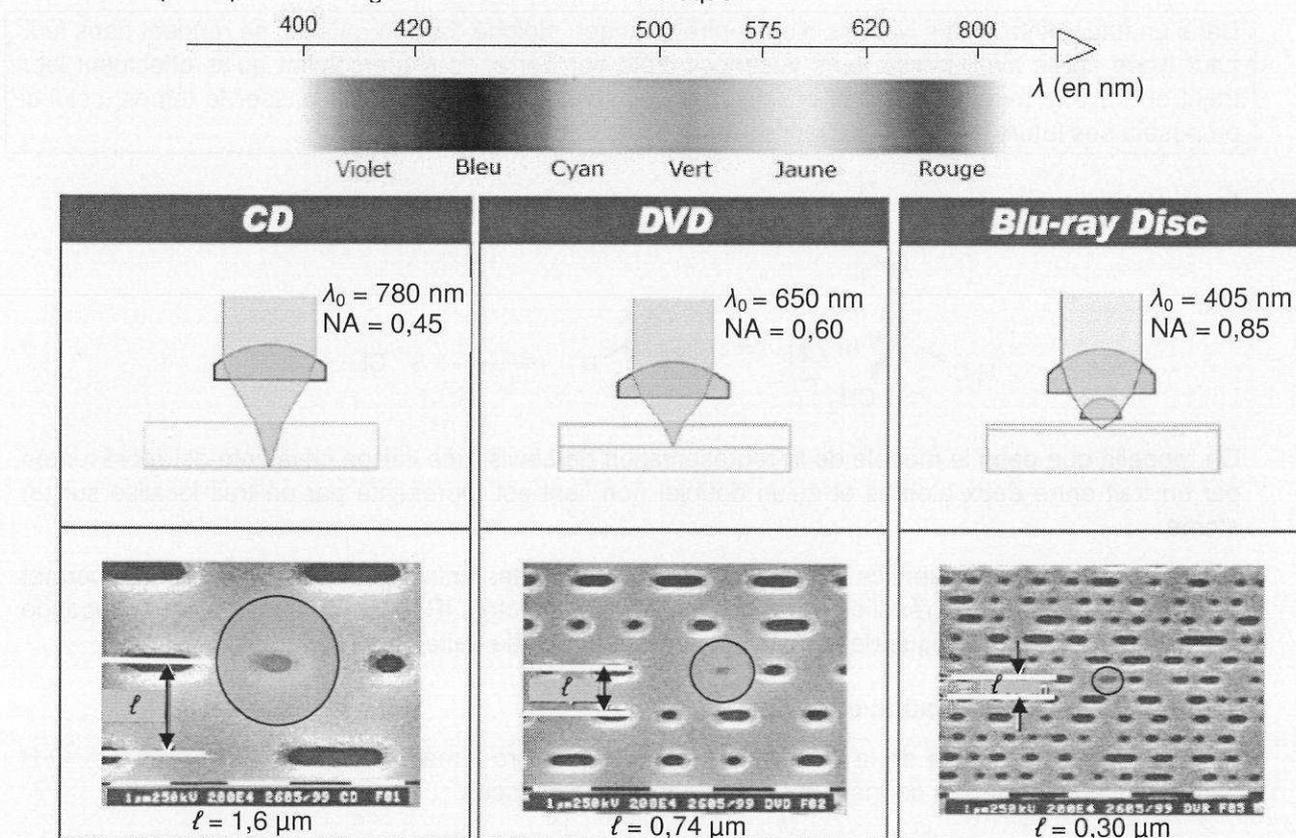
La quantité $NA = \sin \alpha$ est appelée « ouverture numérique ».

α est l'angle d'ouverture du demi-cône formé par le faisceau laser (voir document 5)

Le diamètre D du spot sur l'écran s'exprime alors par la formule :

$$D = 1,22 \cdot \frac{\lambda_0}{NA}$$

On a donné sur le document 6 les valeurs de l'ouverture numérique, de la longueur d'onde et de la distance ℓ qui sépare deux lignes de données sur le disque.



4. 1. Justifier l'appellation « Blu-ray » en faisant référence à la longueur d'onde du faisceau Laser.
4. 2. Quel est le phénomène qui empêche d'obtenir dans chaque cas une largeur de faisceau plus faible ?
4. 3. En utilisant les données du document 6, vérifier que le diamètre D du spot dans le cas de la technologie Blu-ray est compatible avec la distance 2ℓ qui sépare trois lignes de données sur le disque.
4. 4. En argumentant votre réponse expliquer comment il est possible d'améliorer la capacité de stockage du disque sans modifier sa surface.
4. 5. Un disque blu-ray peut contenir jusqu'à 46 Gio de données, soit environ 4 heures de vidéo haute définition (HD).

Calculer le débit binaire de données numériques dans le cas de la lecture d'une vidéo HD (en Mibit/s).

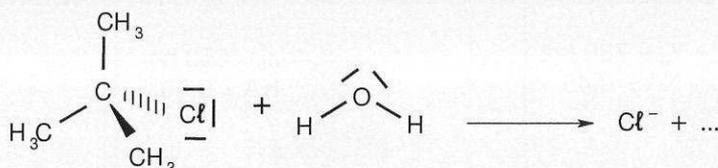
Données : 1 Gio = 2^{30} octets ; 1 octet = 8 bits ; 1 Mibit = 2^{20} bits

4. 6. La haute définition utilise des images de résolution d'au moins 720 pixels en hauteur et 900 pixels en largeur. Chaque pixel nécessite 24 bits de codage (8 par couleur primaire).
 - 4.6.1. Montrer que la taille numérique d'une image non compressée est d'environ 15 Mibit.
 - 4.6.2. Combien d'images par seconde peut-on obtenir sur l'écran de l'ordinateur avec le débit binaire calculé à la question 4.5 ?
 - 4.6.3. Pour éviter l'effet de clignotement, la projection d'une vidéo nécessite au moins 25 images par seconde. Pourquoi faut-il réduire la taille des images à l'aide d'un protocole de compression d'image ?

Exercice II : CHIMIE ORGANIQUE RELATIVISTE (7,5 points)

Dans un futur lointain, des lycéens d'un centre étranger, éloigné dans la galaxie, se rendent dans leur futur lycée après avoir passé leurs vacances d'été sur Terre. Ils s'aperçoivent qu'ils effectuent leur trajet en navette avec leur nouvel enseignant de sciences physiques. Pour passer le temps, celui-ci propose à ses futurs élèves de s'avancer sur le cours de terminale S.

Ils s'intéressent à la réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane :



On rappelle que dans le modèle de la représentation de Lewis, une liaison covalente est représentée par un trait entre deux atomes et qu'un doublet non liant est représenté par un trait localisé sur un atome.

Les trois parties de cet exercice sont largement indépendantes entre elles. La première partie permet de trouver la nature de la réaction après une analyse de spectres IR et de RMN du proton, la seconde partie est une étude cinétique de la réaction, la troisième partie traite de relativité restreinte.

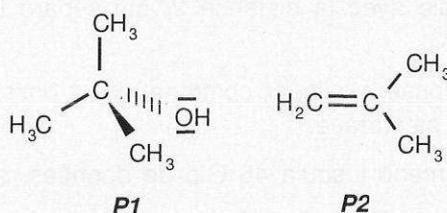
1. Etude de la transformation chimique

1.1. Préciser les polarités de la liaison C-Cl dans le 2-chloro-2-méthylpropane et des liaisons O-H dans l'eau, en utilisant les données d'électronégativité ci-dessous :

$$\chi(H) = 2,20 ; \chi(C) = 2,55 ; \chi(Cl) = 3,16 ; \chi(O) = 3,44.$$

1.2. À l'aide des formules de Lewis de l'eau et du 2-chloro-2-méthylpropane données précédemment, identifier les sites donneurs et accepteurs d'électrons pouvant être mis en jeu dans cette réaction.

1.3. La réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane peut conduire à deux produits par une substitution ou une élimination. Attribuer à chaque molécule représentée ci-dessous, le type de réaction, en le justifiant.



Afin de connaître le produit de réaction formé, **P1** ou **P2**, ses spectres IR et de RMN du proton sont effectués.

1.4. À partir du spectre IR fourni sur **le document 1 de l'annexe 1 page 11/13**, indiquer la présence ou l'absence de chaque groupe caractéristique mentionné dans le tableau ci-dessous.

Groupe	O - H ⁽¹⁾	C - H ⁽²⁾	C - H ⁽³⁾	C = C
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	3200 -3400	3000-3100	2810-3000	1620 -1680

⁽¹⁾ Alcool avec liaisons H

⁽²⁾ C lié à une double liaison

⁽³⁾ C ayant quatre liaisons covalentes simples

1.5. Identifier le produit de réaction **P1** ou **P2** à partir du spectre de RMN du proton fourni en **document 2 de l'annexe 1 page 11/13** et en utilisant éventuellement les résultats de la question 1.4.

Proton	C = CH ₂	C – O – H	CH ₃ - C = C	CH ₃ – C - O
Déplacement chimique δ (ppm)	4,5 à 6	0,7 à 5,5 ⁽¹⁾	1,6	1,15 à 1,3

⁽¹⁾ La position du signal dépend fortement du solvant et de la concentration.

1.6. A partir des réponses aux questions 1.3 et 1.5, donner la nature de la réaction étudiée.

1.7. Justifier qualitativement que cette réaction puisse être suivie par conductimétrie.

2. Etude de la cinétique de la réaction

Deux mélanges eau / acétone sont étudiés à différentes températures. L'eau est ici en large excès, elle intervient donc comme solvant et comme réactif. Les conditions opératoires sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	Eau	Acétone	2-chloro-2-méthylpropane	Température (°C)
Expérience A ₁	30 g	20 g	1,0 mL	25
Expérience A ₂	30 g	20 g	1,0 mL	30
Expérience A ₃	30 g	20 g	1,0 mL	40
Expérience B	25 g	25 g	1,0 mL	40

Le mélange eau / acétone est introduit dans un bécher de 100 mL qui est placé dans un bain thermostaté. Lorsque la température à l'intérieur du bécher est stabilisée à la valeur désirée, une sonde conductimétrique est introduite puis 1,0 mL de 2-chloro-2-méthylpropane est versé dans le milieu réactionnel sous agitation. Au bout de quelques secondes, l'agitation est stoppée puis la conductivité de la solution est suivie au cours du temps à l'aide d'un système informatisé. La durée d'acquisition est de 20 minutes pour chaque étude.

On suppose que :

$$\sigma(t) = K.x(t)$$

$\sigma(t)$ représente la conductivité de la solution à un instant donné à laquelle a été retranchée la conductivité initiale de la solution, K est une constante qui va dépendre du mélange considéré et de la température et $x(t)$ représente l'avancement de la réaction à un instant donné. Les graphes, placés **sur l'annexe 1 page 12/13 (documents 3 et 4)**, représentent $\sigma(t)$ en fonction du temps pour différentes conditions expérimentales.

2.1. En comparant les expériences A₁, A₂ et A₃ et en justifiant brièvement, indiquer l'influence de la température sur la vitesse de la réaction.

2.2. En comparant les expériences A₃ et B, indiquer l'influence de la proportion eau / acétone sur la vitesse de la réaction chimique. Justifier la réponse.

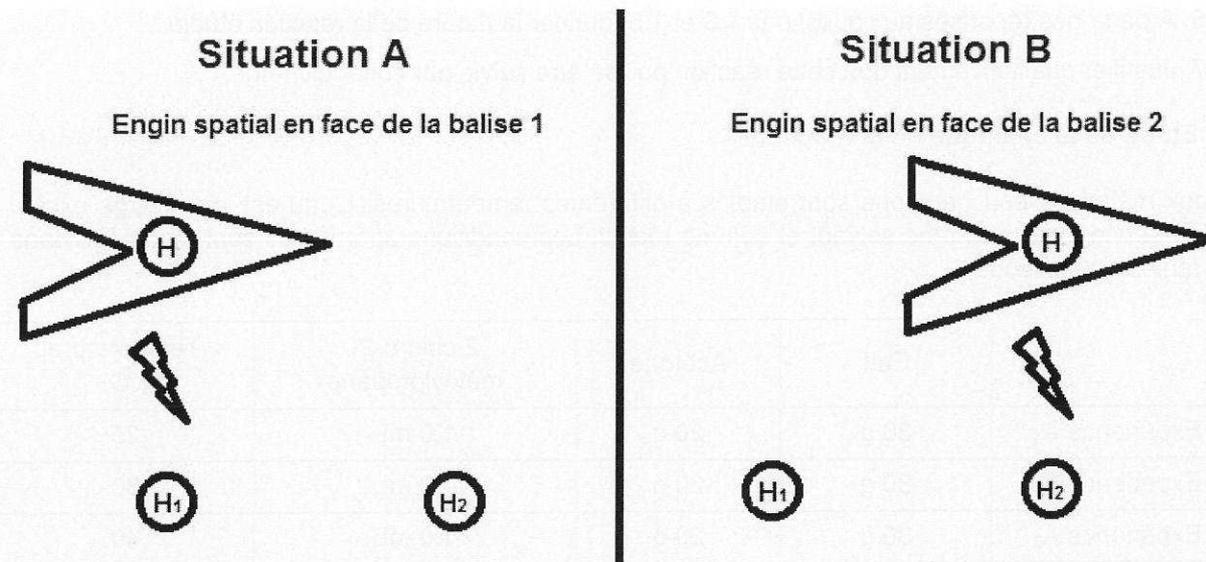
2.3. Définir le temps de demi-réaction.

2.4. Donner la valeur du temps de demi-réaction dans le cas de l'expérience A₃.

3. Cinétique relativiste

On imagine que la réaction est réalisée dans la navette spatiale s'éloignant à une vitesse de $v = 0,80.c$ de la Terre où c représente la vitesse de la lumière dans le vide.

Les élèves enregistrent un temps de demi-réaction de 1000 s dans la navette. Un observateur terrestre peut aussi en déduire une mesure du temps de demi-réaction à l'aide d'un dispositif embarqué dans l'engin qui va envoyer un signal lumineux à deux balises fixes par rapport à la Terre, placées dans l'espace, et munies de deux horloges H_1 et H_2 synchronisées. Un premier signal est envoyé au début de la réaction et un second lorsque le temps de demi-réaction est atteint. L'horloge H est fixe par rapport à la navette.



- 3.1. Définir la notion de temps propre.
- 3.2. Indiquer les deux référentiels étudiés ici.
- 3.3. Donner les noms de Δt_m et de Δt_p dans la relation $\Delta t_m = \gamma \Delta t_p$.
- 3.4. Dans quels référentiels sont déterminés respectivement Δt_m et Δt_p ?
- 3.5. Quel est le nombre suffisant d'horloge(s) qu'il faut utiliser pour mesurer la durée Δt_p ?
- 3.6. Sachant que $\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$, calculer γ , puis la durée inconnue.
- 3.7. Comparer Δt_m et Δt_p . Commenter.
- 3.8. Citer une expérience réaliste qui permet d'observer ce phénomène.

Exercice III : ÉTUDE DE LA FABRICATION D'UN PONTON EN MILIEU MARIN (5 points)



Vous faites partie d'un laboratoire d'ingénierie qui doit étudier la conception d'un ponton. En marine, le ponton (ou embarcadère) permet l'embarquement ou le débarquement de passagers et l'amarrage des bateaux. L'image, ci-contre, montre un ponton en construction.

D'après <http://www.parc-marais-poitevin.fr/>

Cet exercice porte sur la corrosion de piliers métalliques partiellement immergés en eau de mer. Vous devez, pour cela, lire attentivement l'ensemble des documents proposés, répondre à des questions à choix multiples sur l'annexe 2 à rendre avec la copie puis résoudre le problème posé à l'aide d'une rédaction d'au minimum 20 lignes.

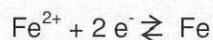
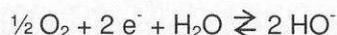
Document 1

L'acier est un alliage métallique utilisé dans les domaines de la construction mécanique. L'acier est constitué d'au moins deux éléments, le fer, très majoritaire, et le carbone, dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse. C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés du métal qu'on appelle « acier ».

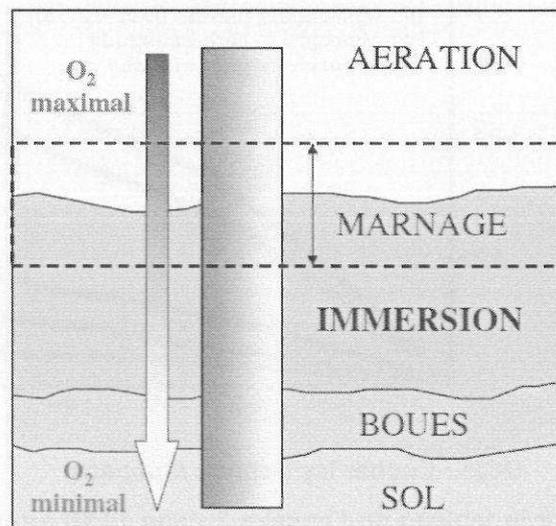
Pour l'acier, la corrosion se traduit par la formation de rouille. Ce produit composé d'oxydes plus ou moins hydratés ne se forme qu'en présence de dioxygène et d'eau à température ordinaire. Cette corrosion est dite aqueuse, et c'est la forme la plus fréquemment rencontrée en construction métallique.

La corrosion est un phénomène électrochimique : cela signifie qu'il se crée des piles à la surface de l'acier, dans lesquelles une des électrodes, l'anode, se consomme au bénéfice de l'autre, la cathode, qui reste intacte. L'électrolyte est constitué par l'eau, plus ou moins conductrice et oxygénée.

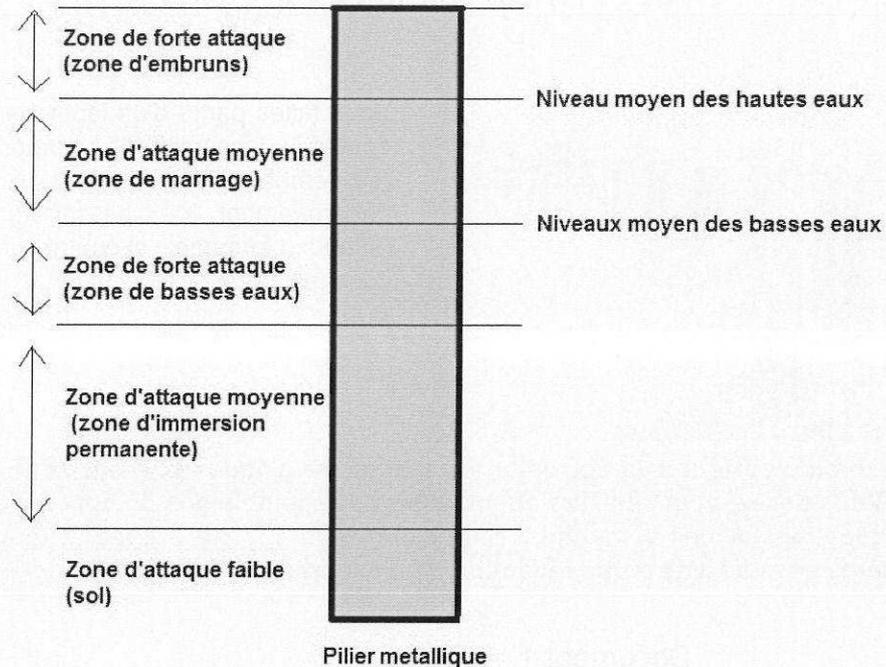
Les deux demi-équations mises en jeu dans le phénomène de corrosion sont :



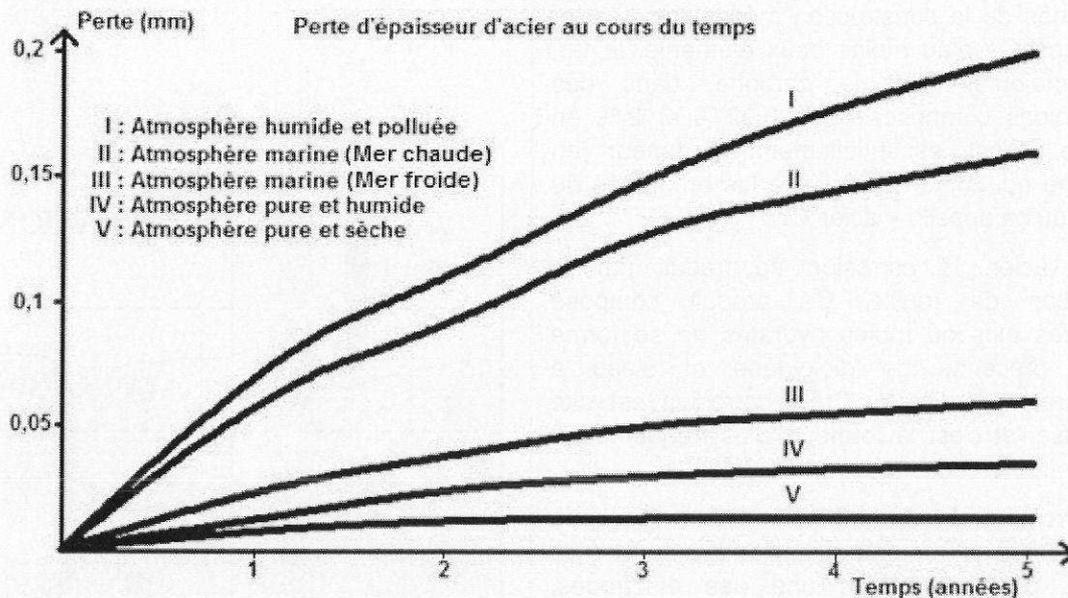
Document 2



Document 3



Document 4



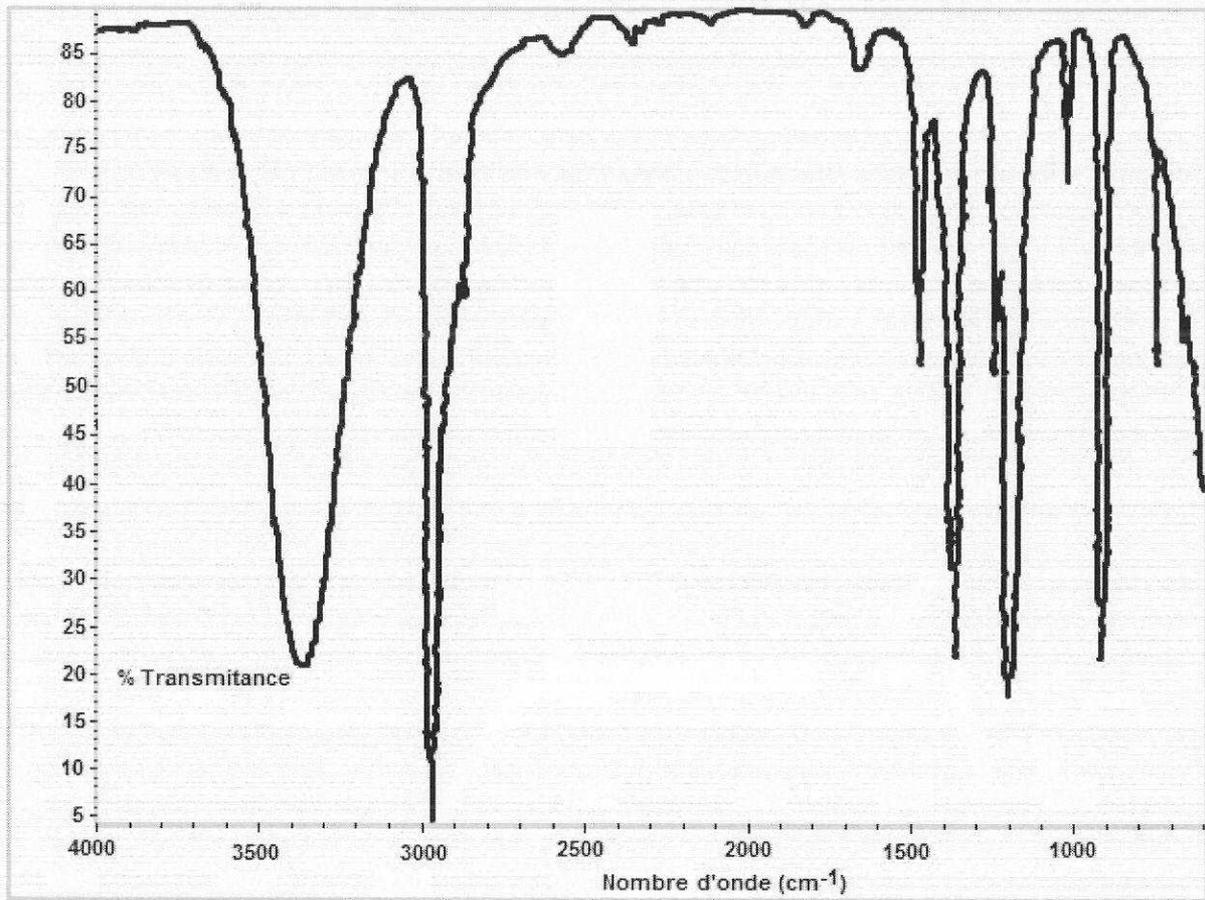
1. QCM : Cocher les bonnes réponses

Sur le tableau de l'annexe 2 page 13/13 à rendre avec la copie, cocher les bonnes réponses en précisant à chaque fois le numéro du document utilisé pour répondre à la question. Chaque bonne réponse amène des points. Une mauvaise réponse ne conduit pas à un retrait de points.

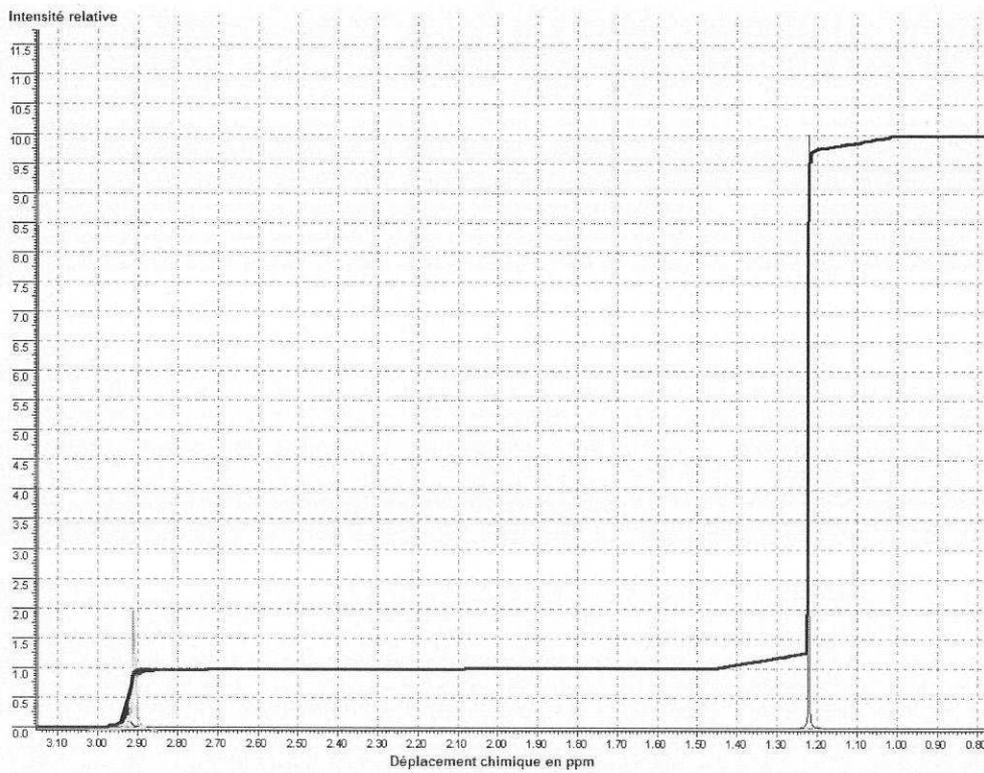
2. Question de synthèse :

À partir des documents fournis et de vos connaissances personnelles, donner, en justifiant votre réponse, les caractéristiques de la corrosion des piliers métalliques au bord de la mer et proposer ensuite des pistes pour augmenter la durée de vie du ponton. Prendre soin, pour cela, d'utiliser la totalité des documents proposés, d'apporter une solution au problème posé en veillant à structurer les informations recueillies, d'adopter un jugement critique argumenté et de rédiger un document d'au minimum 20 lignes dans un français correct.

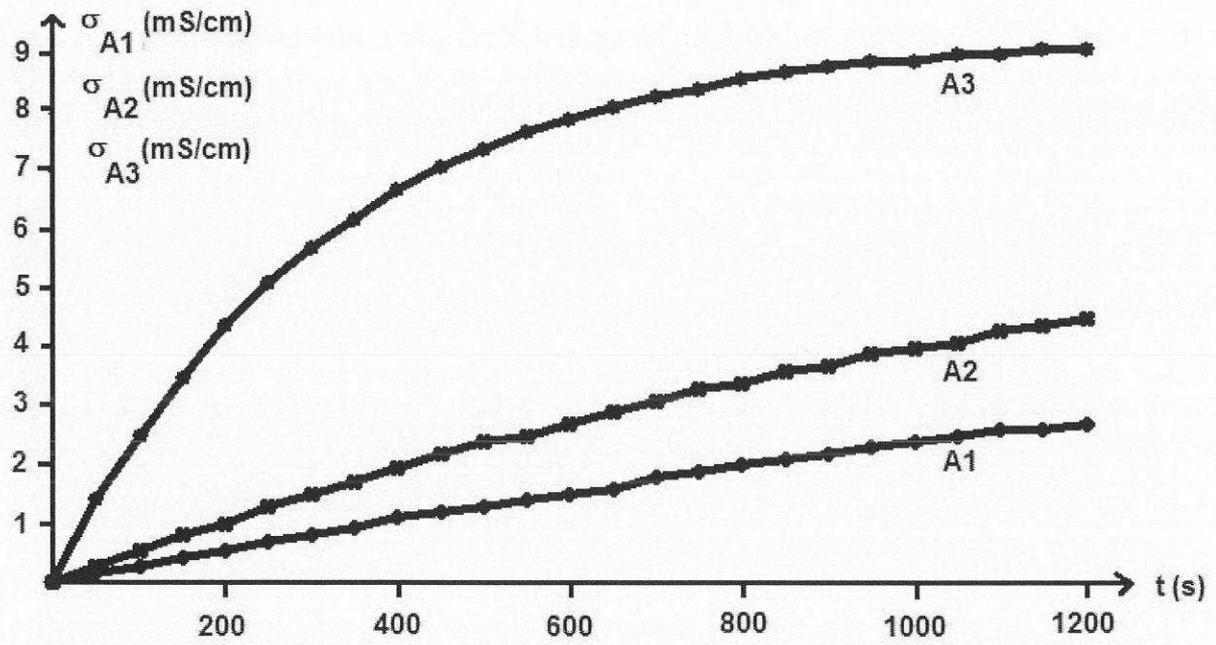
ANNEXE 1 A RENDRE EVENTUELLEMENT AVEC LA COPIE



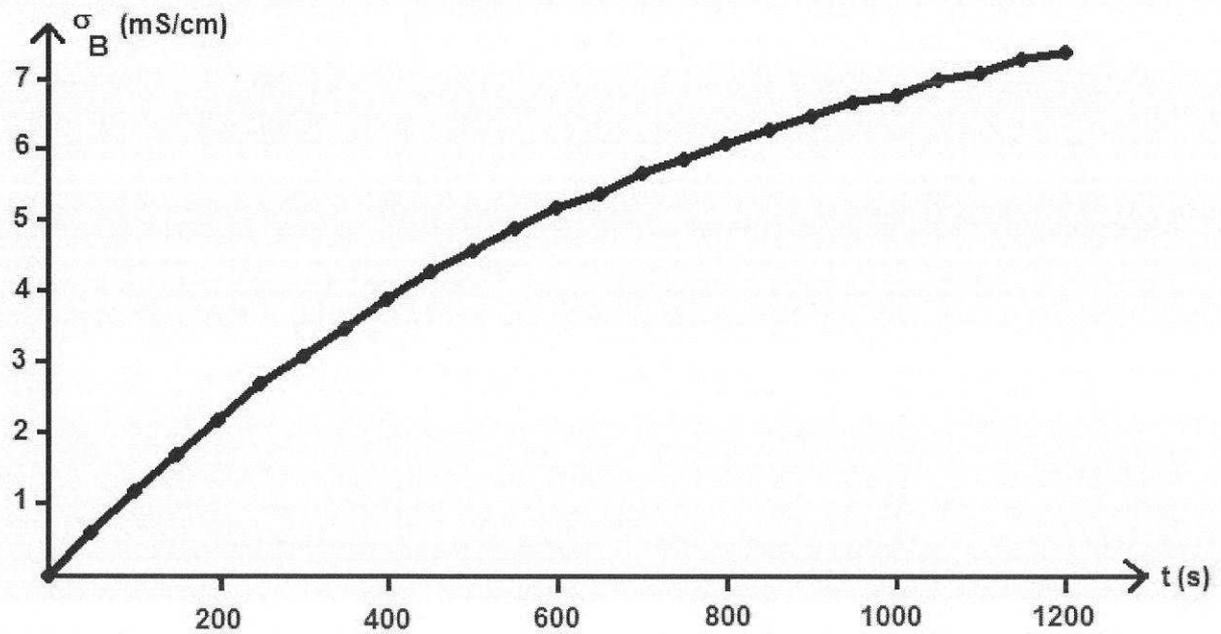
Document 1



Document 2



Document 3



Document 4

ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE

QCM

Questions	Réponses	Documents
1. La corrosion des piliers métalliques est la même sur toute leur hauteur.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
2. La quantité de dioxygène est identique sur toute la hauteur du pilier métallique.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
3. La corrosion est la plus importante à la base du pilier métallique.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
4. La température moyenne a une influence sur la perte d'épaisseur d'acier au cours du temps.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
5. L'équation d'oxydoréduction associée à la corrosion humide peut être écrite : $\text{Fe}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{HO}^-_{(aq)} + \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
6. Un pilier métallique perd 0,2 mm d'épaisseur au bout de 5 ans en présence d'une atmosphère humide et polluée.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	

Session 2013

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**PHYSIQUE – CHIMIE**

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30**Coefficient : 6**

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet comporte 3 exercices présentés
sur 14 pages numérotées de 1 à 14, y compris celle-ci.

L'annexe (page 14) est à rendre avec la copie.

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

Exercice I - La télémétrie LASER (7 points)

Exercice II - L'estérification (8 points)

Exercice III – Le génie des physiciens et des chimistes au service de la mesure du temps (5 points)

Exercice I – La télémétrie LASER (7 points)

« Déterminer le champ de gravité de la Terre, mesurer le niveau des océans et des glaciers, suivre la tectonique des plaques, étalonner les instruments spatiaux, étudier la Lune et les planètes, et même tester la physique fondamentale, toutes ces tâches nécessitent des mesures précises de distance, qui se font par télémétrie laser (...)

En pratique, on mesure le temps de vol d'une impulsion lumineuse entre une station au sol et une cible placée sur le satellite dont on veut déterminer la distance. La station est constituée d'un laser pulsé, d'un dispositif de détection et de datation, et d'un télescope. Le laser émet des impulsions lumineuses très brèves (20 picosecondes), d'une puissance instantanée fantastique. La plupart d'entre eux émettent une impulsion tous les dixièmes de seconde, soit une cadence de tir de 10 hertz, mais certaines atteignent des cadences de tir de quelques kilohertz.

La date de départ de l'impulsion est déterminée avec précision. La cible, équipée d'un réflecteur, renvoie le faisceau en direction de la station, laquelle détecte et date le faisceau de retour. La distance est déduite des différences entre les dates de départ et de retour des impulsions émises par la station et réfléchies par la cible. »

D'après Pour la Science, dossier n°53, octobre-décembre 2006, Arpenter l'espace à l'aide de lasers, Étienne SAMAIN ingénieur CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur.

L'exercice aborde quelques problématiques en lien avec le travail réalisé par les ingénieurs et chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), situé sur le plateau de Calern, près de Grasse dans les Alpes-Maritimes.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés ci-dessous :

Document 1

Le laser utilisé à l'OCA est un laser à Nd:YAG, constitué de cristaux de Grenat artificiels d'Yttrium et d'Aluminium ($Y_3^{3+}Al_5^{3+}O_{12}^{2-}$) dopés par des ions Néodyme. L'inversion de population, réalisée par pompage optique, concerne ces derniers ions.

Ce laser émet une radiation lumineuse de longueur d'onde 1064 nm. Mais un dispositif permet de doubler la fréquence, de sorte qu'il émet à la sortie du télescope, une radiation de longueur d'onde $\lambda = 532$ nm dans le vide. La fréquence ν d'une radiation lumineuse et sa longueur d'onde λ étant liées par la relation $c = \lambda \cdot \nu$ où c , est la célérité de la lumière.

Un tir laser émet une centaine d'impulsions pendant une dizaine de secondes, chacune durant 20 ps. Chaque impulsion émet une énergie $E = 200$ mJ.

À l'aide d'une horloge d'une très grande précision ($\Delta t = 1\text{ps}$; $1\text{ps} = 10^{-12}\text{ s}$), la durée d'un aller-retour d'une impulsion émise par le laser, peut être enregistrée et la distance Terre-Lune d_{T-L} est alors calculée automatiquement.

Cinq réflecteurs, dont la surface réfléchissante est de l'ordre de $s = 0,5\text{ m}^2$, ont été déposés, en différents points de la surface de la Lune, par les missions américaines (Apollo) et russes (Lunokhod) entre 1969 et 1973.

Le tableau de mesures suivant, résume les données obtenues pour chaque impulsion reçue lors de tirs effectués entre le 27 et le 30 novembre 2002.

La célérité de la lumière utilisée pour le traitement des données, est celle dans le vide : $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Date	Heure en h:min:ns	Durée aller-retour en 10^{-13} s	Distance Terre-Lune d_{T-L} en km
27/11/2002	04:43:406393142	24648468652614	369471,25017
27/11/2002	04:54:289976746	24644665715165	369414,24557
27/11/2002	05:10:458205105	24640099593537	369345,80113
27/11/2002	05:22:292939394	24637681983003	369309,56206
27/11/2002	05:41:648936000	24635344034116	369274,51708
27/11/2002	05:50:391634635	24634858791318	369267,24348
27/11/2002	06:01:311809190	24634892052296	369267,74205
28/11/2002	04:54:343574407	24406472646587	365843,82129
29/11/2002	03:34:435933600	24286275303864	364042,10845
29/11/2002	04:43:255837213	24216009976909	362988,85770
29/11/2002	05:03:362399138	24199488939775	362741,21358
29/11/2002	05:59:835258680	24164440511979	?
29/11/2002	06:10:435854710	24159439560814	362140,88849
30/11/2002	04:23:300384145	24096826051427	361202,33560
30/11/2002	04:41:140039925	24077636963451	360914,69841
30/11/2002	04:57:401860390	24061517343433	360673,07138
30/11/2002	06:20:598907318	23994576785410	359669,65766
30/11/2002	06:35:333161641	23986483783787	359548,34662
30/11/2002	06:49:141460898	23979897636289	359449,62275

Origine : tableau de l'Observatoire de Côte d'Azur, <https://www.oca.eu>

Document 3

Tout faisceau lumineux diverge. À son départ, le faisceau laser a un diamètre D de deux mètres (...). La diffraction provoque donc une faible divergence, de un millionième de radian, soit un élargissement du faisceau de l'ordre du micromètre par mètre parcouru. Mais comme la distance Terre-Lune mesure la bagatelle d'environ 400 000 kilomètres, l'effet à l'arrivée est important.

La diffraction se produisant de la même façon pour le faisceau retour, on ne détecte qu'une infime partie de cette lumière réfléchi : environ 2×10^{-18} millijoule par impulsion envoyée.

D'après Pour la Science, dossier n°53, octobre-décembre 2006, La lumière, c'est combien de photons ?
Jean-Michel COURTY et Nicolas TREPS, Université Pierre et Marie Curie, Paris.

A l'aide de vos connaissances et des documents fournis, rédiger des réponses argumentées aux situations suivantes.

1. À propos du laser.

1.1. Montrer en utilisant la relation $c = \lambda \cdot \nu$ que doubler la fréquence permet de diviser par deux la longueur d'onde émise initialement par le laser.

1.2.

1.2.1. Indiquer une propriété particulière du laser pulsé.

1.2.2. Justifier l'affirmation d'Étienne SAMAIN : le laser émet des impulsions de puissance instantanée fantastique.

Données : La puissance p d'une impulsion est reliée à l'énergie E émise pendant la durée Δt d'une impulsion : $p = \frac{E}{\Delta t}$

1.3. Estimer le nombre de photons émis à chaque impulsion en direction de la Lune.

L'utilisation des valeurs numériques des grandeurs mises en jeu pour ce calcul n'est pas nécessaire ; une estimation à l'aide des ordres de grandeur de celles-ci sera privilégiée.

Données : L'énergie d'un photon est donnée par la relation :

$$e = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

où λ est la longueur d'onde de la radiation, c la célérité de la lumière dans le vide et h la constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s).

1.4.

1.4.1. A partir des informations fournies dans **le document 3**, calculer le rayon de la tache lumineuse obtenue sur la Lune. Il est conseillé de schématiser la situation.

1.4.2. Commenter les propos de Jean-Michel COURTY et Nicolas TREPS, quand ils écrivent que même si le faisceau émis possède une faible divergence, l'effet sur la Lune est important, en comparant le diamètre de la tache obtenue sur la Lune au diamètre initial D du faisceau laser.

2. À propos de la mesure de la distance Terre-Lune.

2.1.

2.1.1 Par quel calcul sont obtenues les distances Terre-Lune de la dernière colonne du tableau ? Expliciter celui manquant dans le tableau de mesures, puis calculer sa valeur, en se contentant de la précision de la calculatrice.

2.1.2 D'après le nombre de chiffres significatifs fournis par l'OCA dans ses fichiers de données, avec quelle précision la distance Terre-Lune est-elle mesurée actuellement ?

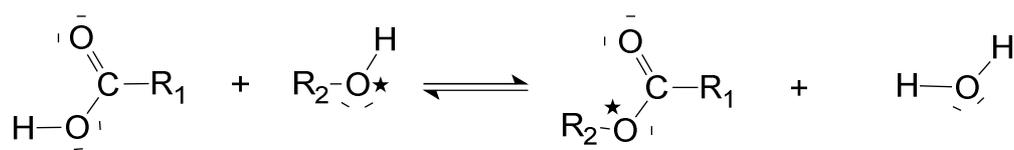
2.1.3 A votre avis, quel type d'horloge peut permettre d'atteindre une telle précision sur les durées de parcours des impulsions ?

2.2. Proposer deux hypothèses à considérer pour tenter d'expliquer les écarts observés sur la mesure de la distance Terre-Lune.

Exercice II – L'estérification (8 points)

Les esters sont des composés organiques, souvent à l'origine de l'arôme naturel des fruits. À côté de leur production naturelle, ils sont aussi synthétisés pour satisfaire les besoins de l'industrie agroalimentaire, de la parfumerie et d'autres secteurs industriels. Le butanoate d'éthyle est par exemple, un ester à l'odeur d'ananas, l'éthanoate de propyle rappelle l'odeur de la poire ...

L'estérification est une transformation chimique au cours de laquelle un ester, de formule générale $R_1 - \text{COO} - R_2$, est obtenu par réaction entre un acide carboxylique $R_1 - \text{COOH}$ et un alcool $R_2 - \text{OH}$. Il se forme aussi de l'eau selon l'équation :



L'oxygène marqué O^* de l'alcool est celui qu'on retrouve généralement dans l'ester.

Cet exercice aborde l'étude du mécanisme de la synthèse de l'éthanoate de butyle, celle de sa synthèse expérimentale puis de son identification.

1. Mécanisme.

Aspect macroscopique

- 1.1. Nommer et donner la formule semi-développée des deux réactifs de la réaction ci-dessus, conduisant à la formation de l'éthanoate de butyle.
- 1.2. Indiquer si la réaction d'estérification est une réaction de substitution, d'addition ou d'élimination. Justifier.

Aspect microscopique

Données : L'électronégativité traduit la capacité d'un atome à attirer à lui les électrons d'une liaison dans laquelle il est engagé. L'atome d'oxygène O est beaucoup plus électronégatif que l'atome de carbone C. Les électronégativités du carbone et de l'hydrogène H sont en revanche, voisines.

- 1.3. Identifier pour chacun des réactifs un site donneur ou un site accepteur de doublet d'électrons puis proposer une première étape pour le mécanisme de formation de l'ester.

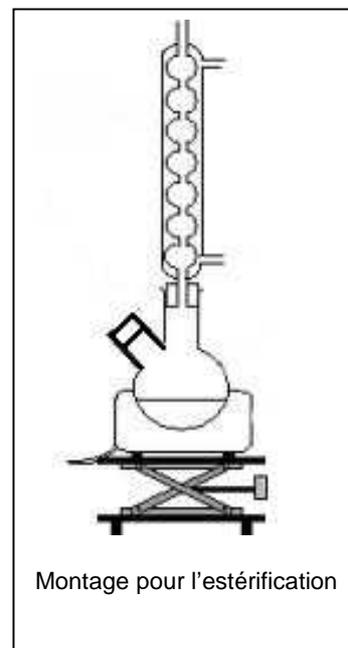
Données :

Composé	Acide utilisé	Alcool utilisé	Ester obtenu
Masse volumique (g.mL ⁻¹)	1,05	0,81	0,89
Propriété	Acide	Acidité quasi nulle	Acidité nulle
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	60	74	102
Miscibilité dans l'eau	importante	faible	Très faible
Miscibilité dans le dichlorométhane	importante	importante	importante
Pictogramme			

L'éthanoate de butyle peut être synthétisé dans un laboratoire de lycée en suivant le protocole expérimental décrit ci-après. **Les étapes du contrôle cinétique sont également exposées.**

Étape 1 :

- Au regard des pictogrammes des différentes espèces chimiques à manipuler, prendre les précautions nécessaires.
- Placer deux flacons, l'un contenant l'acide et l'autre l'alcool, dans un bain d'eau froide. Préparer le montage ci-contre. Réaliser le mélange en versant 28 mL d'acide, 44,8 mL d'alcool et quelques grains de pierre ponce dans le ballon bicol. Placer ce ballon dans un bain d'eau froide.
- Remplir une burette graduée avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$).
- Placer sept béchers dans un bain d'eau glacée, y introduire 30 mL d'eau distillée et quelques gouttes de phénolphtaléine.



Étape 2 :

- Retirer le ballon du bain d'eau froide, l'essuyer, et y ajouter avec précautions, quelques gouttes d'une solution d'acide sulfurique ($2\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$).
- Insérer le ballon dans le montage et fixer la température de chauffage à $\theta = 20^\circ\text{C}$.
- Déclencher le chronomètre, prélever aussitôt 5 mL du mélange réactionnel, refermer le bicol, placer ce prélèvement dans un des béchers situés dans le bain d'eau glacée.

Étape 3 :

- Réaliser le titrage du prélèvement par la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, jusqu'au virage de la phénolphtaléine. Noter le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versée.

Étape 4 :

- Faire six autres prélèvements et dosages successifs aux dates $t = 3$ min, puis 6 min, 12 min, 25 min, 60 min et 90 min.

Étape 5 :

- Reproduire les étapes 1, 2, 3 et 4 selon les variantes 1, 3, 4 et 5 décrites ci-dessous.
 - variante 1 : $\theta = 20^\circ\text{C}$ (pas de chauffage) sans ajout d'acide sulfurique,
 - variante 2 : $\theta = 20^\circ\text{C}$ (pas de chauffage) et ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 - variante 3 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (thermostat 5) sans ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 - variante 4 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (thermostat 5) avec ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 - variante 5 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (thermostat 5) avec ajout d'une solution d'acide sulfurique et excès de butan-1-ol ($V = 80$ mL).

Analyse du protocole

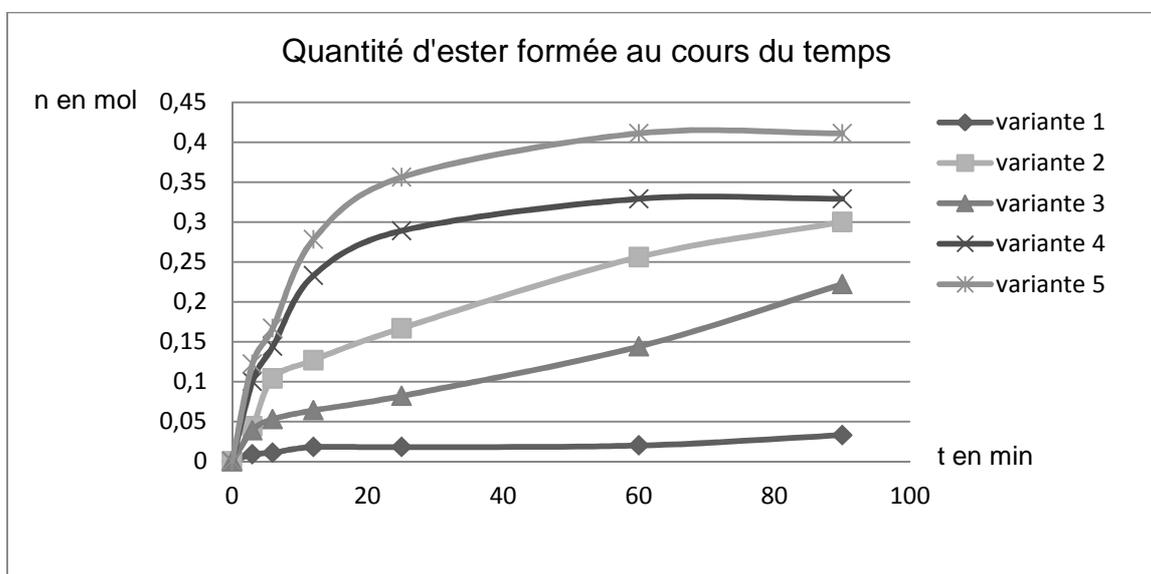
- 2.1. Justifier la constitution du montage utilisé pour réaliser l'estérification.
- 2.2. Proposer une explication justifiant l'utilisation de bains d'eau froide et d'eau glacée.
- 2.3. À partir du mélange initial, déterminer la quantité maximale d'ester que l'on pourrait obtenir si la réaction était totale.

Titration des prélèvementsDonnées :

- Couples acide/base mis en jeu :
 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$; $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-_{(\text{aq})}$
 - La phénolphtaléine est un indicateur coloré acido-basique de fin de réaction utilisé pour tout titrage d'un acide avec les ions hydroxyde HO^- , l'équivalence correspond au virage de l'indicateur (passage de l'incolore à une coloration rose).
 - Pour les variantes 2, 4 et 5, on considérera que la quantité d'acide sulfurique présent dans le prélèvement est négligeable devant celle de l'acide éthanoïque.
- 2.4.** Expliquer de manière concise les deux affirmations suivantes (aucune valeur n'est attendue) :
- La solution d'hydroxyde de sodium permet de doser l'acide éthanoïque.
 - Le titrage de l'acide éthanoïque par la solution d'hydroxyde de sodium permet de déterminer la quantité d'ester formée.

Exploitation des résultats

Les résultats expérimentaux obtenus sont représentés sur le graphique suivant :



2.5. À la lecture du graphique, quels arguments permettent de justifier les affirmations suivantes ?

- la température influence l'évolution temporelle d'une réaction chimique,
- un catalyseur influence aussi cette évolution,
- l'excès d'un réactif permet d'obtenir davantage d'ester.

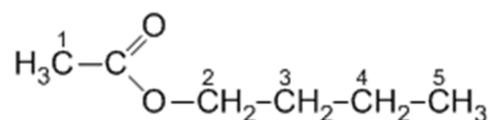
3. Extraction, purification et identification

Le reste du mélange réactionnel contenu dans le ballon est versé dans une ampoule à décanter, puis lavé par différentes solutions aqueuses. On récupère la phase organique.

Des techniques de rectification et de purification, non décrites ici, permettent d'obtenir un **titre en ester** dans la phase organique finale, proche de **99%**.

L'analyse par spectroscopie RMN du proton d'un échantillon préparé selon le protocole précédent, permet d'accéder à sa formule développée.

En analysant l'environnement chimique de chaque groupe de protons équivalents de la molécule, indiquer la multiplicité des signaux provenant des atomes d'hydrogène portés par les différents atomes de carbone.



Formule semi-développée de l'éthanoate de butyle

Exercice III – Le génie des physiciens et des chimistes au service de 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 : $m = 50 \text{ g}$

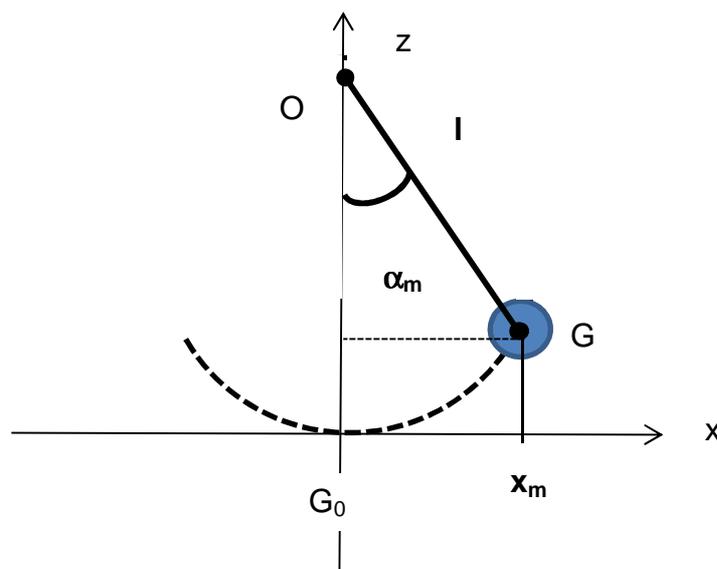
On réalise un pendule en suspendant une bille de plomb de masse $m = 50 \text{ g}$ et de centre d'inertie G, à un fil de longueur l accroché en O comme l'indique la figure du **document 2**.

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 :

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

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 en page 14**.



- 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.

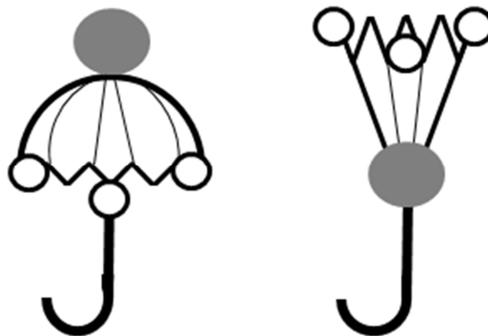
- 1.2.1. Déterminer à partir du document 3 (fenêtre 1) la valeur de l'abscisse x_m . En déduire la valeur de l'angle maximal α_m , en degré, décrit par le pendule.
- 1.2.2. Calculer la vitesse maximale v_m atteinte par le centre d'inertie G .
- 1.2.3. Tracer sur le document 3 (fenêtre 2) de **l'annexe en page 14** 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.

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/horloge_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 :



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.

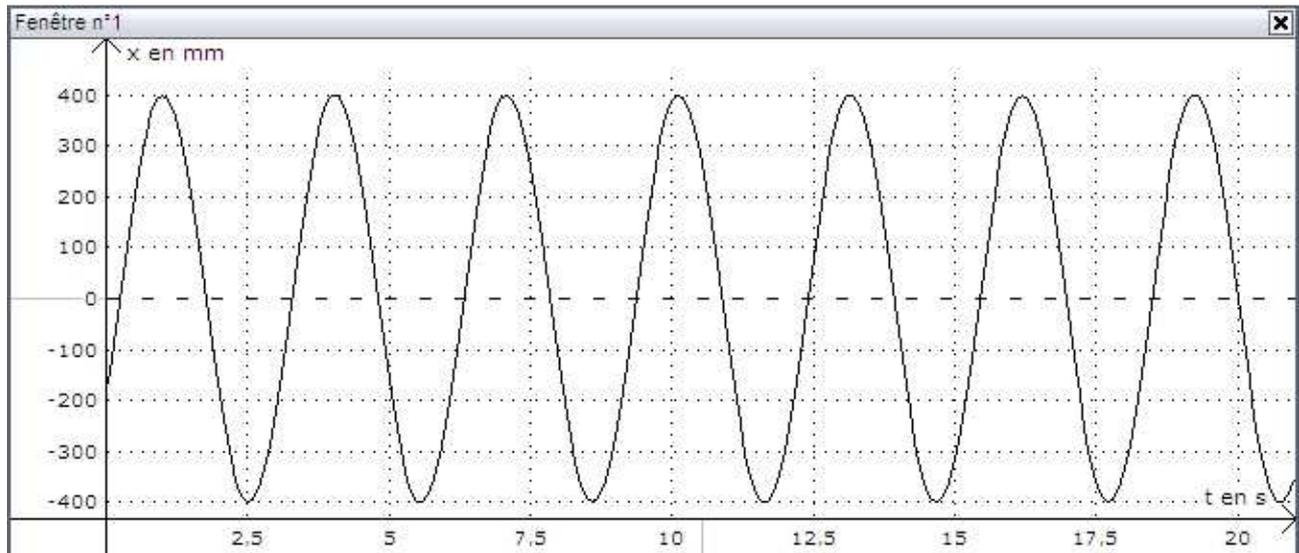
- ① Le $\text{p}K_A$ de l'ion ammonium est 10,2.
- ② La réaction de dissociation de l'ion ammonium dans l'eau s'écrit :



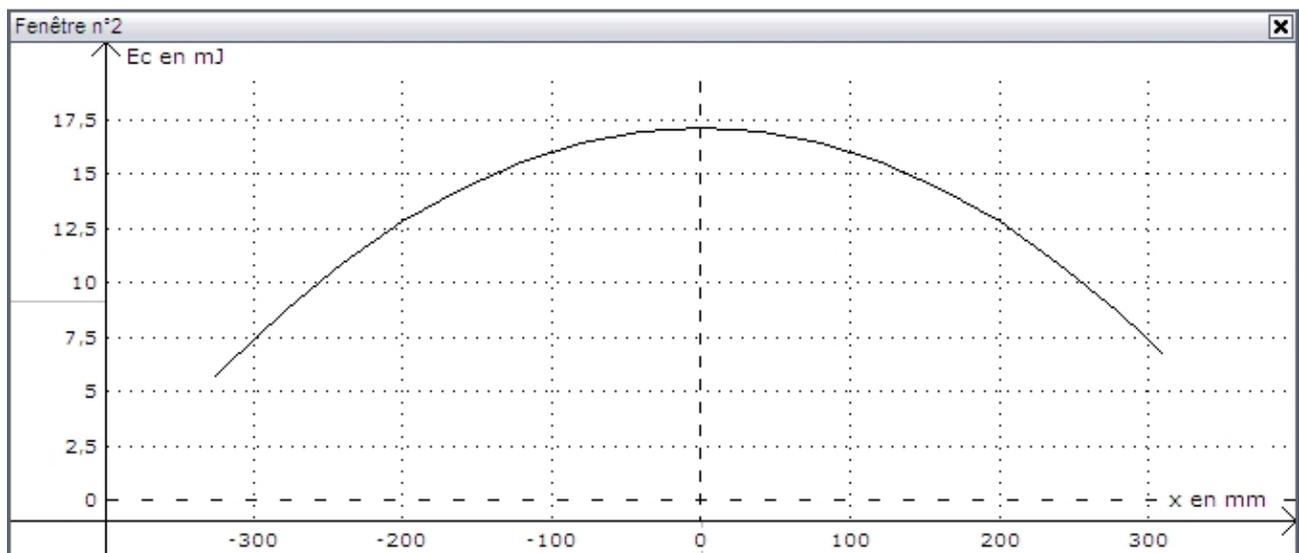
- ③ L'ion ammonium est totalement dissocié dans l'eau.
- ④ Dans une solution aqueuse d'ammoniac de pH égal à 8, l'espèce prédominante est NH_3 .

Annexe de l'exercice III à rendre avec la copie

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

Session 2013

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**PHYSIQUE – CHIMIE**

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30**Coefficient : 8**

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet comporte 3 exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

L'annexe (page 13) est à rendre avec la copie.

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

Exercice I - La télémétrie LASER (7 points)

Exercice II - L'estérification (8 points)

Exercice III – « Ça farte ! » (5 points)

Exercice I – La télémétrie LASER (7 points)

« Déterminer le champ de gravité de la Terre, mesurer le niveau des océans et des glaciers, suivre la tectonique des plaques, étalonner les instruments spatiaux, étudier la Lune et les planètes, et même tester la physique fondamentale, toutes ces tâches nécessitent des mesures précises de distance, qui se font par télémétrie laser (...)

En pratique, on mesure le temps de vol d'une impulsion lumineuse entre une station au sol et une cible placée sur le satellite dont on veut déterminer la distance. La station est constituée d'un laser pulsé, d'un dispositif de détection et de datation, et d'un télescope. Le laser émet des impulsions lumineuses très brèves (20 picosecondes), d'une puissance instantanée fantastique. La plupart d'entre eux émettent une impulsion tous les dixièmes de seconde, soit une cadence de tir de 10 hertz, mais certaines atteignent des cadences de tir de quelques kilohertz.

La date de départ de l'impulsion est déterminée avec précision. La cible, équipée d'un réflecteur, renvoie le faisceau en direction de la station, laquelle détecte et date le faisceau de retour. La distance est déduite des différences entre les dates de départ et de retour des impulsions émises par la station et réfléchies par la cible. »

D'après Pour la Science, dossier n°53, octobre-décembre 2006, Arpenter l'espace à l'aide de lasers, Étienne SAMAIN ingénieur CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur.

L'exercice aborde quelques problématiques en lien avec le travail réalisé par les ingénieurs et chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), situé sur le plateau de Calern, près de Grasse dans les Alpes-Maritimes.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés ci-dessous :

Document 1

Le laser utilisé à l'OCA est un laser à Nd:YAG, constitué de cristaux de Grenat artificiels d'Yttrium et d'Aluminium ($Y_3^{3+}Al_5^{3+}O_{12}^{2-}$) dopés par des ions Néodyme. L'inversion de population, réalisée par pompage optique, concerne ces derniers ions.

Ce laser émet une radiation lumineuse de longueur d'onde 1064 nm. Mais un dispositif permet de doubler la fréquence, de sorte qu'il émet à la sortie du télescope, une radiation de longueur d'onde $\lambda = 532$ nm dans le vide. La fréquence ν d'une radiation lumineuse et sa longueur d'onde λ étant liées par la relation $c = \lambda \cdot \nu$ où c , est la célérité de la lumière.

Un tir laser émet une centaine d'impulsions pendant une dizaine de secondes, chacune durant 20 ps. Chaque impulsion émet une énergie $E = 200$ mJ.

A l'aide d'une horloge d'une très grande précision ($\Delta t = 1\text{ps}$; $1\text{ps} = 10^{-12}\text{ s}$), la durée d'un aller-retour d'une impulsion émise par le laser, peut être enregistrée et la distance Terre-Lune d_{T-L} est alors calculée automatiquement.

Cinq réflecteurs, dont la surface réfléchissante est de l'ordre de $s = 0,5\text{ m}^2$, ont été déposés, en différents points de la surface de la Lune, par les missions américaines (Apollo) et russes (Lunokhod) entre 1969 et 1973.

Le tableau de mesures suivant, résume les données obtenues pour chaque impulsion reçue lors de tirs effectués entre le 27 et le 30 novembre 2002.

La célérité de la lumière utilisée pour le traitement des données, est celle dans le vide : $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Date	Heure en h:min:ns	Durée aller-retour en 10^{-13} s	Distance Terre-Lune d_{T-L} en km
27/11/2002	04:43:406393142	24648468652614	369471,25017
27/11/2002	04:54:289976746	24644665715165	369414,24557
27/11/2002	05:10:458205105	24640099593537	369345,80113
27/11/2002	05:22:292939394	24637681983003	369309,56206
27/11/2002	05:41:648936000	24635344034116	369274,51708
27/11/2002	05:50:391634635	24634858791318	369267,24348
27/11/2002	06:01:311809190	24634892052296	369267,74205
28/11/2002	04:54:343574407	24406472646587	365843,82129
29/11/2002	03:34:435933600	24286275303864	364042,10845
29/11/2002	04:43:255837213	24216009976909	362988,85770
29/11/2002	05:03:362399138	24199488939775	362741,21358
29/11/2002	05:59:835258680	24164440511979	?
29/11/2002	06:10:435854710	24159439560814	362140,88849
30/11/2002	04:23:300384145	24096826051427	361202,33560
30/11/2002	04:41:140039925	24077636963451	360914,69841
30/11/2002	04:57:401860390	24061517343433	360673,07138
30/11/2002	06:20:598907318	23994576785410	359669,65766
30/11/2002	06:35:333161641	23986483783787	359548,34662
30/11/2002	06:49:141460898	23979897636289	359449,62275

Origine : tableau de l'Observatoire de Côte d'Azur, <https://www.oca.eu>

Document 3

Tout faisceau lumineux diverge. À son départ, le faisceau laser a un diamètre D de deux mètres (...). La diffraction provoque donc une faible divergence, de un millionième de radian, soit un élargissement du faisceau de l'ordre du micromètre par mètre parcouru. Mais comme la distance Terre-Lune mesure la bagatelle d'environ 400 000 kilomètres, l'effet à l'arrivée est important.

La diffraction se produisant de la même façon pour le faisceau retour, on ne détecte qu'une infime partie de cette lumière réfléchi : environ 2×10^{-18} millijoule par impulsion envoyée.

D'après Pour la Science, dossier n°53, octobre-décembre 2006, La lumière, c'est combien de photons ?
Jean-Michel COURTY et Nicolas TREPS, Université Pierre et Marie Curie, Paris.

A l'aide de vos connaissances et des documents fournis, rédiger des réponses argumentées aux situations suivantes.

1. À propos du laser.

1.1. Montrer en utilisant la relation $c = \lambda \cdot \nu$ que doubler la fréquence permet de diviser par deux la longueur d'onde émise initialement par le laser.

1.2.

1.2.1. Indiquer une propriété particulière du laser pulsé.

1.2.2. Justifier l'affirmation d'Étienne SAMAIN : le laser émet des impulsions de puissance instantanée fantastique.

Données : La puissance p d'une impulsion est reliée à l'énergie E émise pendant la durée Δt d'une impulsion : $p = \frac{E}{\Delta t}$

1.3. Estimer le nombre de photons émis à chaque impulsion en direction de la Lune.

L'utilisation des valeurs numériques des grandeurs mises en jeu pour ce calcul n'est pas nécessaire ; une estimation à l'aide des ordres de grandeur de celles-ci sera privilégiée.

Données : L'énergie d'un photon est donnée par la relation :

$$e = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

où λ est la longueur d'onde de la radiation, c la célérité de la lumière dans le vide et h la constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s).

1.4.

1.4.1. A partir des informations fournies dans **le document 3**, calculer le rayon de la tache lumineuse obtenue sur la Lune. Il est conseillé de schématiser la situation.

1.4.2. Commenter les propos de Jean-Michel COURTY et Nicolas TREPS, quand ils écrivent que même si le faisceau émis possède une faible divergence, l'effet sur la Lune est important, en comparant le diamètre de la tache obtenue sur la Lune au diamètre initial D du faisceau laser.

2. À propos de la mesure de la distance Terre-Lune.

2.1.

2.1.1 Par quel calcul sont obtenues les distances Terre-Lune de la dernière colonne du tableau ? Expliciter celui manquant dans le tableau de mesures, puis calculer sa valeur, en se contentant de la précision de la calculatrice.

2.1.2 D'après le nombre de chiffres significatifs fournis par l'OCA dans ses fichiers de données, avec quelle précision la distance Terre-Lune est-elle mesurée actuellement ?

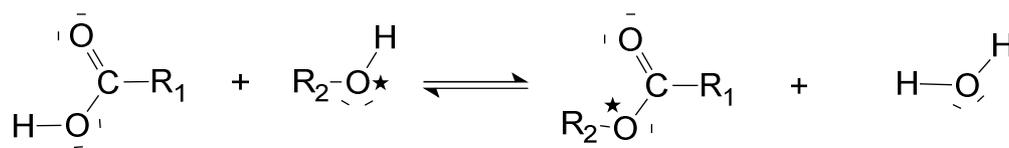
2.1.3 A votre avis, quel type d'horloge peut permettre d'atteindre une telle précision sur les durées de parcours des impulsions ?

2.2. Proposer deux hypothèses à considérer pour tenter d'expliquer les écarts observés sur la mesure de la distance Terre-Lune.

Exercice II – L'estérification (8 points)

Les esters sont des composés organiques, souvent à l'origine de l'arôme naturel des fruits. À côté de leur production naturelle, ils sont aussi synthétisés pour satisfaire les besoins de l'industrie agroalimentaire, de la parfumerie et d'autres secteurs industriels. Le butanoate d'éthyle est par exemple, un ester à l'odeur d'ananas, l'éthanoate de propyle rappelle l'odeur de la poire ...

L'estérification est une transformation chimique au cours de laquelle un ester, de formule générale $R_1 - \text{COO} - R_2$, est obtenu par réaction entre un acide carboxylique $R_1 - \text{COOH}$ et un alcool $R_2 - \text{OH}$. Il se forme aussi de l'eau selon l'équation :



L'oxygène marqué O^* de l'alcool est celui qu'on retrouve généralement dans l'ester.

Cet exercice aborde l'étude du mécanisme de la synthèse de l'éthanoate de butyle, celle de sa synthèse expérimentale puis de son identification.

1. Mécanisme.

Aspect macroscopique

- 1.1. Nommer et donner la formule semi-développée des deux réactifs de la réaction ci-dessus, conduisant à la formation de l'éthanoate de butyle.
- 1.2. Indiquer si la réaction d'estérification est une réaction de substitution, d'addition ou d'élimination. Justifier.

Aspect microscopique

Données : L'électronégativité traduit la capacité d'un atome à attirer à lui les électrons d'une liaison dans laquelle il est engagé. L'atome d'oxygène O est beaucoup plus électronégatif que l'atome de carbone C. Les électronégativités du carbone et de l'hydrogène H sont en revanche, voisines.

- 1.3. Identifier pour chacun des réactifs un site donneur ou un site accepteur de doublet d'électrons puis proposer une première étape pour le mécanisme de formation de l'ester.

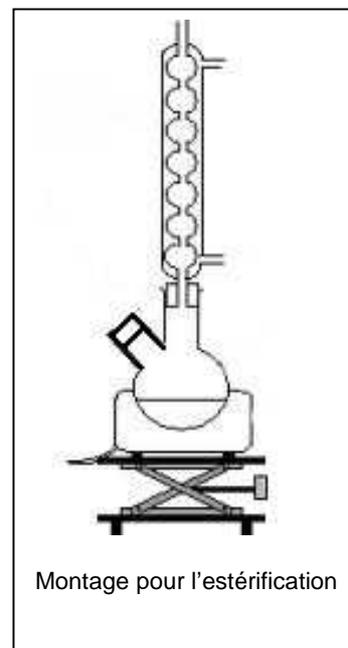
Données :

Composé	Acide utilisé	Alcool utilisé	Ester obtenu
Masse volumique (g.mL ⁻¹)	1,05	0,81	0,89
Propriété	Acide	Acidité quasi nulle	Acidité nulle
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	60	74	102
Miscibilité dans l'eau	importante	faible	Très faible
Miscibilité dans le dichlorométhane	importante	importante	importante
Pictogramme			

L'éthanoate de butyle peut être synthétisé dans un laboratoire de lycée en suivant le protocole expérimental décrit ci-après. **Les étapes du contrôle cinétique sont également exposées.**

Étape 1 :

- Au regard des pictogrammes des différentes espèces chimiques à manipuler, prendre les précautions nécessaires.
- Placer deux flacons, l'un contenant l'acide et l'autre l'alcool, dans un bain d'eau froide. Préparer le montage ci-contre. Réaliser le mélange en versant 28 mL d'acide, 44,8 mL d'alcool et quelques grains de pierre ponce dans le ballon bicol. Placer ce ballon dans un bain d'eau froide.
- Remplir une burette graduée avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$).
- Placer sept béchers dans un bain d'eau glacée, y introduire 30 mL d'eau distillée et quelques gouttes de phénolphtaléine.



Étape 2 :

- Retirer le ballon du bain d'eau froide, l'essuyer, et y ajouter avec précautions, quelques gouttes d'une solution d'acide sulfurique ($2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$).
- Insérer le ballon dans le montage et fixer la température de chauffage à $\theta = 20^\circ\text{C}$.
- Déclencher le chronomètre, prélever aussitôt 5 mL du mélange réactionnel, refermer le bicol, placer ce prélèvement dans un des béchers situés dans le bain d'eau glacée.

Étape 3 :

- Réaliser le titrage du prélèvement par la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, jusqu'au virage de la phénolphtaléine. Noter le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versée.

Étape 4 :

- Faire six autres prélèvements et dosages successifs aux dates $t = 3$ min, puis 6 min, 12 min, 25 min, 60 min et 90 min.

Étape 5 :

- Reproduire les étapes 1, 2, 3 et 4 selon les variantes 1, 3, 4 et 5 décrites ci-dessous.
 - variante 1 : $\theta = 20^\circ\text{C}$ (pas de chauffage) sans ajout d'acide sulfurique,
 - variante 2 : $\theta = 20^\circ\text{C}$ (pas de chauffage) et ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 - variante 3 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (thermostat 5) sans ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 - variante 4 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (thermostat 5) avec ajout d'une solution d'acide sulfurique,
 - variante 5 : $\theta = 50^\circ\text{C}$ (thermostat 5) avec ajout d'une solution d'acide sulfurique et excès de butan-1-ol ($V = 80$ mL).

Analyse du protocole

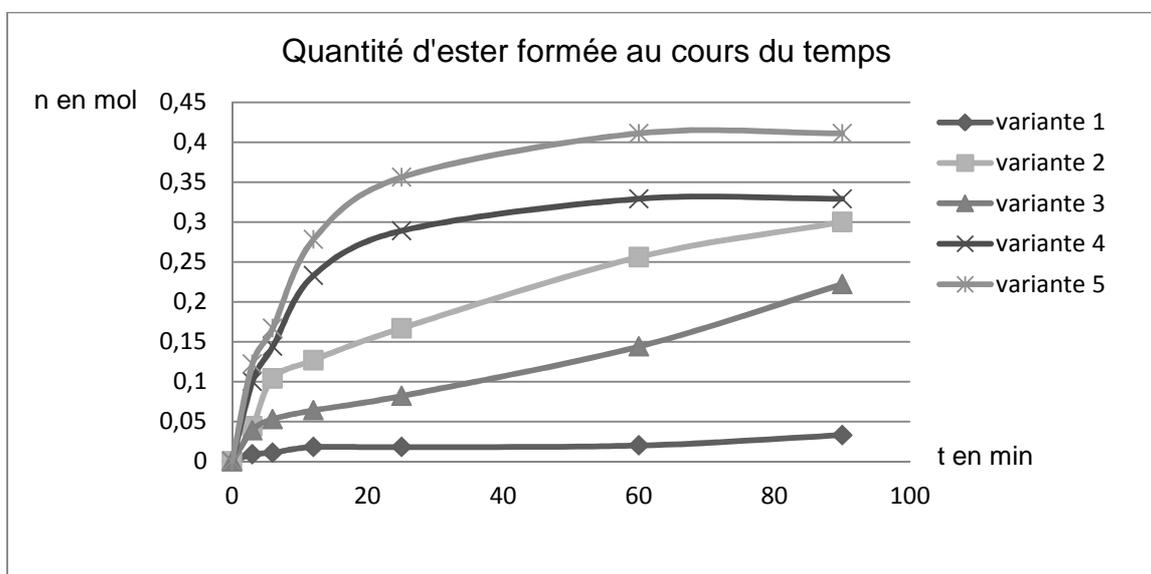
- 2.1. Justifier la constitution du montage utilisé pour réaliser l'estérification.
- 2.2. Proposer une explication justifiant l'utilisation de bains d'eau froide et d'eau glacée.
- 2.3. À partir du mélange initial, déterminer la quantité maximale d'ester que l'on pourrait obtenir si la réaction était totale.

Titration des prélèvementsDonnées :

- Couples acide/base mis en jeu :
 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$; $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-_{(\text{aq})}$
 - La phénolphtaléine est un indicateur coloré acido-basique de fin de réaction utilisé pour tout titrage d'un acide avec les ions hydroxyde HO^- , l'équivalence correspond au virage de l'indicateur (passage de l'incolore à une coloration rose).
 - Pour les variantes 2, 4 et 5, on considérera que la quantité d'acide sulfurique présent dans le prélèvement est négligeable devant celle de l'acide éthanoïque.
- 2.4.** Expliquer de manière concise les deux affirmations suivantes (aucune valeur n'est attendue) :
- La solution d'hydroxyde de sodium permet de doser l'acide éthanoïque.
 - Le titrage de l'acide éthanoïque par la solution d'hydroxyde de sodium permet de déterminer la quantité d'ester formée.

Exploitation des résultats

Les résultats expérimentaux obtenus sont représentés sur le graphique suivant :



- 2.5.** À la lecture du graphique, quels arguments permettent de justifier les affirmations suivantes ?
- la température influence l'évolution temporelle d'une réaction chimique,
 - un catalyseur influence aussi cette évolution,
 - l'excès d'un réactif permet d'obtenir davantage d'ester.

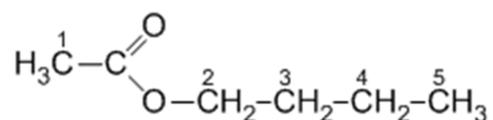
3. Extraction, purification et identification

Le reste du mélange réactionnel contenu dans le ballon est versé dans une ampoule à décanter, puis lavé par différentes solutions aqueuses. On récupère la phase organique.

Des techniques de rectification et de purification, non décrites ici, permettent d'obtenir un **titre en ester** dans la phase organique finale, proche de **99%**.

L'analyse par spectroscopie RMN du proton d'un échantillon préparé selon le protocole précédent, permet d'accéder à sa formule développée.

En analysant l'environnement chimique de chaque groupe de protons équivalents de la molécule, indiquer la multiplicité des signaux provenant des atomes d'hydrogène portés par les différents atomes de carbone.



Formule semi-développée de l'éthanoate de butyle

EXERCICE III : « Ça farte ! » (5 points)

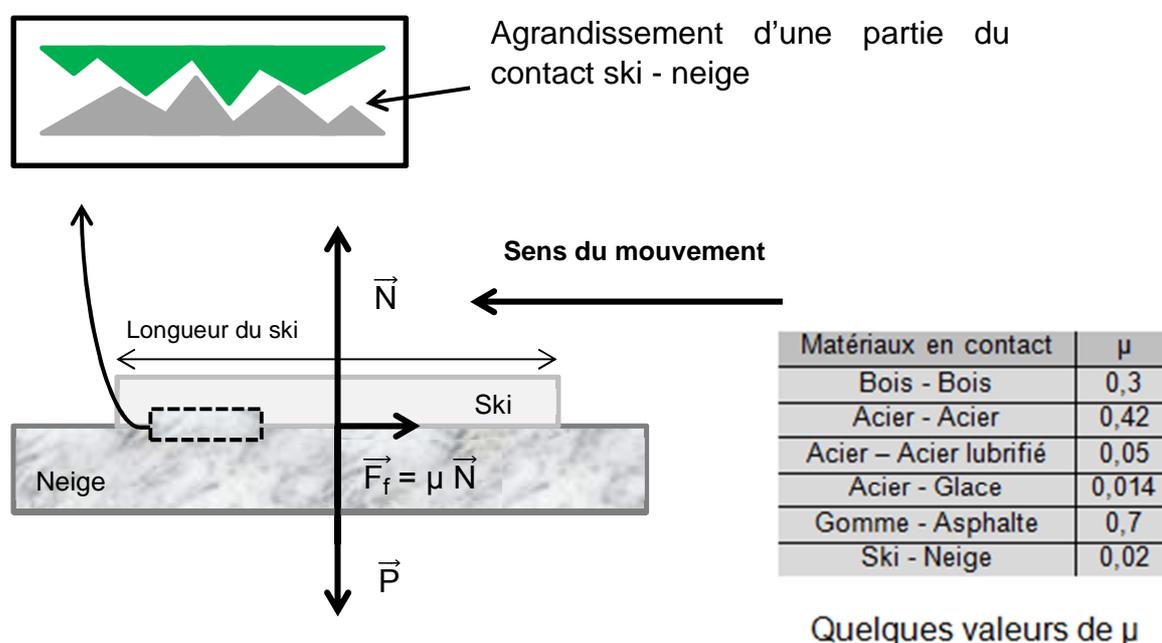
Le **fart** est un revêtement spécifique appliqué sous les skis ou les planches à neige avant usage. Il permet d'améliorer soit le glissement, soit l'adhérence sur la neige et de protéger la semelle (partie en contact avec la neige). [...] La branche de la physico-chimie, nommée tribologie, a contribué à introduire l'art du fartage dans le domaine de la haute technologie.

D'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fart>

Les documents suivants apportent quelques informations relatives à la technique du fartage.

Document 1

Contact ski-neige



Pour comprendre la fonction du fart, il faut commencer par étudier les phénomènes qui entrent en jeu quand le ski est en contact avec la neige. Lorsqu'un corps glisse sur un plan, il se crée un frottement de glissement. Cette force dépend des aspérités des deux surfaces en contact (figure ci-dessus), mais aussi du type de lien chimique existant entre les atomes des deux surfaces. La force de frottement s'exerce dans la direction opposée à la vitesse du corps. **Son intensité dépend du poids du corps, de l'inclinaison du plan et de la nature des corps en contact.** Cet effet est traduit par un paramètre μ , appelé coefficient de frottement. Il varie en fonction des matériaux (voir tableau « Quelques valeurs de μ ») et de la rugosité de la superficie.

Pendant la durée du glissement, la force de frottement dissipe de l'énergie cinétique en la transformant en chaleur, comme nous le constatons lorsque nous nous frottons les mains pour les réchauffer. Dans le cas du ski, cet effet a une conséquence très importante : la chaleur fait fondre la neige, et une pellicule d'eau s'interpose entre le ski et la neige.

D'après Sportifs high tech Nunzio Lanotte - Sophie Lem Collection Belin : Pour la science

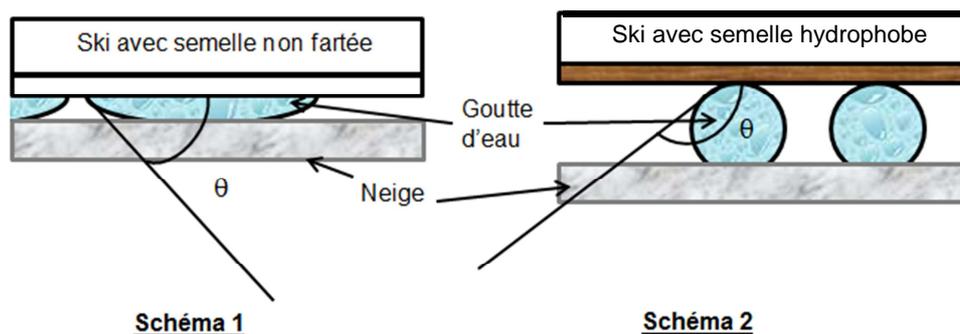
Le fart s'interpose entre le ski et la neige et a pour fonction d'optimiser les conditions de l'interface. Pour atteindre cet objectif, on utilise principalement des substances qui appartiennent à deux familles de composés : les hydrocarbures et les fluorocarbures. [...] Les fluorocarbures sont des substances fortement hydrophobes, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour le fartage. [...]

Toutefois les fluorocarbures présentent des inconvénients. Ils peuvent être nocifs pour la santé et pour l'environnement et coûtent très cher. C'est la raison pour laquelle on les associe généralement à de la paraffine ainsi qu'à d'autres hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée.

Document 3

Les schémas ci-dessous montrent une représentation modélisante d'un contact ski-neige.

Lors de la glisse, des gouttes d'eau se forment à l'interface ski-neige. Lorsqu'une goutte s'établit au contact d'un solide, elle adopte une configuration particulière qui traduit les interactions entre le solide et le liquide. L'angle θ , représenté sur les schémas ci-dessous, caractérise ces interactions.



1. La figure du **document 1** est schématisée partiellement en **annexe page 13**, mais cette fois le contact ski-neige se fait sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.

1.1 Représenter sur **l'annexe page 13**, à rendre avec la copie, les forces extérieures appliquées au centre d'inertie G du système considéré, en supposant le mouvement rectiligne uniformément accéléré. On apportera un soin particulier à la longueur relative des vecteurs, sans toutefois choisir d'échelle particulière. L'action due à l'air ne sera pas prise en compte.

1.2 Rédiger une légende explicative du schéma proposé.

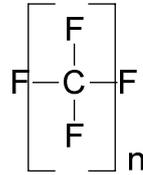
2. Décrire en quelques lignes, les transferts d'énergie mis en jeu dans la situation évoquée à la question 1.

3. Expliquer pourquoi les fluorocarbures sont particulièrement intéressants pour le fartage.

4. Les électronégativités des éléments hydrogène, carbone et fluor sont respectivement 2,1 ; 2,6 et 4,0.

4.1. Les hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée utilisés pour le fartage des skis, ont pour formule générale C_nH_{2n+2} (avec $n \geq 18$). En quoi ces hydrocarbures sont-ils également intéressants pour le fartage ?

4.2. Les fluorocarbures sont des polymères de formule semi-développée suivante :



4.2.1 Mettre en évidence le caractère polaire d'une liaison C – F.

4.2.2 Pourquoi, selon vous, les molécules de fluorocarbure sont cependant hydrophobes ?

Annexe de l'exercice III à rendre avec la copie

Document 1

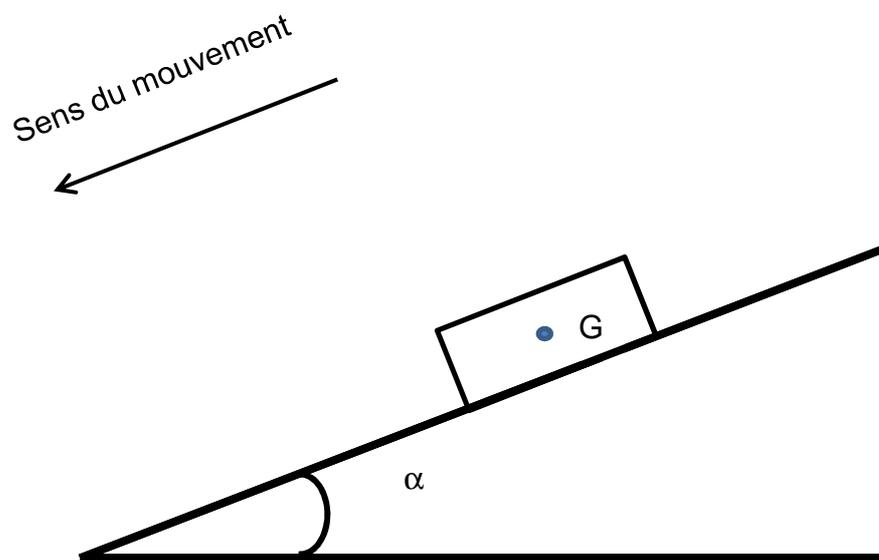


Schéma du contact ski-neige sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

**La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

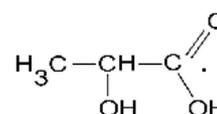
EXERCICE I : ACIDE LACTIQUE ET MÉDECINE ANIMALE (7 points)

Des tests d'effort sont pratiqués par des vétérinaires afin d'évaluer la condition physique des chevaux. Celle-ci est liée à l'apparition d'acide lactique dans les muscles pouvant entraîner des crampes douloureuses après un exercice physique prolongé. L'acide lactique est également à la base de la fabrication d'un polymère biodégradable, l'acide polylactique, utilisé en chirurgie vétérinaire pour réaliser des sutures.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'acide lactique

La formule semi-développée de l'acide lactique est la suivante :

**1.1. Étude de la molécule d'acide lactique**

1.1.1. Donner la formule topologique de cet acide.

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

1.1.3. Justifier la chiralité de la molécule d'acide lactique et représenter ses stéréoisomères. Préciser le type de stéréoisomérisation.

1.2. Analyse spectroscopique

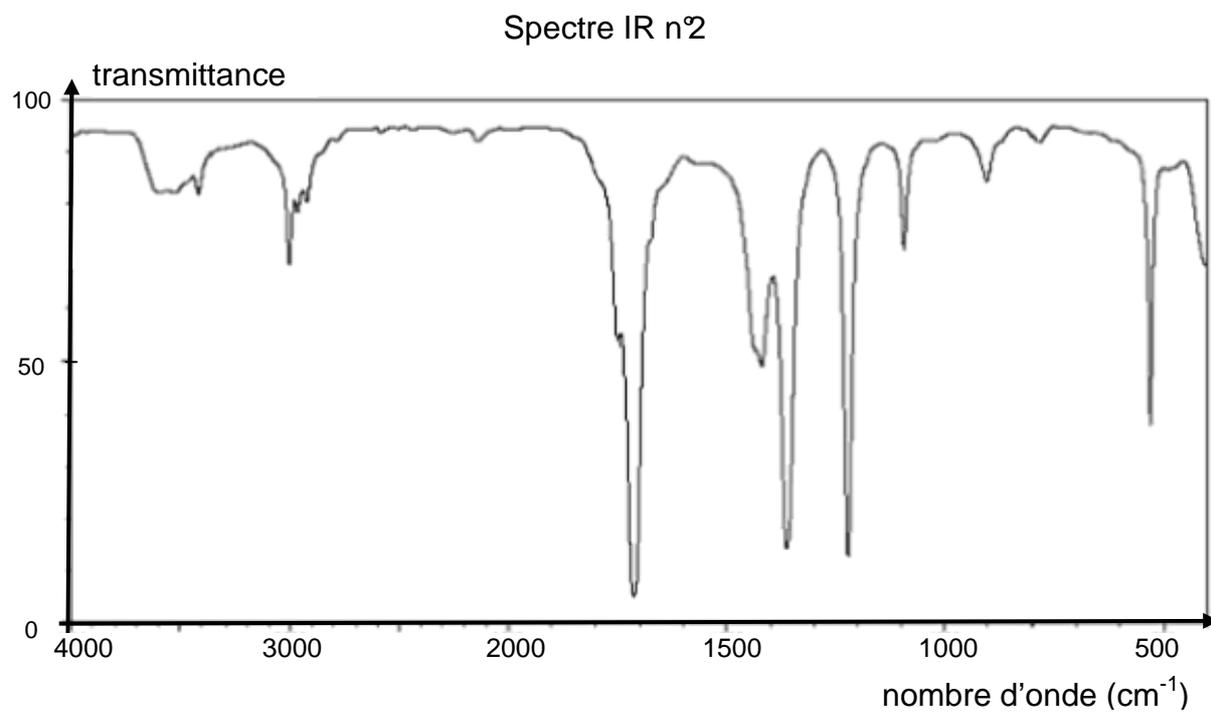
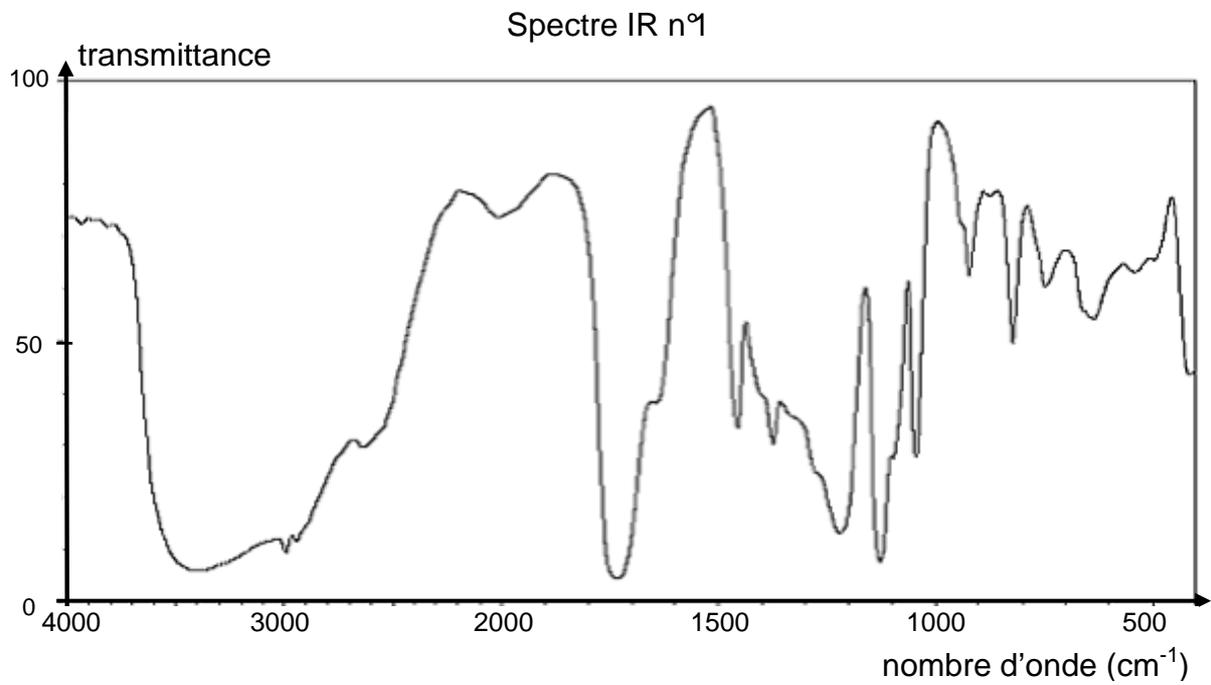
1.2.1. Parmi les spectres IR proposés dans le document 1 ci-après, choisir en justifiant celui correspondant à l'acide lactique.

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

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

Document 1 : Spectres IR



2. Test d'effort d'un cheval

Le test d'effort d'un cheval est constitué de plusieurs phases. Durant chacune d'elles, le cheval se déplace à une vitesse constante qui est augmentée d'une phase à l'autre et on mesure sa fréquence cardiaque ainsi que sa vitesse. Une prise de sang est effectuée à l'issue de chaque temps d'effort afin de doser l'acide lactique.

Donnée : masse molaire de l'acide lactique : $90,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

2.1. Dosage de l'acide lactique après une phase du test

Le cheval court durant trois minutes à la vitesse de 500 m/min. Un vétérinaire prélève ensuite sur ce cheval un volume $V = 1,00 \text{ mL}$ de sang dont il extrait l'acide lactique. Cet acide est dissous dans l'eau pour obtenir une solution S de volume $V_S = (50,0 \pm 0,05) \text{ mL}$. Il réalise le dosage de la totalité de cette solution S par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ de concentration molaire $C_1 = (1,00 \pm 0,01) \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée $V_E = (4,0 \pm 0,4) \text{ mL}$.

2.1.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage en utilisant la notation AH pour l'acide lactique.

2.1.2. Exprimer la concentration molaire C_S en acide lactique de la solution S puis calculer sa valeur.

2.1.3. L'incertitude relative d'une grandeur X est définie par le rapport $\frac{\Delta X}{X}$.

On admet qu'une incertitude relative est négligeable devant une autre, si elle est environ dix fois plus petite. Dans l'hypothèse où les incertitudes relatives sur V_S et C_1 sont négligeables devant celle sur V_E , on admet que l'incertitude relative $\frac{\Delta C_S}{C_S}$ est égale à $\frac{\Delta V_E}{V_E}$.

Déterminer l'encadrement de la concentration molaire en acide lactique C_S obtenue par le vétérinaire.

2.1.4. En déduire l'encadrement de la concentration molaire C en acide lactique dans le sang du cheval.

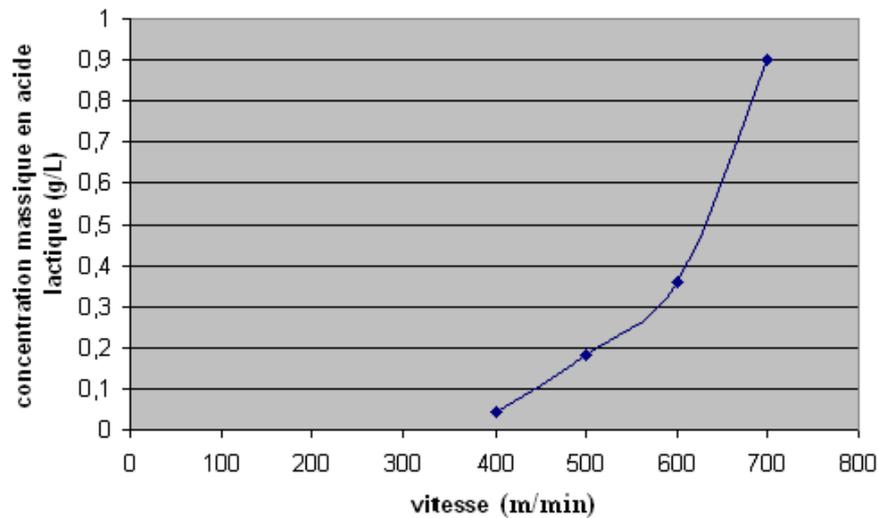
2.2. Évaluation de la condition physique du cheval

Le cheval a subi un test similaire trois semaines auparavant.

À l'aide des documents 2 et 3, déterminer si le cheval examiné par le vétérinaire est actuellement en meilleure forme que trois semaines auparavant.

Donnée : Pour une vitesse donnée, un cheval est d'autant plus performant que la concentration en acide lactique de son sang est faible.

Document 2 : Concentration massique en acide lactique à l'issue de différentes phases d'un test d'effort en fonction de la vitesse, pour un test réalisé trois semaines auparavant.



Document 3 : « paramètre V4 »

Le « paramètre V4 » est défini par la valeur de la vitesse qui correspond à une concentration en acide lactique de $0,36 \text{ g.L}^{-1}$. Ce paramètre est assimilable à un seuil de fatigue. Il dépend de l'âge du cheval, de son niveau d'entraînement et de sa capacité individuelle à l'effort.

D'après <http://pegase.mayenne>

3. Polymérisation de l'acide lactique

Une molécule d'acide lactique peut, dans certaines conditions, réagir avec une autre molécule d'acide lactique pour former une molécule de chaîne plus longue, à six atomes de carbone. À son tour cette dernière peut réagir avec une autre molécule d'acide lactique pour donner une molécule encore plus longue et ainsi de suite.

On obtient ainsi une molécule de polymère constituée d'un très grand nombre d'atomes de carbone, appelée acide polylactique, reproduisant régulièrement le même motif d'atomes. L'acide polylactique est un polymère biodégradable : l'action de l'eau peut le détruire en régénérant l'acide lactique.

Document 4 : Protocole de synthèse de l'acide polylactique

- Introduire environ 10 mL d'acide lactique pur dans un bécher.
- Ajouter délicatement quelques gouttes d'acide sulfurique à l'aide de gants et de lunettes de protection.
- Chauffer à 110°C en agitant régulièrement.
- Au bout d'environ trente minutes, laisser refroidir le mélange qui se solidifie mais reste transparent : il s'agit de l'acide polylactique.

D'après <http://www.ac-nancy-metz.fr/>

3.1. La polymérisation de l'acide lactique est-elle lente ou rapide ? Justifier.

3.2. Citer un paramètre influençant l'évolution temporelle de cette réaction chimique.

3.3. Proposer un protocole permettant de vérifier que l'acide sulfurique est un catalyseur de cette réaction.

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT (8 points)

Le rugby est un sport d'équipe qui s'est développé dans les pays anglo-saxons à la fin du XIX^{ème} siècle.

Pour simplifier l'étude, les joueurs et le ballon seront supposés ponctuels.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Le rugby, sport de contact**Document 1 : Le plaquage**

Il y a « plaquage » lorsqu'un joueur porteur du ballon, sur ses pieds dans le champ de jeu, est simultanément tenu par un ou plusieurs adversaires, qu'il est mis au sol et/ou que le ballon touche le sol. Ce joueur est appelé « joueur plaqué ».

D'après <http://www.francerrugby.fr/>

Un joueur A de masse $m_A = 115 \text{ kg}$ et animé d'une vitesse $v_A = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$ est plaqué par un joueur B de masse $m_B = 110 \text{ kg}$ de vitesse négligeable.

1.1. Dans quel référentiel les vitesses sont-elles définies ?

1.2. On suppose que l'ensemble des deux joueurs est un système isolé.

Exprimer, en justifiant le raisonnement, la vitesse des deux joueurs liés après l'impact puis calculer sa valeur.

2. Le rugby, sport d'évitement**Document 2 : La chandelle**

Au rugby, une « chandelle » désigne un coup de pied permettant d'envoyer le ballon en hauteur par dessus la ligne de défense adverse. L'objectif pour l'auteur de cette action est d'être au point de chute pour récupérer le ballon derrière le rideau défensif.

D'après <http://www.francerrugby.fr/>

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.
On négligera toutes les actions dues à l'air.

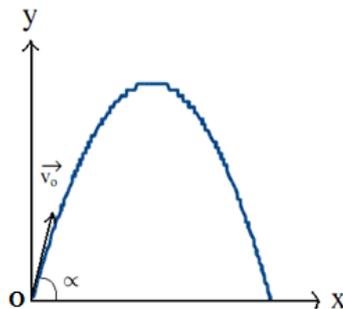
Le joueur A est animé d'un mouvement rectiligne uniforme de vecteur vitesse \vec{v}_1 .
Afin d'éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

On définit un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) :

- origine : position initiale du ballon ;
- vecteur unitaire \vec{i} de même direction et de même sens que \vec{v}_1 ;
- vecteur unitaire \vec{j} vertical et vers le haut.

À l'instant $t = 0$ s, le vecteur vitesse du ballon fait un angle α égal à 60° avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 10,0 \text{ m.s}^{-1}$.

Le graphique ci-dessous représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



2.1. Étude du mouvement du ballon

2.1.1. Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

2.1.2. Montrer que les équations horaires du mouvement du point M sont :

$$x(t) = (v_0 \cos \alpha)t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha)t$$

2.1.3. En déduire l'équation de la trajectoire du point M :

$$y(x) = -\frac{g}{2(v_0 \cos \alpha)^2} x^2 + (\tan \alpha) x$$

2.1.4. Le tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** rassemble les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x , et v_y , coordonnées des vecteurs position et vitesse du point M. Dans le tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, écrire sous chaque courbe l'expression de la grandeur qui lui correspond et justifier.

2.2. Une « chandelle » réussie

2.2.1. Déterminer par le calcul le temps dont dispose le joueur pour récupérer le ballon avant que celui-ci ne touche le sol.

Vérifier la valeur obtenue en faisant clairement apparaître la réponse sur l'un des graphes du tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.2.2. Déterminer de deux manières différentes la valeur de la vitesse v_1 du joueur pour que la chandelle soit réussie.

EXERCICE III : LE TRÈS HAUT DÉBIT POUR TOUS (5 points)

Le déploiement du très haut débit pour tous constitue l'un des plus grands chantiers d'infrastructure pour notre pays au cours des prochaines années. Ses enjeux techniques, économiques et sociaux sont considérables.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

1. Procédés physiques de transmission d'informations

À l'aide des documents et des connaissances nécessaires, rédiger en 20 lignes maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante :

« La fibre optique est-elle synonyme d'avenir incontournable pour la transmission d'informations ? »

Pour cela, citer trois types de support de transmission de l'information. Décrire le principe de fonctionnement d'une fibre optique. Préciser ensuite les enjeux pour le déploiement de nouveaux réseaux de transmission d'informations par fibre optique en soulignant les points forts et les points faibles de ce mode de transmission. Répondre enfin à la question posée.

2. Analyse de la qualité d'une transmission

L'atténuation de puissance subie par le signal transmis caractérise la qualité de la transmission.

- 2.1. À l'aide des documents, déterminer quel est le domaine du spectre électromagnétique à utiliser pour obtenir une transmission d'atténuation minimale avec une fibre optique en silice.
- 2.2. On suppose que le signal est à nouveau amplifié dès que sa puissance devient inférieure à 1% de sa puissance initiale.
 - 2.2.1 En utilisant le document 2, montrer que l'atténuation du signal, calculée par le produit $\alpha \times L$, est égale à 20 dB à l'instant où le signal est ré amplifié.
 - 2.2.2 Combien d'amplificateurs sont-ils nécessaires pour une liaison Rennes-Strasbourg (environ 900 km) dans le cas d'une liaison par fibre optique, puis dans le cas d'une liaison par câble électrique ? Conclure.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

Document 1 : Le très haut débit pour tous les Bretons d'ici à 2030

La Bretagne prend de l'avance sur le très haut débit. Elle est, avec la région Auvergne, la seule à avoir anticipé le maillage en fibre optique de l'intégralité de son territoire. D'ici à 2030, tous les foyers bretons auront accès à cette technologie qui augmente considérablement le débit des connexions Internet. De 1 à 20 mégabits par seconde, il passera à 100 mégabits par seconde, et dans toute la région !

Au cœur de cette petite révolution : l'installation de la fibre optique. Télévision haute définition, téléphone, Internet, photographies et de vidéos transiteront désormais grâce à cette fibre optique très rapide... Un opérateur privé installera la fibre optique dans les principales agglomérations bretonnes, couvrant 40% des foyers en 2020... Coût global pour les institutions : 1,8 milliard d'euros.

D'après Bretagne ensemble, Juin 2012

Document 2 : Atténuation linéique d'un signal

L'atténuation linéique α , correspondant à la diminution de la puissance du signal par kilomètre et exprimée en dB/km, est définie par : $\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_e}{P_s}$

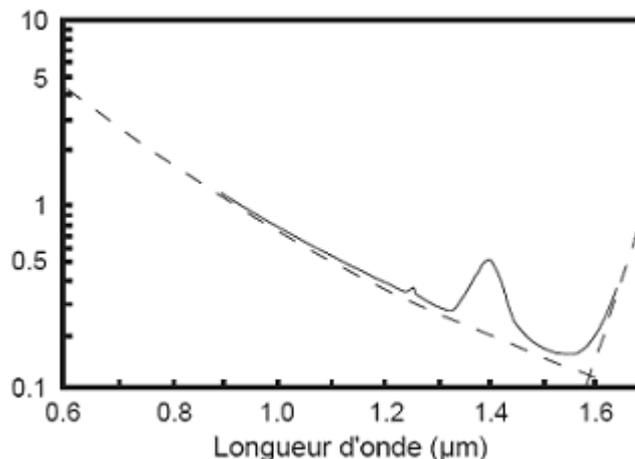
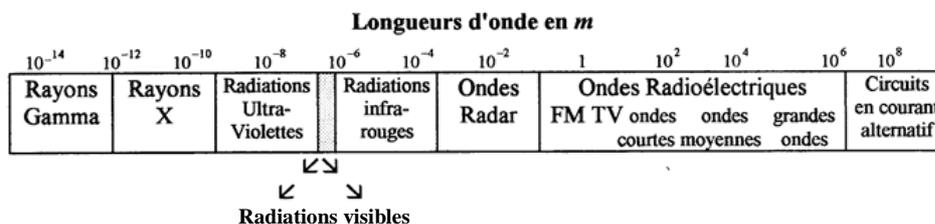
Avec : P_e , la puissance du signal à l'entrée du dispositif de transmission

P_s , la puissance du signal à sa sortie

L , la distance parcourue par le signal en km.

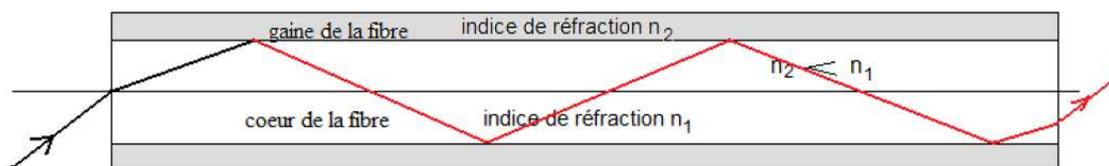
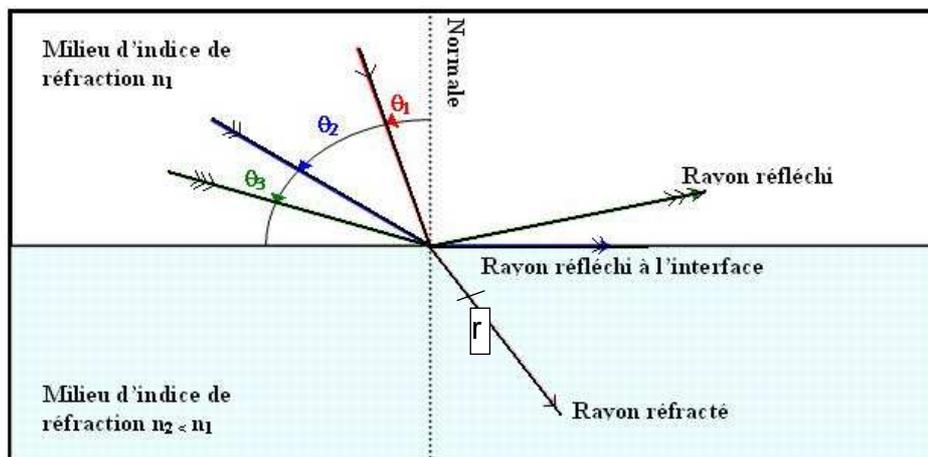
Document 3 : Atténuation spectrale d'une fibre optique en silice

α atténuation linéique (en dB/km)

**Document 4** : Domaines du spectre électromagnétique

Document 5 : Comparaison entre une fibre optique et un fil de cuivre

Fibre optique	Fil de cuivre
Sensibilité nulle aux ondes électromagnétiques	Grande sensibilité aux ondes électromagnétiques
Faible atténuation du signal : 0,2 dB/km	Forte atténuation du signal : 10 dB/km
Réseau faiblement implanté géographiquement	Réseau fortement implanté géographiquement
Grande largeur de bande : grande quantité d'informations transportées simultanément	Largeur de bande limitée : la quantité d'informations transmises est très limitée

Document 6 : Description d'une fibre optique**Document 7** : Réflexion totale

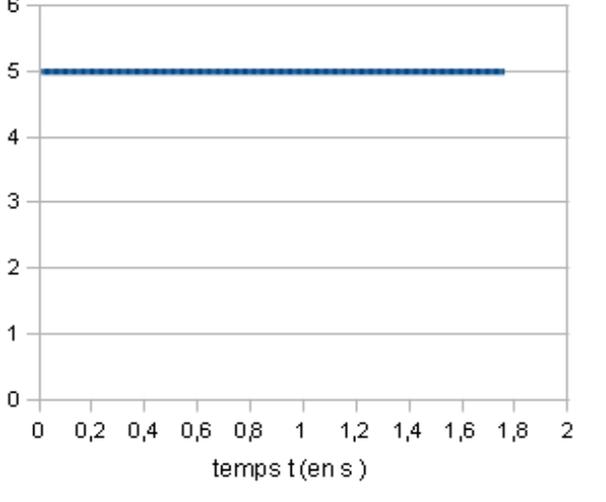
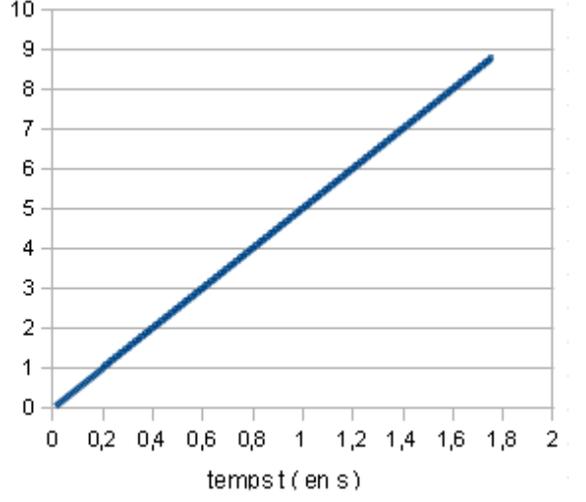
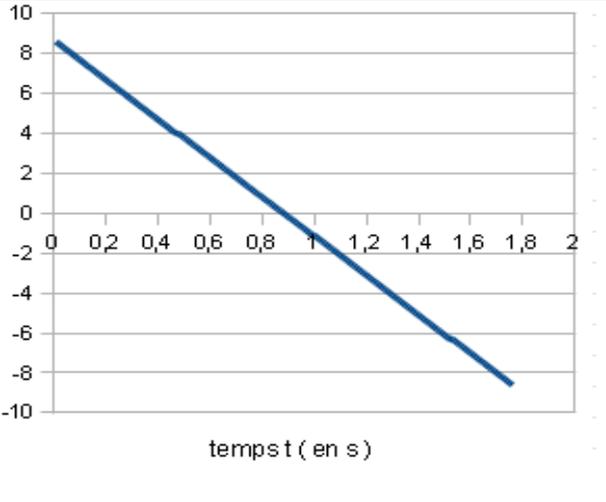
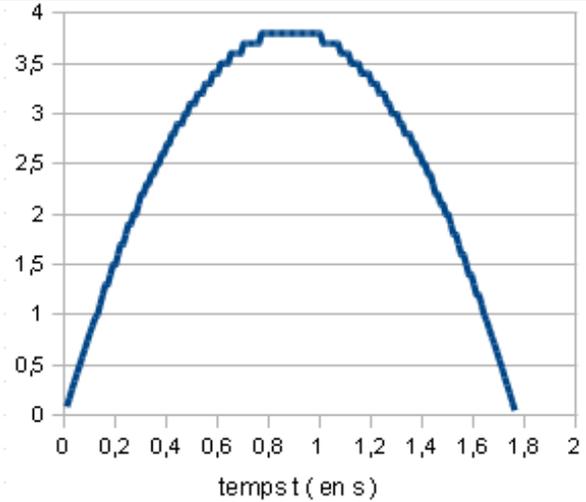
Loi de Snell-Descartes : $n_1 \sin \theta = n_2 \sin r$.

Lorsque l'angle d'incidence θ est supérieur à l'angle limite θ_2 , le rayon lumineux incident est réfléchi (cas observé pour l'angle θ_3), on a $\sin \theta_2 = n_2/n_1$.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT

Tableau rassemblant les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x , et v_y .

	
<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>	<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>
	
<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>	<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

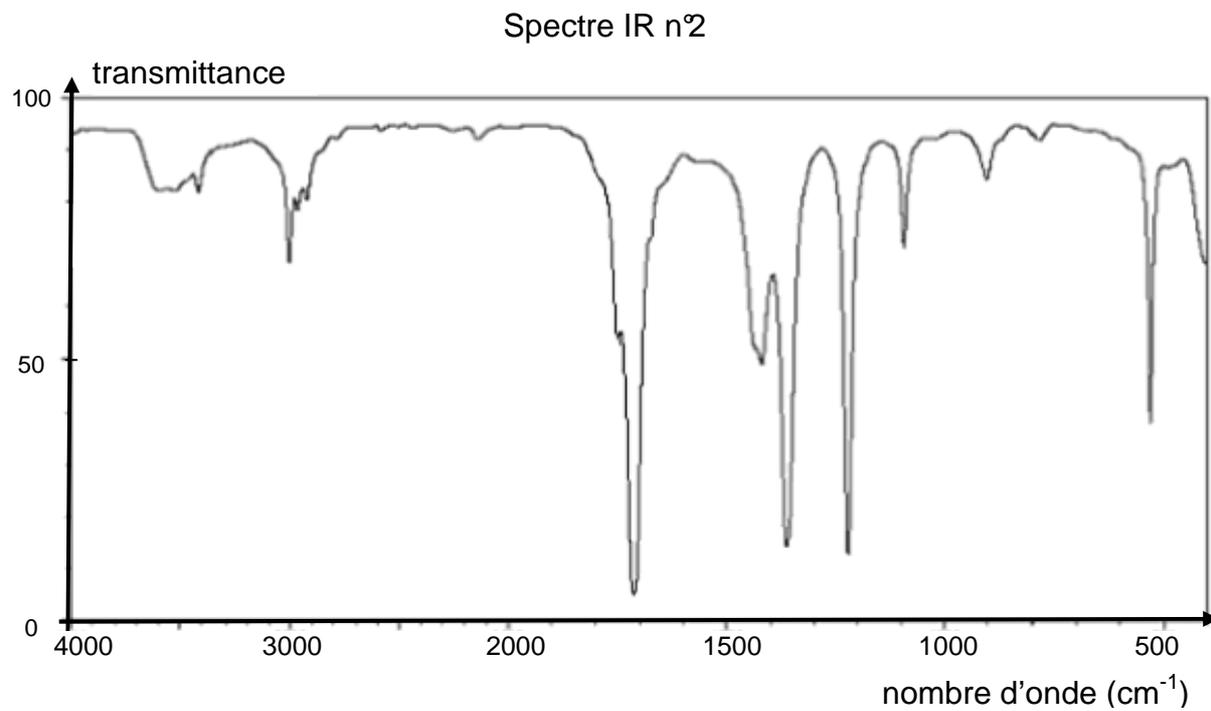
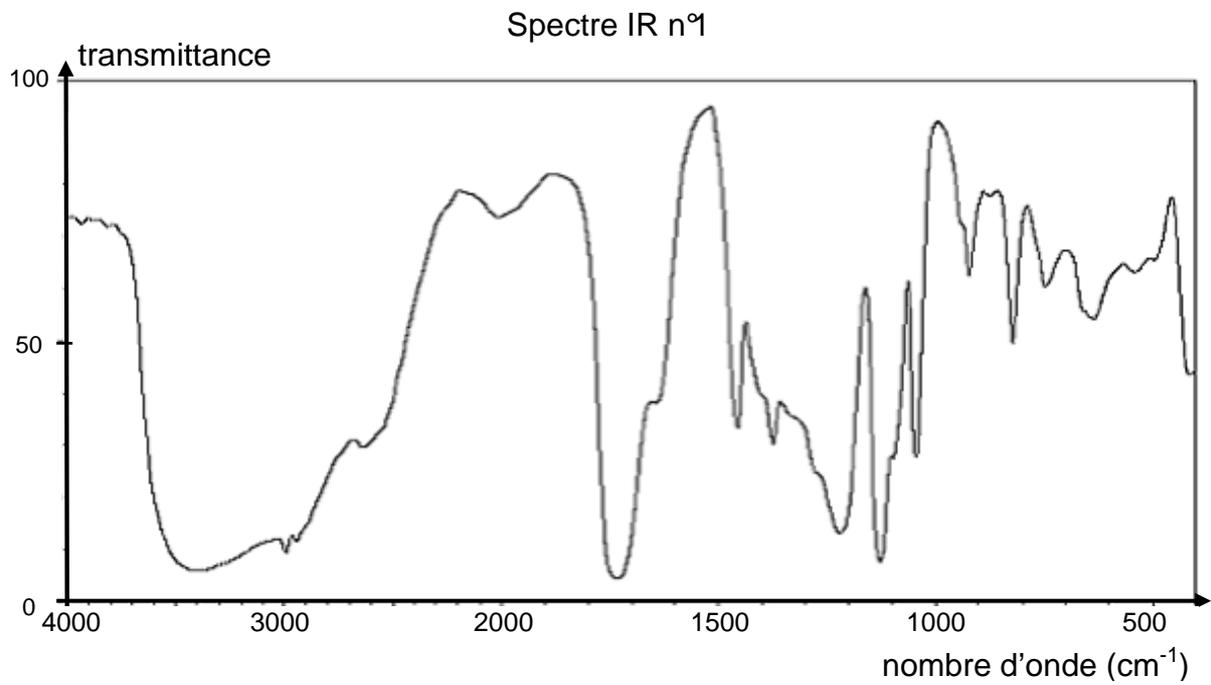
L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

**La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

Document 1 : Spectres IR



2. Test d'effort d'un cheval

Le test d'effort d'un cheval est constitué de plusieurs phases. Durant chacune d'elles, le cheval se déplace à une vitesse constante qui est augmentée d'une phase à l'autre et on mesure sa fréquence cardiaque ainsi que sa vitesse. Une prise de sang est effectuée à l'issue de chaque temps d'effort afin de doser l'acide lactique.

Donnée : masse molaire de l'acide lactique : $90,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

2.1. Dosage de l'acide lactique après une phase du test

Le cheval court durant trois minutes à la vitesse de 500 m/min. Un vétérinaire prélève ensuite sur ce cheval un volume $V = 1,00 \text{ mL}$ de sang dont il extrait l'acide lactique. Cet acide est dissous dans l'eau pour obtenir une solution S de volume $V_S = (50,0 \pm 0,05) \text{ mL}$. Il réalise le dosage de la totalité de cette solution S par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ de concentration molaire $C_1 = (1,00 \pm 0,01) \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée $V_E = (4,0 \pm 0,4) \text{ mL}$.

2.1.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage en utilisant la notation AH pour l'acide lactique.

2.1.2. Exprimer la concentration molaire C_S en acide lactique de la solution S puis calculer sa valeur.

2.1.3. L'incertitude relative d'une grandeur X est définie par le rapport $\frac{\Delta X}{X}$.

On admet qu'une incertitude relative est négligeable devant une autre, si elle est environ dix fois plus petite. Dans l'hypothèse où les incertitudes relatives sur V_S et C_1 sont négligeables devant celle sur

V_E , on admet que l'incertitude relative $\frac{\Delta C_S}{C_S}$ est égale à $\frac{\Delta V_E}{V_E}$.

Déterminer l'encadrement de la concentration molaire en acide lactique C_S obtenue par le vétérinaire.

2.1.4. En déduire l'encadrement de la concentration molaire C en acide lactique dans le sang du cheval.

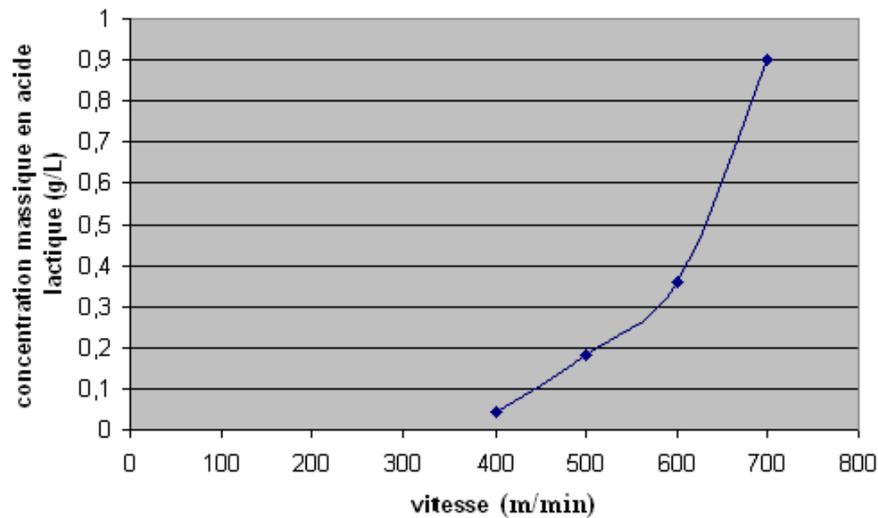
2.2. Évaluation de la condition physique du cheval

Le cheval a subi un test similaire trois semaines auparavant.

À l'aide des documents 2 et 3, déterminer si le cheval examiné par le vétérinaire est actuellement en meilleure forme que trois semaines auparavant.

Donnée : Pour une vitesse donnée, un cheval est d'autant plus performant que la concentration en acide lactique de son sang est faible.

Document 2 : Concentration massique en acide lactique à l'issue de différentes phases d'un test d'effort en fonction de la vitesse, pour un test réalisé trois semaines auparavant.



Document 3 : « paramètre V4 »

Le « paramètre V4 » est défini par la valeur de la vitesse qui correspond à une concentration en acide lactique de $0,36 \text{ g.L}^{-1}$. Ce paramètre est assimilable à un seuil de fatigue. Il dépend de l'âge du cheval, de son niveau d'entraînement et de sa capacité individuelle à l'effort.

D'après <http://pegase.mayenne>

3. Polymérisation de l'acide lactique

Une molécule d'acide lactique peut, dans certaines conditions, réagir avec une autre molécule d'acide lactique pour former une molécule de chaîne plus longue, à six atomes de carbone. À son tour cette dernière peut réagir avec une autre molécule d'acide lactique pour donner une molécule encore plus longue et ainsi de suite.

On obtient ainsi une molécule de polymère constituée d'un très grand nombre d'atomes de carbone, appelée acide polylactique, reproduisant régulièrement le même motif d'atomes. L'acide polylactique est un polymère biodégradable : l'action de l'eau peut le détruire en régénérant l'acide lactique.

Document 4 : Protocole de synthèse de l'acide polylactique

- Introduire environ 10 mL d'acide lactique pur dans un bécher.
- Ajouter délicatement quelques gouttes d'acide sulfurique à l'aide de gants et de lunettes de protection.
- Chauffer à 110°C en agitant régulièrement.
- Au bout d'environ trente minutes, laisser refroidir le mélange qui se solidifie mais reste transparent : il s'agit de l'acide polylactique.

D'après <http://www.ac-nancy-metz.fr/>

3.1. La polymérisation de l'acide lactique est-elle lente ou rapide ? Justifier.

3.2. Citer un paramètre influençant l'évolution temporelle de cette réaction chimique.

3.3. Proposer un protocole permettant de vérifier que l'acide sulfurique est un catalyseur de cette réaction.

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT (8 points)

Le rugby est un sport d'équipe qui s'est développé dans les pays anglo-saxons à la fin du XIX^{ème} siècle.

Pour simplifier l'étude, les joueurs et le ballon seront supposés ponctuels.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Le rugby, sport de contact**Document 1 : Le plaquage**

Il y a « plaquage » lorsqu'un joueur porteur du ballon, sur ses pieds dans le champ de jeu, est simultanément tenu par un ou plusieurs adversaires, qu'il est mis au sol et/ou que le ballon touche le sol. Ce joueur est appelé « joueur plaqué ».

D'après <http://www.francerugby.fr/>

Un joueur A de masse $m_A = 115 \text{ kg}$ et animé d'une vitesse $v_A = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$ est plaqué par un joueur B de masse $m_B = 110 \text{ kg}$ de vitesse négligeable.

1.1. Dans quel référentiel les vitesses sont-elles définies ?

1.2. On suppose que l'ensemble des deux joueurs est un système isolé.

Exprimer, en justifiant le raisonnement, la vitesse des deux joueurs liés après l'impact puis calculer sa valeur.

2. Le rugby, sport d'évitement**Document 2 : La chandelle**

Au rugby, une « chandelle » désigne un coup de pied permettant d'envoyer le ballon en hauteur par dessus la ligne de défense adverse. L'objectif pour l'auteur de cette action est d'être au point de chute pour récupérer le ballon derrière le rideau défensif.

D'après <http://www.francerugby.fr/>

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.
On négligera toutes les actions dues à l'air.

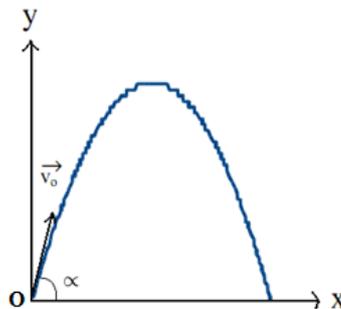
Le joueur A est animé d'un mouvement rectiligne uniforme de vecteur vitesse \vec{v}_1 .
Afin d'éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

On définit un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) :

- origine : position initiale du ballon ;
- vecteur unitaire \vec{i} de même direction et de même sens que \vec{v}_1 ;
- vecteur unitaire \vec{j} vertical et vers le haut.

À l'instant $t = 0$ s, le vecteur vitesse du ballon fait un angle α égal à 60° avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 10,0 \text{ m.s}^{-1}$.

Le graphique ci-dessous représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



2.1. Étude du mouvement du ballon

2.1.1. Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

2.1.2. Montrer que les équations horaires du mouvement du point M sont :

$$x(t) = (v_0 \cos \alpha)t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha)t$$

2.1.3. En déduire l'équation de la trajectoire du point M :

$$y(x) = -\frac{g}{2(v_0 \cos \alpha)^2} x^2 + (\tan \alpha) x$$

2.1.4. Le tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** rassemble les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x , et v_y , coordonnées des vecteurs position et vitesse du point M. Dans le tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, écrire sous chaque courbe l'expression de la grandeur qui lui correspond et justifier.

2.2. Une « chandelle » réussie

2.2.1. Déterminer par le calcul le temps dont dispose le joueur pour récupérer le ballon avant que celui-ci ne touche le sol.

Vérifier la valeur obtenue en faisant clairement apparaître la réponse sur l'un des graphes du tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.2.2. Déterminer de deux manières différentes la valeur de la vitesse v_1 du joueur pour que la chandelle soit réussie.

EXERCICE III : L'IMPLANT COCHLÉAIRE (5 points)

La plupart des surdités totales, profondes ou sévères, quelles qu'en soient l'origine et l'ancienneté, peuvent être maintenant partiellement réhabilitées par l'implantation chirurgicale, sous les cheveux et dans l'oreille, d'un système électronique piloté de l'extérieur par un émetteur extérieur caché derrière l'oreille.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

Paul, 40 ans, rencontre des troubles auditifs profonds. Son médecin O.R.L (Oto-Rhino-Laryngologie) lui annonce que son audiogramme correspond maintenant à celui d'une personne de 90 ans.

Il lui propose la pose d'un implant cochléaire tout en l'informant qu'une réadaptation sera nécessaire pour retrouver une audition satisfaisante. Paul accepte l'opération.

1. Étude de l'implant cochléaire

À l'aide des documents et des connaissances nécessaires, rédiger en 20 lignes maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante :

« Comment est-il possible d'envisager l'amélioration du fonctionnement de l'implant cochléaire afin d'éviter la réadaptation ? »

Pour cela, préciser les différents types de sons audibles et ce qui les distingue. Identifier ensuite les éléments de la chaîne de transmission de l'information arrivant à l'oreille jusqu'à la cochlée. Proposer ensuite une explication de la dégradation du signal perçu en précisant l'élément de cette chaîne lieu de cette dégradation. Enfin, indiquer, en justifiant, un paramètre sur lequel on peut influencer pour améliorer la qualité de l'information transmise. Préciser, en le justifiant, quelle évolution il faudra lui faire subir.

2. Analyse des performances auditives par audiométrie tonale

L'implant de Paul lui permet d'augmenter ses performances auditives et de retrouver ainsi un audiogramme correspondant à celui d'une personne de 60 ans.

Un son de fréquence égale à 4,0 kHz et de niveau sonore égal à 100 dB parvient à l'oreille de Paul.

Déterminer les niveaux sonores du son perçu par Paul avec et sans implant cochléaire. Conclure sur la performance de l'appareillage de Paul en calculant le rapport des intensités sonores avec et sans implant.

Donnée :

Le niveau d'intensité sonore L (en dB) est lié à l'intensité sonore I (en $W.m^{-2}$) par :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

où I_0 est le seuil d'audibilité ($I_0 = 1,0 \times 10^{-12} W.m^{-2}$).

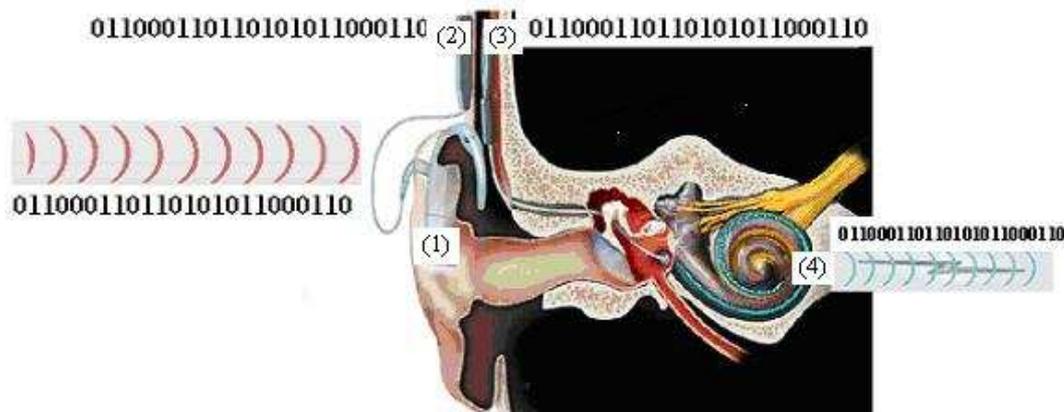
DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

Document 1 : Fonctionnement de l'implant cochléaireLa partie externe :

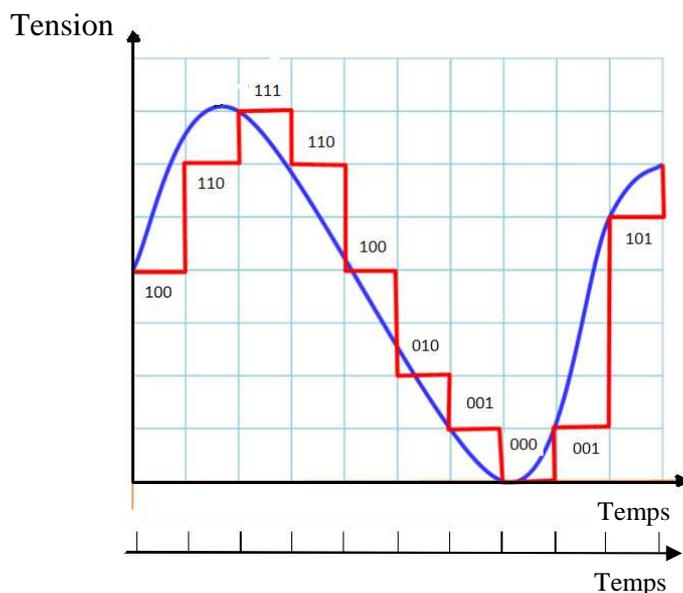
Un processeur vocal (1), intégrant un microphone et placé derrière le pavillon de l'oreille, reçoit les sons, les analyse, les code en signaux numériques qu'il envoie à l'antenne (2). Cette dernière transmet les signaux à travers la peau à la partie interne implantée (3).

La partie interne :

Implantée chirurgicalement (3), la partie interne réceptionne puis véhicule les signaux électriques jusqu'à un faisceau d'électrodes (4) placé dans la cochlée. Le rôle de ce faisceau est d'émettre des impulsions électriques qui stimulent les fibres du nerf auditif. L'influx nerveux créé est envoyé vers le cerveau où il est analysé et interprété.



D'après <http://www.cochlea.org/implants.html>

Document 2 : Conversion analogique-numérique d'un signal issu du microphone

Commande de l'échantillonneur
période T_e

D'après <http://www.edumedia-sciences.com/fr>

Document 3 : Dégradation du signal auditif

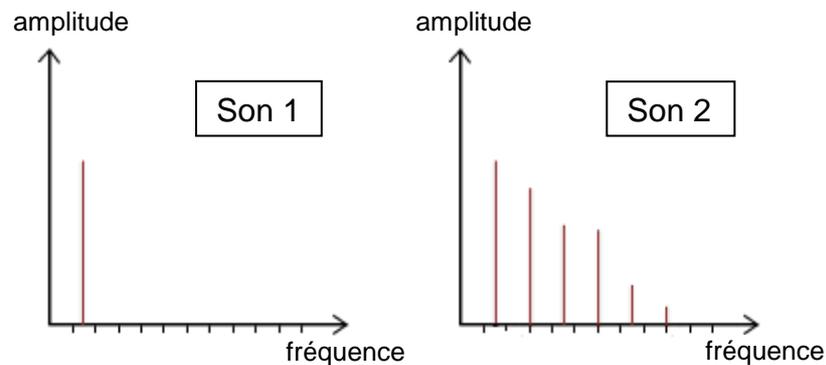
Entendre, ce n'est pas comprendre !
Comprenez-vous le japonais? Pourtant, vous entendez parfaitement !

La réadaptation après la pose chirurgicale d'un implant est absolument nécessaire pour apprendre à reconnaître ce qui est entendu avec cet appareil.

Voici ci-contre l'analogie visuelle d'un mot : « CLARTÉ », tel qu'on peut le percevoir dans ses versions dégradée et non dégradée.

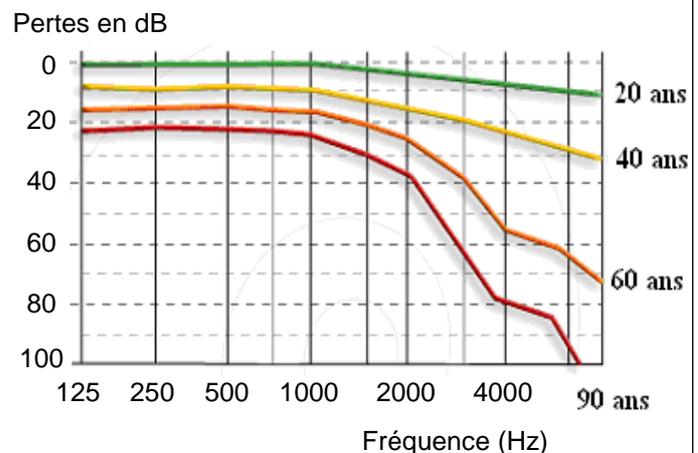
CLARTÉ
CLARTÉ
CLARTÉ

D'après : <http://www.centreinterval.qc.ca/>

Document 4 : Spectres de deux sons**Document 5 : Diagramme d'audiométrie tonale**

L'audiométrie tonale est une technique permettant d'évaluer la perte auditive d'un individu, exprimée en dB, pour l'ensemble des fréquences conversationnelles situées entre 125 et 8 000 Hz.

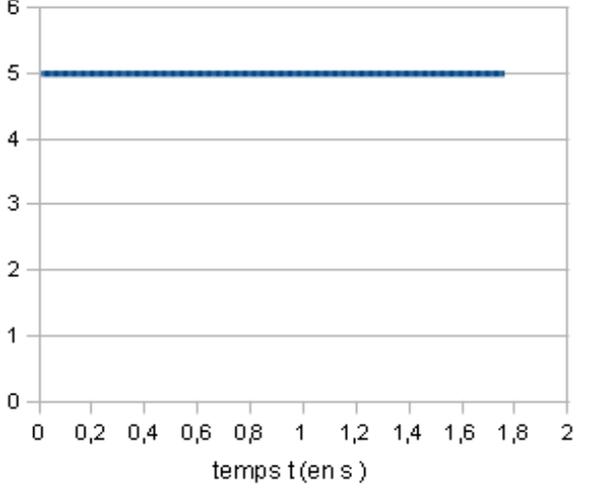
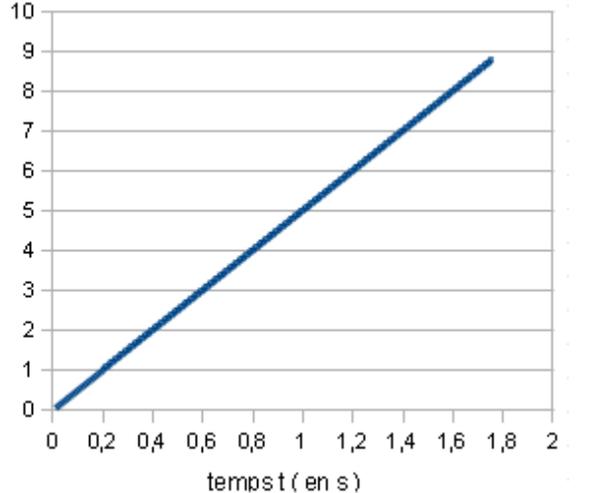
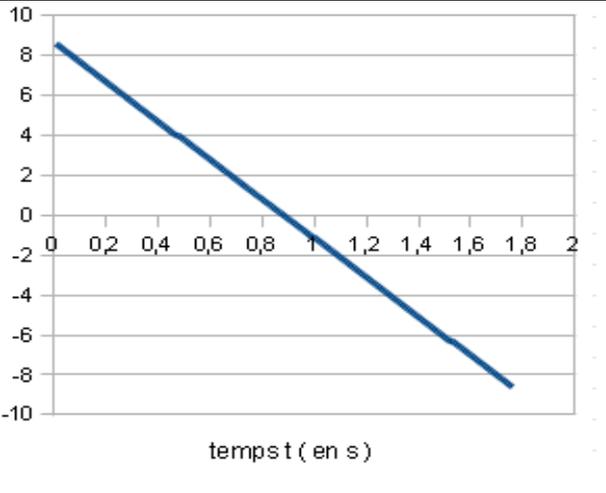
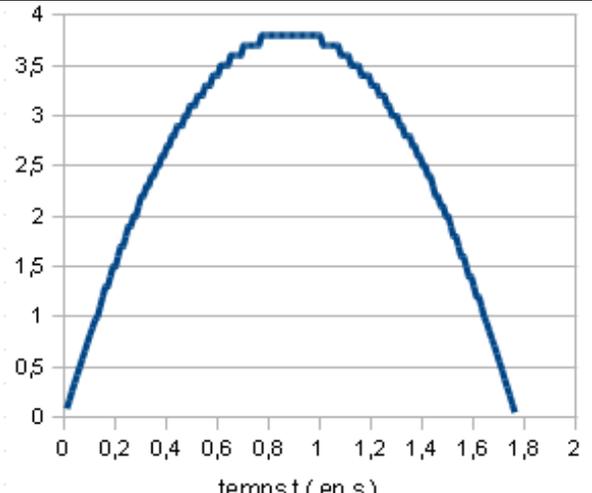
Le diagramme donné ci-contre est appelé **audiogramme**.



ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT

Tableau rassemblant les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x , et v_y .

	
<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>	<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>
	
<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>	<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2013
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6
—**L'usage d'une calculatrice EST autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9 y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 9) 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 CATALYSEUR ENZYMATIQUE, L'URÉASE (5 points)

L'uréase est une enzyme découverte par J-B Summer en 1926. Elle joue un rôle important au sein des organismes vivants dans la décomposition d'une molécule organique, l'urée. On trouve l'uréase dans des organismes végétaux (comme le haricot sabre) mais également dans des bactéries pathogènes (telles que *Helicobacter pylori*).



Haricot sabre

Une enzyme est une macromolécule. Les différentes parties de cette molécule sont liées entre elles notamment par des liaisons hydrogène qui se forment plus ou moins facilement suivant la température. Ces liaisons conduisent à la formation d'une structure tridimensionnelle présentant de nombreux replis (voir image ci-contre). La réaction, que catalyse l'enzyme, se produit au sein de l'un de ces replis appelé alors site actif.



Structure 3D de l'uréase

L'objectif de cet exercice est l'étude du rôle de l'uréase et de l'influence de certains paramètres sur son activité.

Données :

- couples acide/base : H_3O^+ (aq) / H_2O (l) ; NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq)
- pK_a du couple NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq) = 9,2

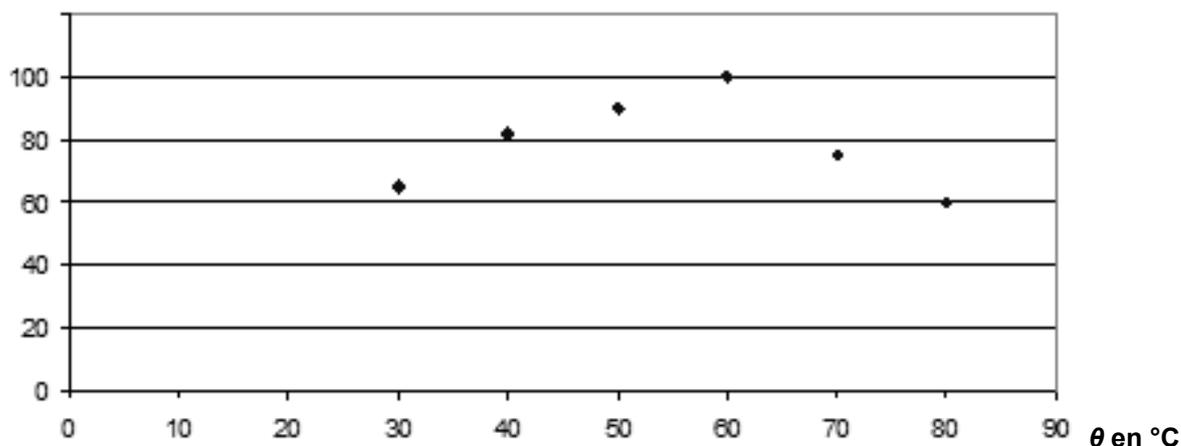
Document 1. Influence de la température sur l'activité enzymatique

La cinétique de la réaction catalysée est directement liée à l'activité de l'uréase : plus l'activité est grande, plus la réaction est rapide. L'activité relative, représentée sur le graphe ci-dessous, est le rapport de l'activité de l'enzyme sur son activité maximale, dans des conditions fixées de température, de pH et pour une quantité d'enzyme donnée.

Condition expérimentale :

pH = 7,0 (solution tampon au phosphate de concentration molaire 20 mmol.L⁻¹)

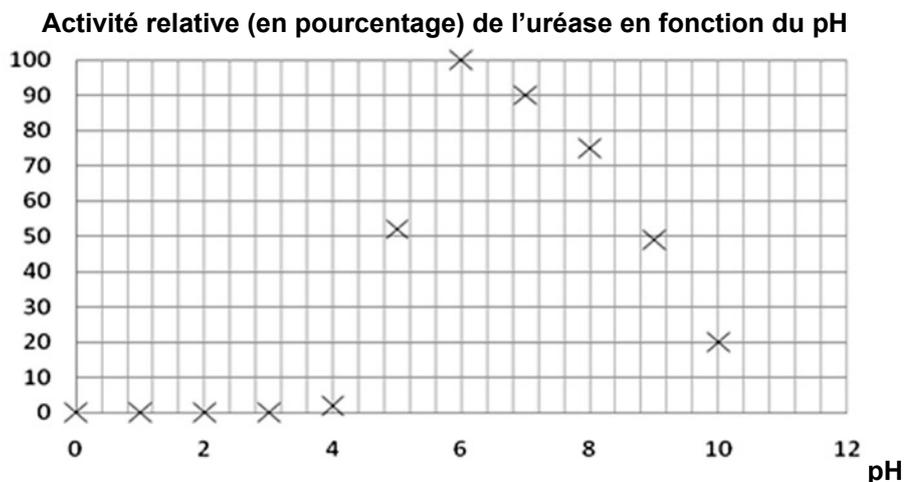
Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction de la température



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

Document 2. Influence du pH sur l'activité enzymatique

Condition expérimentale : température $\theta = 30^\circ\text{C}$



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

1. Activité enzymatique de l'uréase

L'urée ($\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$) réagit avec l'eau pour former de l'ammoniac NH_3 et du dioxyde de carbone.

Au laboratoire, on réalise deux expériences :

- On dissout de l'urée dans de l'eau. Aucune réaction ne semble avoir lieu. Le temps de demi-réaction est estimé à 60 ans.
- On dissout de l'urée dans de l'eau en présence d'uréase. Il se forme quasi-immédiatement les produits attendus. Le temps de demi-réaction vaut 2×10^{-5} s.

1.1. L'uréase, un catalyseur

1.1.1. Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'urée et l'eau.

1.1.2. Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

1.1.3. En quoi les résultats des expériences permettent-ils de considérer l'uréase comme un catalyseur ?

1.2. Effet de la température sur l'activité enzymatique

1.2.1. Quelle est en général l'influence de la température sur la cinétique d'une réaction chimique ?

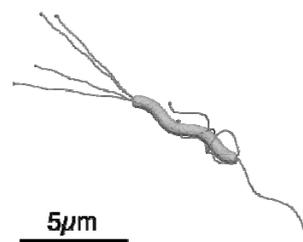
1.2.2. En utilisant le **document 1**, décrire l'influence de la température sur la cinétique de la réaction catalysée.

1.2.3. À l'aide du texte introductif, comment peut-on expliquer la différence entre le cas général (question 1.2.1) et celui décrit à la question 1.2.2. ?

2. L'uréase dans le milieu stomacal

La bactérie *Helicobacter pylori* (*H.pylori*) est responsable de la plupart des ulcères de l'estomac chez l'Homme. On souhaite savoir comment elle réussit à survivre dans un milieu très acide, comme l'estomac, en attendant de rejoindre la muqueuse stomacale où elle pourra se développer.

Dans la *H.pylori*, la réaction de production de l'ammoniac à partir de l'urée se fait selon le processus présenté dans la première partie « Activité enzymatique de l'uréase ».



Helicobacter pylori

2.1. Le contenu de l'estomac est un milieu très acide qui peut être considéré comme une solution d'acide chlorhydrique de concentration $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Sachant que l'acide chlorhydrique est un acide fort, calculer le pH de ce milieu.

2.2. À ce pH, quelle espèce chimique du couple $\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})$ prédomine ? Justifier la réponse.

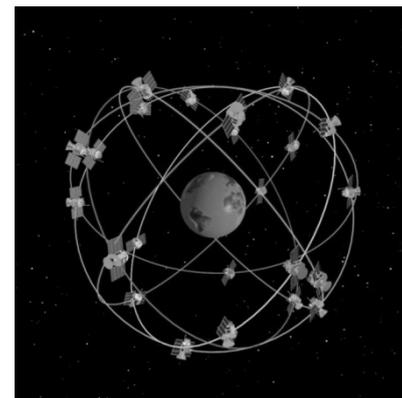
2.3. La bactérie utilise son uréase pour catalyser la réaction de l'urée avec l'eau, ainsi elle sécrète de l'ammoniac dans son environnement proche. Dans l'estomac, l'ammoniac réagit avec les ions H_3O^+ selon l'équation chimique : $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Quelle est la conséquence de la sécrétion d'ammoniac par la bactérie sur le pH de la solution autour d'elle ?

2.4. L'enzyme sécrétée par la bactérie *H.pylori* n'est pas l'uréase seule mais une association de l'uréase avec d'autres entités chimiques. En quoi le **document 2** illustre-t-il le fait que l'uréase seule ne peut pas agir dans l'estomac ?

EXERCICE II - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN GPS (10 points)

Le nom officiel du GPS (Global Positioning System) est originellement NAVSTAR (Navigation System by Timing and Ranging). Il fut imaginé et mis au point par le département de la défense américaine qui envoya dans l'espace la première génération de satellites à partir de 1978. Depuis lors, celui-ci a largement fait ses preuves et le système GPS actuel comporte une trentaine de satellites en orbites quasi circulaires faisant inlassablement deux révolutions par jour autour de la Terre.



Allure des orbites
des satellites GPS

Données :

- Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Altitude moyenne des satellites GPS $h = 2,00 \times 10^4 \text{ km}$
- Masse de la Terre $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Rayon de la Terre $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$
- Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$
- 1 octet = 8 bit

Document. Fonctionnement général du GPS

Principe de la localisation

On peut déterminer la position d'un point à partir de sa distance à d'autres points. Par exemple, supposons que nous soyons perdus quelque part en France, si nous passons devant un panneau indiquant que Paris est à 150 km sans en donner la direction, nous sommes situés quelque part sur un cercle centré sur Paris et de rayon 150 km. Si par ailleurs un autre panneau nous indique Orléans 230 km, nous sommes sur un cercle centré sur Orléans et de rayon 230 km. Il suffit donc de tracer ces deux cercles et de voir où ils se coupent. Généralement, ils se coupent en deux points (Dieppe et Sainte-Menehould dans notre exemple) et nous avons donc besoin d'une troisième indication afin d'éliminer l'un des deux points.

Mesure de la distance satellite/récepteur

Un satellite GPS envoie très régulièrement un signal électromagnétique indiquant l'heure de l'émission du signal de manière très précise, ainsi que des informations sur la position du satellite. Le récepteur n'a plus qu'à comparer l'heure de réception à celle de l'émission pour calculer le temps de parcours du signal et en déduire la distance le séparant du satellite.

Pour bénéficier d'une précision de 10 m dans la direction de propagation du signal électromagnétique envoyé par un satellite GPS, le récepteur GPS doit mesurer la durée de trajet de ce signal avec une précision d'environ 30 ns. Cette précision extrême nécessite de prendre en compte des effets relativistes. La non prise en compte de ces effets entraînerait une avance des horloges des satellites sur les horloges terrestres d'environ 38 μs par jour.

Caractéristiques du signal GPS

Les informations sont envoyées par le satellite sous la forme d'un signal binaire avec un débit très faible : 50 bit.s^{-1} . Dans la pratique, le GPS garde en mémoire les paramètres du calcul de position reçus avant son dernier arrêt et reprend par défaut ces paramètres, lors de sa mise en marche. Ainsi, la mise à jour est d'autant plus rapide qu'on utilise son GPS fréquemment.

En réalité, le récepteur GPS reçoit en permanence des informations de plusieurs satellites, sur une même fréquence. Pour distinguer les satellites les uns des autres, on a attribué à chacun un code, appelé code C/A qui se présente sous la forme de séquences binaires répétées de 1 et de 0. Le message GPS est superposé à ce code et, lors de la réception du message, le récepteur pourra, grâce au code, identifier le satellite source et traduire le signal pour en connaître le message.

La superposition du code C/A et du message consiste simplement à inverser les 0 et les 1 du code lorsque le bit du message vaut 1 et à ne pas les modifier lorsque le bit du message vaut 0. Un exemple de signal reçu par le GPS est présenté en **ANNEXE 2**.

d'après science.gouv.fr

1. À propos de la localisation

Sortant tout juste d'une ville française, un automobiliste voit un panneau indiquant Lyon à 240 km et Nancy à 340 km. Déterminer graphiquement, à l'aide de la carte fournie en **ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE** la ville où il se trouve. Justifier.

2. Étude du mouvement d'un satellite

Le mouvement du satellite est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Ce référentiel est associé au centre de la Terre ainsi qu'à trois étoiles lointaines, considérées comme fixes.

2.1. En supposant que son orbite est circulaire, montrer que le mouvement d'un satellite GPS de masse m est uniforme.

2.2. Montrer que l'expression de la vitesse du satellite est $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$ et déterminer sa valeur numérique.

2.3. Établir l'expression de la période de révolution d'un satellite GPS. Calculer sa valeur et vérifier qu'elle est compatible avec l'information du texte d'introduction.

3. Précision des mesures

3.1. Justifier par le calcul la phrase suivante : « Pour bénéficier d'une précision de 10 m dans la direction de propagation du signal électromagnétique envoyé par un satellite GPS, le récepteur GPS doit mesurer la durée de trajet de ce signal avec une précision d'environ 30 ns. »

3.2. Quelle est la durée de parcours du signal électromagnétique ? En déduire la précision relative sur la mesure de cette durée.

3.3. Si on ne tenait pas compte des effets relativistes, quel serait le décalage temporel entre les horloges terrestres et celles du satellite GPS au bout d'une journée ? En déduire la durée nécessaire pour que les horloges terrestres et celle du satellite GPS soient significativement désynchronisées, c'est-à-dire pour qu'elles soient décalées de 30 ns.

4. Étude du signal GPS

4.1. Sachant que le message GPS contenant les paramètres de calcul a une taille d'environ 4,5 ko, calculer la durée nécessaire à l'envoi de l'intégralité de ce message par le satellite lors de la mise en marche du GPS. Commenter cette durée surprenante en s'appuyant sur le document « Fonctionnement général du GPS ».

4.2. En **ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE** est donné un exemple de message GPS et de code C/A. Compléter cette annexe par 0 ou 1 en effectuant la superposition « message + code » comme cela est indiqué dans le document « Fonctionnement général du GPS » page 5.

EXERCICE III - SAVEUR SUCRÉE (5 points)

Ce que l'on nomme habituellement le sucre est une « substance de saveur douce extraite de la canne à sucre » (Chrétien de Troyes, né vers 1135 et mort vers 1183, *Le Chevalier au lion*). Le sucre est majoritairement formé d'un composé nommé saccharose que l'on trouve aussi dans la betterave sucrière et dans d'autres végétaux. Toutefois, d'autres composés, comme les édulcorants et les polyols, possèdent une saveur sucrée. Il n'est donc pas simple pour le consommateur de s'y retrouver parmi les nombreux produits ayant un pouvoir sucrant qui se trouvent actuellement sur le marché.

L'objectif de cet exercice est d'étudier différents produits à la saveur sucrée.

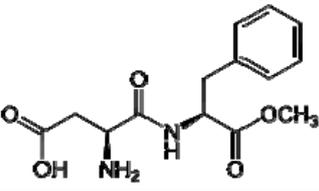
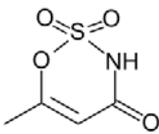
Document 1. Définition du pouvoir sucrant

La mesure du pouvoir sucrant d'une substance n'est pas aisée. Il n'y a aucun instrument de laboratoire dédié à cet usage. Les techniques de détermination du pouvoir sucrant font appel à un panel de goûteurs. On cherche la concentration massique C_E de l'espèce douée de saveur sucrée qui amène à la même saveur sucrée qu'une solution de saccharose de concentration massique C .

Le pouvoir sucrant (PS) est égal au rapport de la concentration C du saccharose sur la concentration C_E de l'espèce douée de saveur sucrée.

Document 2. À propos des produits à pouvoir sucrant

Pour le biochimiste, les sucres sont une classe de molécules organiques, les oses, contenant un groupe carbonyle (aldéhyde ou cétone) et plusieurs groupes hydroxyle. Le saccharose, par exemple, issu de la réaction entre le glucose et le fructose est aussi un sucre. Quant aux polyols, ils correspondent à une classe de molécules organiques ne contenant que des groupes hydroxyle. Les édulcorants, comme l'aspartame et l'acésulfame, sont des produits de synthèse qui remplacent le sucre dans certaines boissons « light ».

Composé à la saveur douce	Où peut-on le trouver ?	Formule ou représentation du composé	Pouvoir sucrant	Apport énergétique (en kJ.g^{-1})
saccharose	betterave sucrière	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	1,0	17
xylitol	framboise	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	1,0	10
aspartame	boisson « light »		200	0,017
sorbitol	Pruneau, cerise	hexan- 1, 2, 3, 4, 5, 6- hexol	0,5	13
acésulfame	soda « light »		200	0
fructose	miel	$\text{HO-CH}_2\text{-CHOH-CHOH-CHOH-CO-CH}_2\text{OH}$	1,2	17
glucose	raisin	$\text{HO-CH}_2\text{-CHOH-CHOH-CHOH-CHOH-CHO}$	0,7	16

Document 3. Effets sur la santé

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a réuni un groupe de travail ayant pour objectif de dégager, dans une approche de santé publique, les relations entre la consommation de sucres et les différentes pathologies nutritionnelles comme le surpoids ou l'obésité. Ce lien, complexe, reste à établir.

Par ailleurs, les sucres possèdent une influence sur une pathologie dentaire bien connue : la formation des caries. Ce n'est pas le cas pour les édulcorants et les polyols. Toutefois, on ne connaît pas tous les éventuels effets néfastes sur l'organisme de ces molécules, et certaines études donnent des résultats controversés.

L'absorption de sucre déclenche une libération d'insuline (hormone sécrétée par le pancréas) dans le sang, limitant le taux de glucose dans le sang en le stockant dans le foie. Les polyols quant à eux déclenchent une libération moindre d'insuline, limitant le stockage par l'organisme. L'insuline joue donc un rôle majeur dans la régulation des quantités de sucres présents dans le sang.

1. Analyse et synthèse de documents

À partir de vos connaissances et des documents fournis, rédigez une étude comparée des trois catégories d'espèces sucrantes présentées (20 lignes environ).

Remarque :

Le candidat est évalué sur ses capacités à analyser les documents, à faire preuve d'un esprit critique sur leurs contenus et sur la qualité de sa rédaction.

2. La synthèse de l'aspartame

acide aspartique	ester méthylique de la phénylalanine	aspartame

2.1. Nommer les groupes caractéristiques **a**, **b**, **c** et **d**.

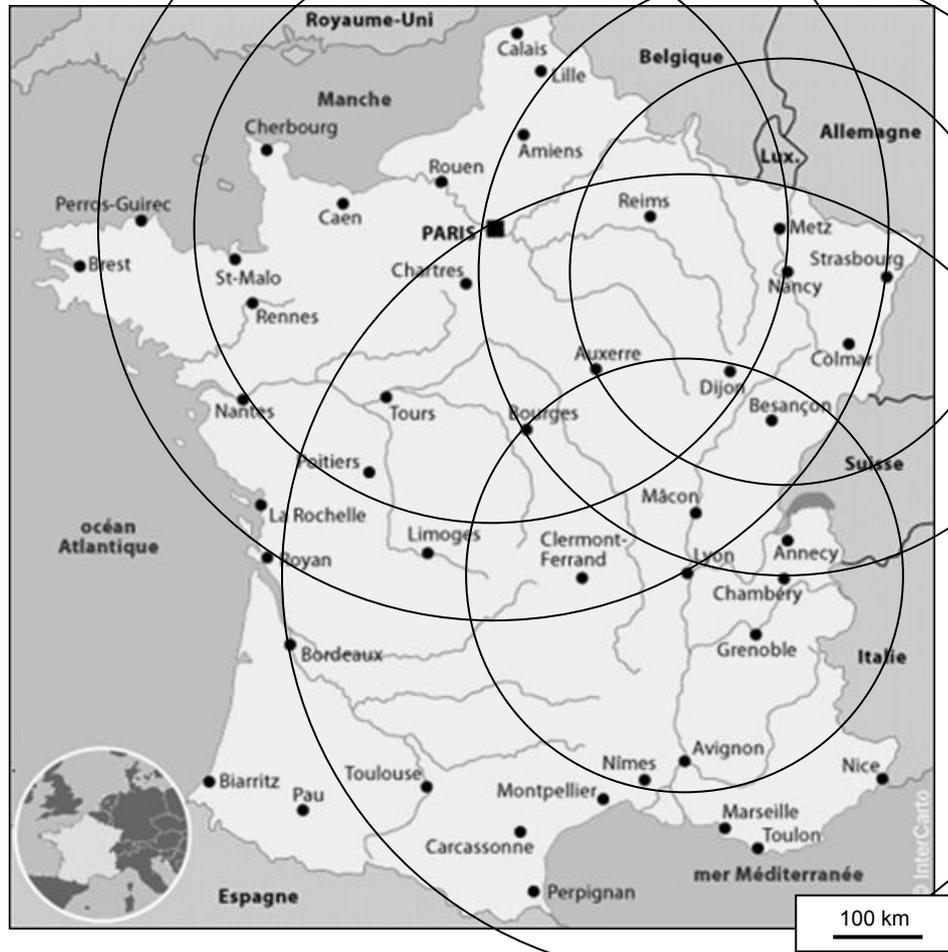
2.2. Identifier l'atome de carbone asymétrique de l'acide aspartique. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de l'acide aspartique.

2.3. La molécule d'aspartame est synthétisée en faisant réagir l'acide aspartique avec l'ester méthylique de la phénylalanine pour former la fonction amide (appelée liaison peptidique).

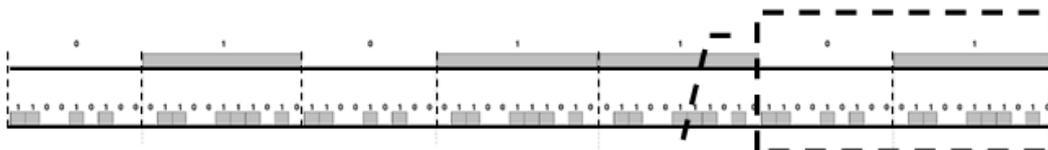
Pour réaliser cette synthèse, il est nécessaire de protéger les fonctions **a** et **b** de l'acide aspartique. Justifier cette nécessité.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

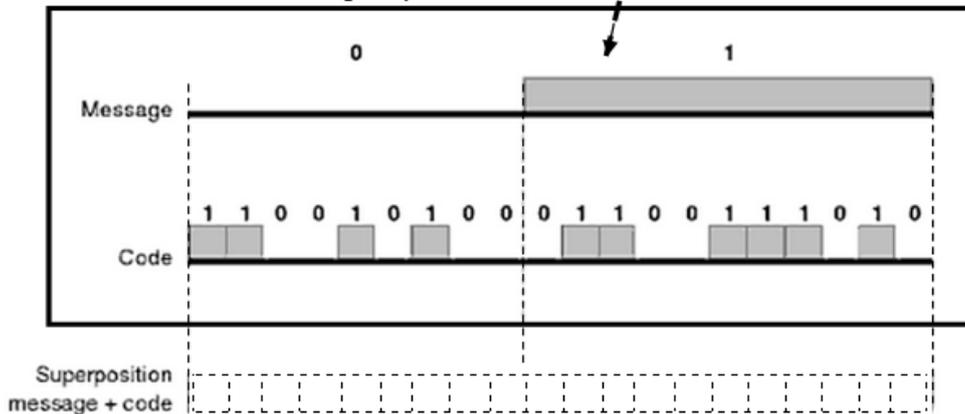
ANNEXE 1 DE L'EXERCICE II
Carte de France



ANNEXE 2 DE L'EXERCICE II
Message GPS et code C/A



Le cadre ci-dessous est le zoom du signal précédent.



BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2013
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8
—**L'usage d'une calculatrice EST autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9 y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 9) 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.

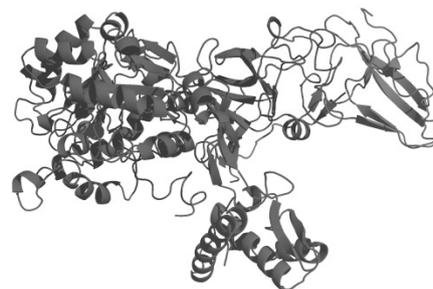
EXERCICE I - UN CATALYSEUR ENZYMATIQUE, L'URÉASE (5 points)

L'uréase est une enzyme découverte par J-B Summer en 1926. Elle joue un rôle important au sein des organismes vivants dans la décomposition d'une molécule organique, l'urée. On trouve l'uréase dans des organismes végétaux (comme le haricot sabre) mais également dans des bactéries pathogènes (telles que *Helicobacter pylori*).



Haricot sabre

Une enzyme est une macromolécule. Les différentes parties de cette molécule sont liées entre elles notamment par des liaisons hydrogène qui se forment plus ou moins facilement suivant la température. Ces liaisons conduisent à la formation d'une structure tridimensionnelle présentant de nombreux replis (voir image ci-contre). La réaction, que catalyse l'enzyme, se produit au sein de l'un de ces replis appelé alors site actif.



Structure 3D de l'uréase

L'objectif de cet exercice est l'étude du rôle de l'uréase et de l'influence de certains paramètres sur son activité.

Données :

- couples acide/base : H_3O^+ (aq) / H_2O (l) ; NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq)
- pK_a du couple NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq) = 9,2

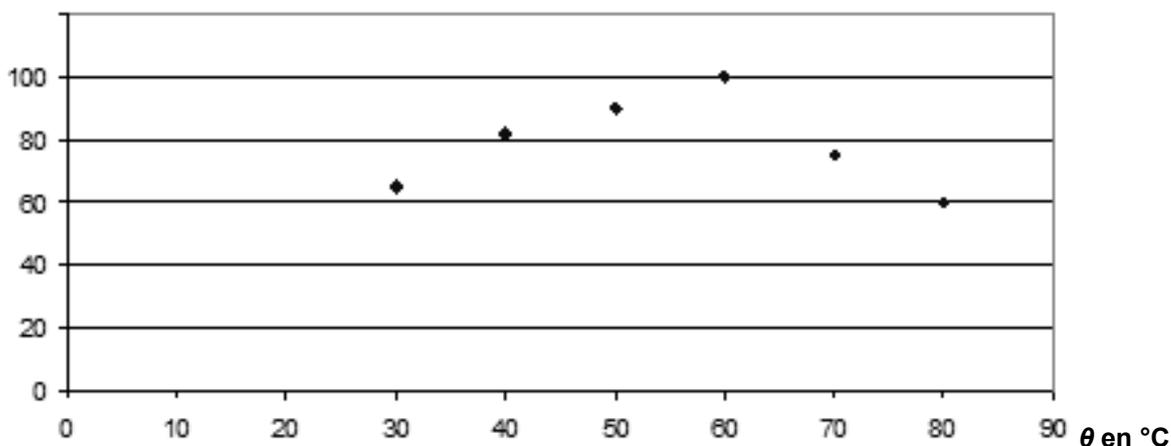
Document 1. Influence de la température sur l'activité enzymatique

La cinétique de la réaction catalysée est directement liée à l'activité de l'uréase : plus l'activité est grande, plus la réaction est rapide. L'activité relative, représentée sur le graphe ci-dessous, est le rapport de l'activité de l'enzyme sur son activité maximale, dans des conditions fixées de température, de pH et pour une quantité d'enzyme donnée.

Condition expérimentale :

pH = 7,0 (solution tampon au phosphate de concentration molaire 20 mmol.L⁻¹)

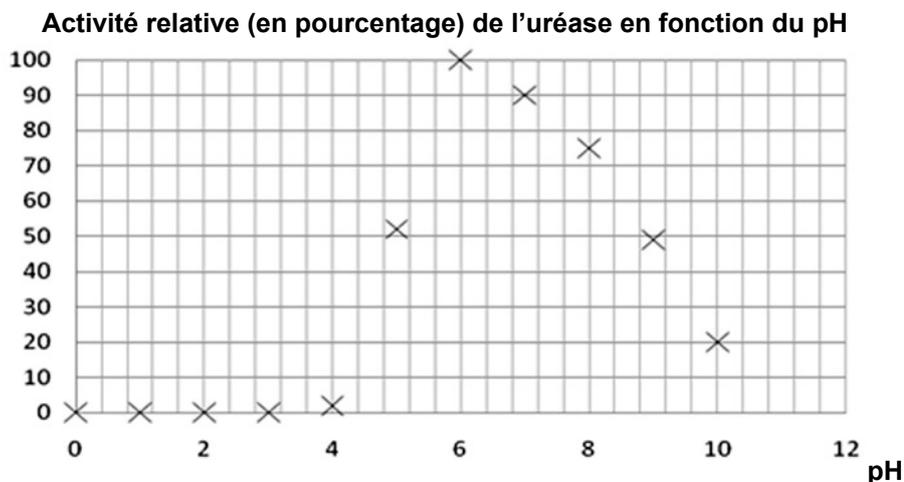
Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction de la température



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

Document 2. Influence du pH sur l'activité enzymatique

Condition expérimentale : température $\theta = 30^\circ\text{C}$



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

1. Activité enzymatique de l'uréase

L'urée ($\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$) réagit avec l'eau pour former de l'ammoniac NH_3 et du dioxyde de carbone.

Au laboratoire, on réalise deux expériences :

- On dissout de l'urée dans de l'eau. Aucune réaction ne semble avoir lieu. Le temps de demi-réaction est estimé à 60 ans.
- On dissout de l'urée dans de l'eau en présence d'uréase. Il se forme quasi-immédiatement les produits attendus. Le temps de demi-réaction vaut 2×10^{-5} s.

1.1. L'uréase, un catalyseur

1.1.1. Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'urée et l'eau.

1.1.2. Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

1.1.3. En quoi les résultats des expériences permettent-ils de considérer l'uréase comme un catalyseur ?

1.2. Effet de la température sur l'activité enzymatique

1.2.1. Quelle est en général l'influence de la température sur la cinétique d'une réaction chimique ?

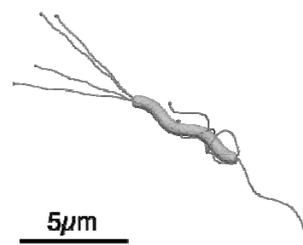
1.2.2. En utilisant le **document 1**, décrire l'influence de la température sur la cinétique de la réaction catalysée.

1.2.3. À l'aide du texte introductif, comment peut-on expliquer la différence entre le cas général (question 1.2.1) et celui décrit à la question 1.2.2. ?

2. L'uréase dans le milieu stomacal

La bactérie *Helicobacter pylori* (*H.pylori*) est responsable de la plupart des ulcères de l'estomac chez l'Homme. On souhaite savoir comment elle réussit à survivre dans un milieu très acide, comme l'estomac, en attendant de rejoindre la muqueuse stomacale où elle pourra se développer.

Dans la *H.pylori*, la réaction de production de l'ammoniac à partir de l'urée se fait selon le processus présenté dans la première partie « Activité enzymatique de l'uréase ».



Helicobacter pylori

2.1. Le contenu de l'estomac est un milieu très acide qui peut être considéré comme une solution d'acide chlorhydrique de concentration $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Sachant que l'acide chlorhydrique est un acide fort, calculer le pH de ce milieu.

2.2. À ce pH, quelle espèce chimique du couple $\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})$ prédomine ? Justifier la réponse.

2.3. La bactérie utilise son uréase pour catalyser la réaction de l'urée avec l'eau, ainsi elle sécrète de l'ammoniac dans son environnement proche. Dans l'estomac, l'ammoniac réagit avec les ions H_3O^+ selon l'équation chimique : $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Quelle est la conséquence de la sécrétion d'ammoniac par la bactérie sur le pH de la solution autour d'elle ?

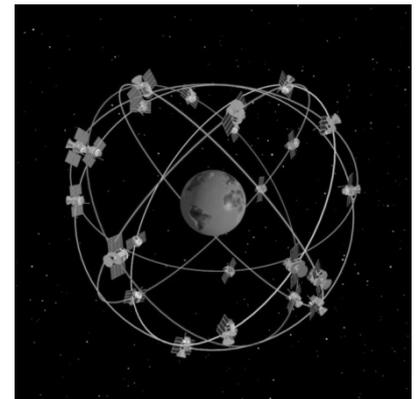
2.4. L'enzyme sécrétée par la bactérie *H.pylori* n'est pas l'uréase seule mais une association de l'uréase avec d'autres entités chimiques. En quoi le **document 2** illustre-t-il le fait que l'uréase seule ne peut pas agir dans l'estomac ?

EXERCICE II - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN GPS (10 points)

Le nom officiel du GPS (Global Positioning System) est originellement NAVSTAR (Navigation System by Timing and Ranging). Il fut imaginé et mis au point par le département de la défense américaine qui envoya dans l'espace la première génération de satellites à partir de 1978. Depuis lors, celui-ci a largement fait ses preuves et le système GPS actuel comporte une trentaine de satellites en orbites quasi circulaires faisant inlassablement deux révolutions par jour autour de la Terre.

Données :

- Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Altitude moyenne des satellites GPS $h = 2,00 \times 10^4 \text{ km}$
- Masse de la Terre $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Rayon de la Terre $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$
- Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$
- 1 octet = 8 bit



Allure des orbites
des satellites GPS

Document. Fonctionnement général du GPS

Principe de la localisation

On peut déterminer la position d'un point à partir de sa distance à d'autres points. Par exemple, supposons que nous soyons perdus quelque part en France, si nous passons devant un panneau indiquant que Paris est à 150 km sans en donner la direction, nous sommes situés quelque part sur un cercle centré sur Paris et de rayon 150 km. Si par ailleurs un autre panneau nous indique Orléans 230 km, nous sommes sur un cercle centré sur Orléans et de rayon 230 km. Il suffit donc de tracer ces deux cercles et de voir où ils se coupent. Généralement, ils se coupent en deux points (Dieppe et Sainte-Menehould dans notre exemple) et nous avons donc besoin d'une troisième indication afin d'éliminer l'un des deux points.

Mesure de la distance satellite/récepteur

Un satellite GPS envoie très régulièrement un signal électromagnétique indiquant l'heure de l'émission du signal de manière très précise, ainsi que des informations sur la position du satellite. Le récepteur n'a plus qu'à comparer l'heure de réception à celle de l'émission pour calculer le temps de parcours du signal et en déduire la distance le séparant du satellite.

Pour bénéficier d'une précision de 10 m dans la direction de propagation du signal électromagnétique envoyé par un satellite GPS, le récepteur GPS doit mesurer la durée de trajet de ce signal avec une précision d'environ 30 ns. Cette précision extrême nécessite de prendre en compte des effets relativistes. La non prise en compte de ces effets entraînerait une avance des horloges des satellites sur les horloges terrestres d'environ 38 μs par jour.

Caractéristiques du signal GPS

Les informations sont envoyées par le satellite sous la forme d'un signal binaire avec un débit très faible : 50 bit.s^{-1} . Dans la pratique, le GPS garde en mémoire les paramètres du calcul de position reçus avant son dernier arrêt et reprend par défaut ces paramètres, lors de sa mise en marche. Ainsi, la mise à jour est d'autant plus rapide qu'on utilise son GPS fréquemment.

En réalité, le récepteur GPS reçoit en permanence des informations de plusieurs satellites, sur une même fréquence. Pour distinguer les satellites les uns des autres, on a attribué à chacun un code, appelé code C/A qui se présente sous la forme de séquences binaires répétées de 1 et de 0. Le message GPS est superposé à ce code et, lors de la réception du message, le récepteur pourra, grâce au code, identifier le satellite source et traduire le signal pour en connaître le message.

La superposition du code C/A et du message consiste simplement à inverser les 0 et les 1 du code lorsque le bit du message vaut 1 et à ne pas les modifier lorsque le bit du message vaut 0. Un exemple de signal reçu par le GPS est présenté en **ANNEXE 2**.

d'après science.gouv.fr

1. À propos de la localisation

Sortant tout juste d'une ville française, un automobiliste voit un panneau indiquant Lyon à 240 km et Nancy à 340 km. Déterminer graphiquement, à l'aide de la carte fournie en **ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE** la ville où il se trouve. Justifier.

2. Étude du mouvement d'un satellite

Le mouvement du satellite est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Ce référentiel est associé au centre de la Terre ainsi qu'à trois étoiles lointaines, considérées comme fixes.

2.1. En supposant que son orbite est circulaire, montrer que le mouvement d'un satellite GPS de masse m est uniforme.

2.2. Montrer que l'expression de la vitesse du satellite est $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$ et déterminer sa valeur numérique.

2.3. Établir l'expression de la période de révolution d'un satellite GPS. Calculer sa valeur et vérifier qu'elle est compatible avec l'information du texte d'introduction.

3. Précision des mesures

3.1. Justifier par le calcul la phrase suivante : « Pour bénéficier d'une précision de 10 m dans la direction de propagation du signal électromagnétique envoyé par un satellite GPS, le récepteur GPS doit mesurer la durée de trajet de ce signal avec une précision d'environ 30 ns. »

3.2. Quelle est la durée de parcours du signal électromagnétique ? En déduire la précision relative sur la mesure de cette durée.

3.3. Si on ne tenait pas compte des effets relativistes, quel serait le décalage temporel entre les horloges terrestres et celles du satellite GPS au bout d'une journée ? En déduire la durée nécessaire pour que les horloges terrestres et celle du satellite GPS soient significativement désynchronisées, c'est-à-dire pour qu'elles soient décalées de 30 ns.

4. Étude du signal GPS

4.1. Sachant que le message GPS contenant les paramètres de calcul a une taille d'environ 4,5 ko, calculer la durée nécessaire à l'envoi de l'intégralité de ce message par le satellite lors de la mise en marche du GPS. Commenter cette durée surprenante en s'appuyant sur le document « Fonctionnement général du GPS ».

4.2. En **ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE** est donné un exemple de message GPS et de code C/A. Compléter cette annexe par 0 ou 1 en effectuant la superposition « message + code » comme cela est indiqué dans le document « Fonctionnement général du GPS » page 5.

EXERCICE III - COMMENT PROTÉGER LA COQUE D'UN BATEAU DE LA CORROSION ? (5 points)

La corrosion est un phénomène bien connu des marins. Les bateaux dont la coque est en acier en sont victimes et doivent en être protégés. Une méthode de protection consiste à poser à la surface de la coque des blocs de métal que l'on appelle « anodes sacrificielles ».

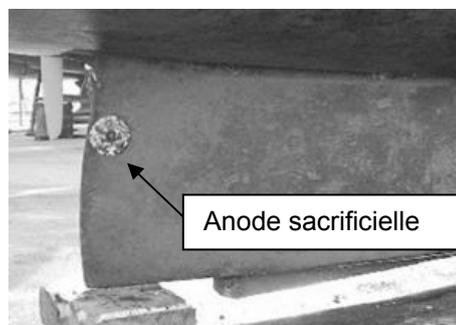


Image provenant du site www.hisse-et-oh.com

L'objectif de l'exercice est d'évaluer, à l'aide des documents ci-après, la masse de l'anode sacrificielle nécessaire à la protection d'un bateau.

Document 1. Le phénomène de corrosion

La corrosion d'un métal M est sa transformation à l'état de cation métallique M^{k+} par réaction avec le dioxygène dissous dans l'eau.

Le métal perd un ou plusieurs électrons, il est oxydé selon la demi-équation rédox :



Une mole de métal oxydé produit k moles d'électrons.

Document 2. Potentiels standard de différents métaux

Pour prévoir les réactions d'oxydoréduction, on peut s'appuyer en première approche sur l'échelle suivante, appelée échelle des potentiels standard. Tous les couples oxydant/réducteur peuvent être classés par leur potentiel standard.

Échelle des potentiels standard de quelques couples à 20°C :

Élément	Couple	Potentiel standard (V)
Plomb	Pb^{2+} / Pb	-0,126
Étain	Sn^{2+} / Sn	-0,138
Nickel	Ni^{2+} / Ni	-0,257
Fer	Fe^{2+} / Fe	-0,447
Zinc	Zn^{2+} / Zn	-0,760
Aluminium	Al^{3+} / Al	-1,67
Magnésium	Mg^{2+} / Mg	-2,37

Lorsque deux métaux sont en contact et peuvent être oxydés par le dioxygène, c'est celui dont le couple a le potentiel standard le plus faible qui s'oxyde : il constitue l'anode et protège l'autre métal qui ne réagira pas.

Document 3. Protection d'un bateau avec coque en acier

Lors de l'oxydation de l'anode sacrificielle, il s'établit un courant de protection au niveau de la surface S de la coque immergée. Sa densité de courant moyenne, intensité de courant par unité de surface, vaut :
 $j = 0,1 \text{ A.m}^{-2}$.

Ce courant a son origine dans la charge électrique échangée lors de la réaction d'oxydo-réduction. L'intensité I d'un courant électrique peut s'exprimer en fonction de la charge électrique Q échangée au cours de la réaction pendant une durée Δt :

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

où, dans le système international, I s'exprime en ampère (A), Q en coulomb (C) et Δt en seconde (s).

Résolution de problème**Questions préalables**

- Un bateau possède une coque en acier donc composée essentiellement de fer. Écrire la demi-équation de l'oxydation du fer métallique en considérant uniquement les couples du **document 2**.
- Citer en justifiant votre réponse, les métaux du tableau du **document 2** susceptibles de protéger la coque en acier d'un bateau. Pourquoi l'anode utilisée est-elle qualifiée de « sacrificielle » ?

Problème

On désire protéger pendant une année la coque en acier d'un bateau par une anode sacrificielle en zinc. La surface de coque immergée dans l'eau de mer vaut $S = 40 \text{ m}^2$. Une anode sacrificielle sur une coque de bateau doit être remplacée quand elle a perdu 50 % de sa masse.

Quelle est la masse totale d'anode sacrificielle en zinc qu'on doit répartir sur la coque pour la protéger pendant une année ? Exercer un regard critique sur la valeur trouvée.

Données :

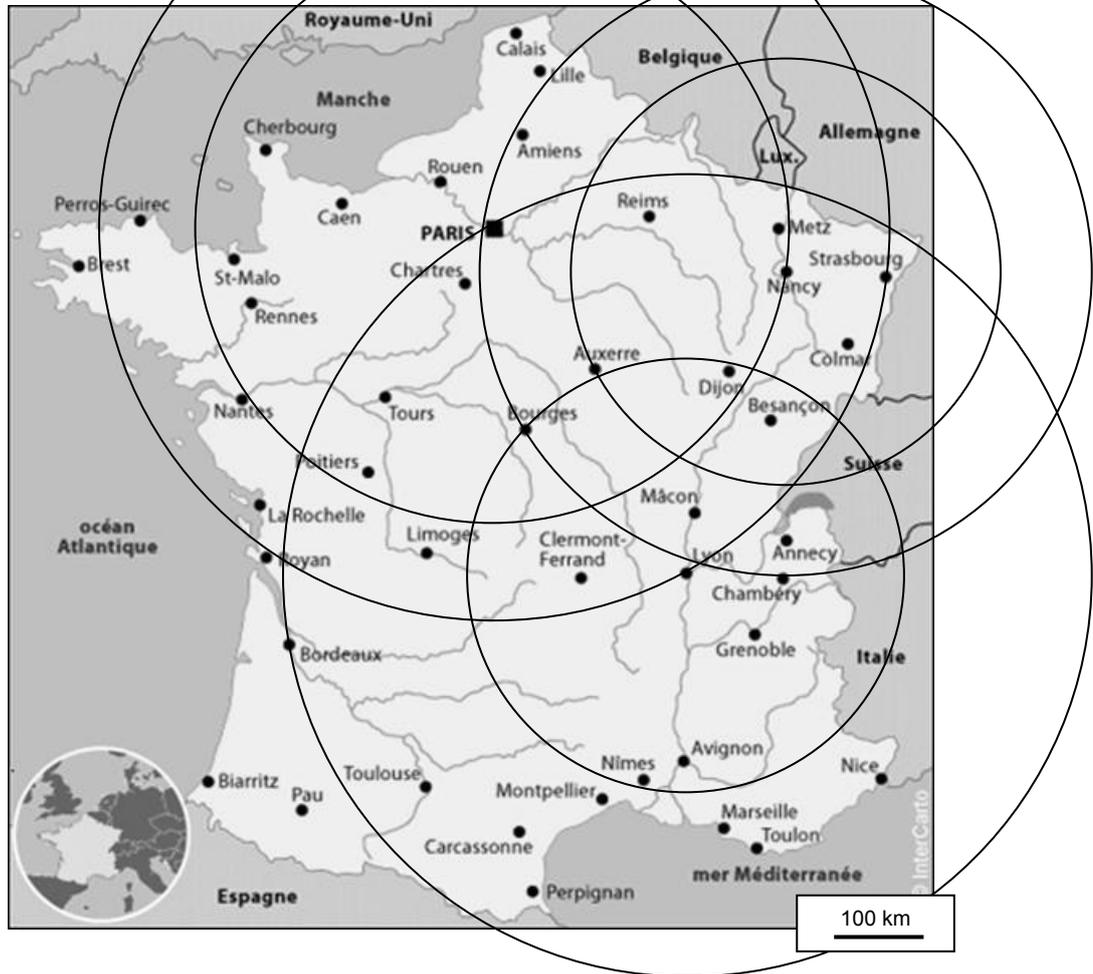
- Masse molaire du zinc : $M = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$
- Une mole d'électrons possède une charge électrique $q = 9,65 \times 10^4 \text{ C}$

Remarque :

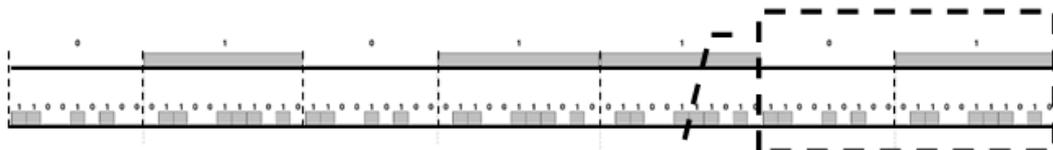
L'analyse des données, la démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

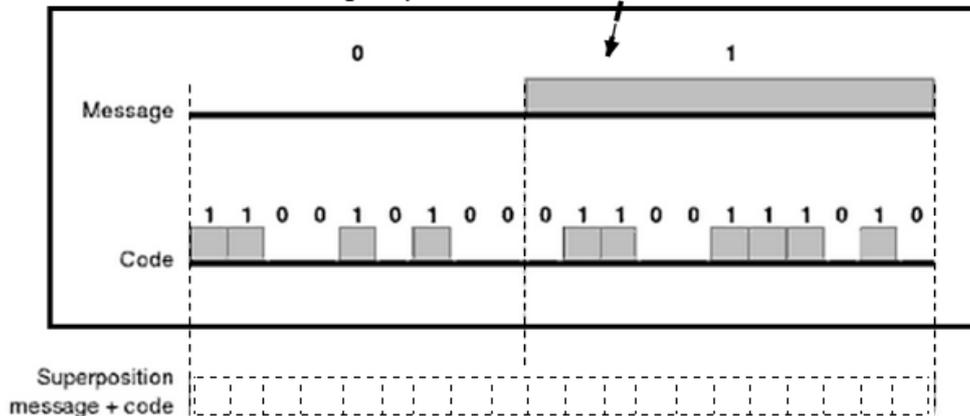
ANNEXE 1 DE L'EXERCICE II
Carte de France



ANNEXE 2 DE L'EXERCICE II
Message GPS et code C/A



Le cadre ci-dessous est le zoom du signal précédent.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11

**LA feuille d'annexe (page 11/11)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

EXERCICE I : COMPOSITION D'UN VIN (9 points)

La teneur maximale en dioxyde de soufre d'un vin est imposée par une réglementation européenne. Celle-ci précise également la notion d'acidité totale en lien avec la présence d'acide tartrique dans le vin.

Dans cet exercice, on s'intéresse à la détermination de ces deux grandeurs.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

Données :

- Masses molaires atomiques :

Élément	H	C	O	N	S
M (g/mol)	1,00	12,0	16,0	14,0	32,1

- Masse molaire de l'acide tartrique, noté H_2A : $M(H_2A) = 150 \text{ g.mol}^{-1}$
- Couples acide/base, valeurs de pKa :
 - Couples du dioxyde de soufre :
 $pK_a(SO_2, H_2O / HSO_3^-) = 1,9$; $pK_a(HSO_3^- / SO_3^{2-}) = 7,2$
 - Couples du dioxyde de carbone :
 $pK_a(CO_2, H_2O / HCO_3^-) = 6,4$; $pK_a(HCO_3^- / CO_3^{2-}) = 10,3$
 - Couples de l'acide tartrique noté H_2A :
 $pK_a(H_2A/HA^-) = 3,0$; $pK_a(HA^-/A^{2-}) = 4,4$
- En présence d'empois d'amidon, le diiode donne à une solution aqueuse une teinte violet foncé.
 Les ions iodure I^- , les ions sulfate SO_4^{2-} et le dioxyde de soufre en solution sont incolores.

1. Dosage du dioxyde de soufre dans un vin.

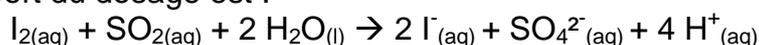
Un laboratoire départemental d'analyse doit déterminer la concentration de dioxyde de soufre $SO_{2(aq)}$ dans un vin blanc. Un technicien dose ce dernier à l'aide d'une solution de diiode aqueux $I_{2(aq)}$.

Pour cela, il introduit dans un erlenmeyer, un volume $V_1 = (20,00 \pm 0,05) \text{ mL}$ de vin blanc limpide très peu coloré en vert pâle, 4 mL d'acide sulfurique incolore et 1 mL d'empois d'amidon également incolore.

La solution titrante, de concentration en diiode $C_2 = (1,00 \pm 0,01) \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est ensuite ajoutée jusqu'à l'équivalence repérée par le changement de couleur du milieu réactionnel.

L'équivalence est obtenue après avoir versé un volume $V_E = (6,28 \pm 0,05) \text{ mL}$ de solution de diiode.

L'équation support du dosage est :



- 1.1. Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.
- 1.2. Déterminer la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre de ce vin et en déduire que sa concentration massique $C_{m\text{exp}}$ en dioxyde de soufre est égale à $0,201 \text{ g.L}^{-1}$.
- 1.3. Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta C_{m\text{exp}}}{C_{m\text{exp}}}$ dont on admet que, dans les conditions de l'expérience, elle satisfait à :
- $$\left(\frac{\Delta C_{m\text{exp}}}{C_{m\text{exp}}}\right)^2 = \left(\frac{\Delta V_E}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_2}{C_2}\right)^2 .$$
- En déduire un encadrement de la concentration massique $C_{m\text{exp}}$ obtenue par le technicien.
- 1.4. Cette concentration est-elle conforme à la réglementation européenne ? Justifier.

2. Acidité « totale » d'un vin et acide tartrique.

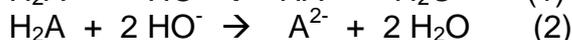
2.1. Molécule d'acide tartrique.

- 2.1.1. Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique, puis identifier dans cette formule les groupes fonctionnels présents.
- 2.1.2. Recopier la représentation de Cram de l'acide tartrique naturel puis, en justifiant, repérer le(s) carbone(s) asymétrique(s) présents s'ils existent.

2.2. Propriétés acido-basiques de l'acide tartrique.

On ajoute à une solution d'acide tartrique une solution d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ jusqu'à ce que le pH du mélange soit égal à 7.

- 2.2.1. Justifier, qu'à pH = 7, l'espèce chimique prédominante dans le mélange est la forme A^{2-} .
- 2.2.2. Choisir alors parmi les deux propositions suivantes l'équation de la réaction qui se produit dans ces conditions entre l'acide tartrique et les ions HO^- . Justifier.



2.3. Acidité totale d'un vin blanc.

Pour déterminer l'acidité totale d'un vin blanc d'appellation protégée, on introduit 20,0 mL de ce vin dans une fiole à vide et on procède au dégazage du vin. On doit alors ajouter un volume $V = 15,5 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ à cet échantillon pour obtenir un mélange de pH = 7.

- 2.3.1. Quel est l'intérêt du dégazage du vin ?
- 2.3.2. Calculer la quantité de matière n_{HO^-} d'ions HO^- correspondante puis la masse d'acide tartrique pouvant réagir avec cette quantité d'ions HO^- . En déduire « l'acidité totale » du vin étudié.

DOCUMENTS POUR L'EXERCICE I

Document 1 : Extrait de la réglementation sur le vin.

Réglementation européenne :

... « La concentration massique en dioxyde de soufre ne doit pas dépasser 210 mg.L⁻¹ dans un vin blanc »...

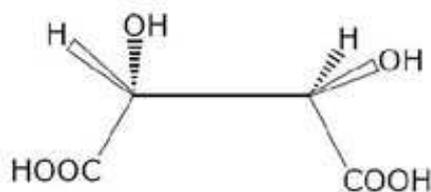
Document 2 : L'acide tartrique.

L'acide tartrique est l'acide majoritaire dans le vin. Parmi les acides faibles que peut contenir le vin, on trouve également deux gaz dissous dans l'eau dont la présence contribue à apporter de l'acidité au vin : le dioxyde de soufre et le dioxyde de carbone.

L'acide tartrique a joué un rôle important dans la découverte de la chiralité chimique. Louis Pasteur a poursuivi cette recherche en 1847 en étudiant la morphologie des cristaux de tartrate double de sodium et d'ammonium.

L'acide tartrique naturel est chiral, ce qui signifie qu'il est constitué de molécules dont l'image dans un miroir ne lui est pas superposable.

Représentation de Cram de la molécule d'acide tartrique naturel :



D'après le site www.societechimiquedefrance.fr

Document 3 : Acidité totale d'un vin.

L'acidité totale du vin se mesure en g/L équivalent d'acide tartrique. Sa détermination se fait en amenant le pH du vin à 7,0 par addition d'une solution d'hydroxyde de sodium Na⁺_(aq) + HO⁻_(aq) sur un échantillon de vin dont on a extrait le gaz carbonique. Le volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté permettrait de faire réagir une masse d'acide tartrique qui correspond à l'acidité totale du vin.

EXERCICE II : EFFET DOPPLER ET ASTROPHYSIQUE (6 points)

L'effet Doppler constitue un moyen d'investigation utilisé en astrophysique. Il permet de déterminer la vitesse des astres à partir de l'analyse spectrale de la lumière que ceux-ci émettent.

Cet exercice s'intéresse à deux applications distinctes, à savoir le modèle d'Univers en expansion et la détection d'une étoile double « spectroscopique ».

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

Donnée : $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$

1. Preuve de l'expansion de l'Univers

- 1.1. En utilisant le document 3, déterminer la longueur d'onde médiane du doublet de Ca^+ dans le spectre de la galaxie nommée : NGC 691.
Sachant que la longueur d'onde médiane λ_0 de ce doublet mesurée sur Terre pour une source au repos est de 5268 \AA , calculer le « redshift » z caractérisant le décalage vers le rouge de cette galaxie, défini dans le document 1.
- 1.2. Calculer la vitesse d'éloignement de la galaxie NGC 691 par rapport à la Terre.
- 1.3. À l'aide des documents 1 et 2, établir dans le cas non relativiste, la relation entre la vitesse d'éloignement V de la galaxie et sa distance d à la Terre, montrant que V est proportionnelle à d .
- 1.4. À partir des valeurs du nombre z données dans le document 2, montrer que l'expression utilisée pour calculer la vitesse d'éloignement des galaxies donnée dans le document 1 n'est pas applicable dans tous les cas.

2. Détection d'une étoile double « spectroscopique ».

On appelle « étoile double » un système stellaire composé de deux étoiles proches en orbite autour du même point (ce point étant le centre d'inertie G du système). Une étoile double « spectroscopique » est constituée de deux astres trop proches pour être séparés par un télescope optique et ne peut être détectée que par l'étude de son spectre à haute résolution. Le mouvement des deux étoiles provoque en effet un léger déplacement des raies d'absorption du spectre par effet Doppler.

Dans les questions suivantes, on suppose que les deux étoiles A et B décrivent des orbites circulaires de même rayon R , avec la même valeur de vitesse $V = V_A = V_B$. La période de rotation commune aux deux étoiles A et B est notée T : c'est la période de l'étoile double.

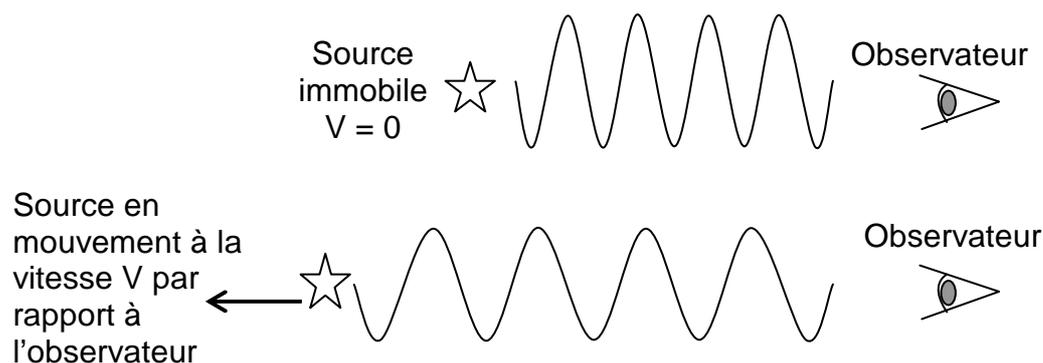
- 2.1. Expliquer pourquoi, dans la situation décrite sur le document 4, on a $\lambda_A > \lambda_B$.
- 2.2. Sachant que l'effet Doppler ne se manifeste pas lorsque le vecteur vitesse de la source est perpendiculaire à la direction de visée, compléter en justifiant le tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. Schématiser sans souci d'échelle le spectre correspondant à chaque configuration et montrer que l'évolution temporelle de ces spectres est périodique, de période $T/2$.
- 2.3. En utilisant les spectres du document 5 qui montrent l'évolution temporelle de la position de la raie $H\alpha$ dans le spectre de l'étoile double HD 80715, vérifier que la période T de celle-ci est voisine de 3,8 jours.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE II

Document 1 : Principe de l'effet Doppler.

On note λ_0 la longueur d'onde de référence de la raie étudiée dans le spectre (source immobile par rapport à l'observateur) et λ la longueur d'onde de la radiation émise par la source en mouvement.

Lorsqu'une étoile s'éloigne de la Terre, on observe un décalage vers les grandes longueurs d'onde appelé « redshift » et caractérisé par le nombre $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$.



La formule de Doppler donne la vitesse d'éloignement V de la source lumineuse par rapport à l'observateur terrestre dans le cas non relativiste :

$$V = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

c est la célérité de la lumière dans le vide ($c = 2,99792 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$).

Document 2 : Décalage vers le rouge.

En 1930, Edwin HUBBLE avait constaté expérimentalement que plus les galaxies étaient lointaines, plus leur spectre présentait un décalage vers le rouge important.

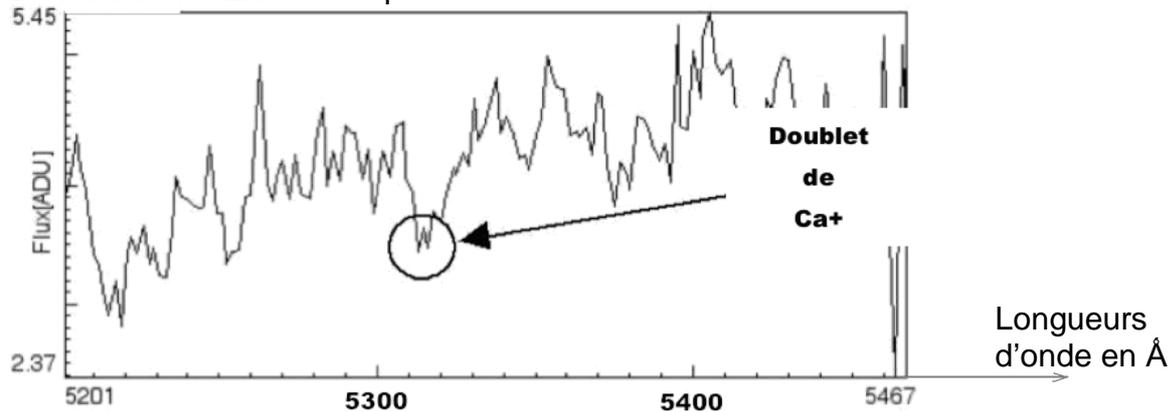
Le « décalage vers le rouge », qui sera appelé « redshift » apparaît, quand il est petit, comme proportionnel à la distance : $z = \frac{H_0 d}{c}$ où H_0 est une constante appelée

constante de Hubble.

Ce décalage est traditionnellement interprété comme dû à la vitesse d'éloignement des galaxies. Cette interprétation, si elle est vraie pour les « redshifts » petits est en fait fondamentalement erronée dans une perspective de relativité générale. Les « redshifts » observés vont d'une fraction de l'unité pour la plupart des galaxies, à 4 ou 5 pour les objets les plus lointains, quasars, ou certaines autres galaxies.

D'après « Cosmologie : Des fondements théoriques aux observations »
Francis Bernardeau (CNRS Editions – EDP sciences)

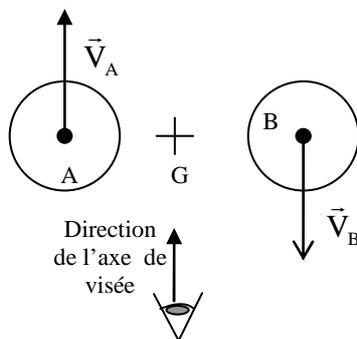
Document 3 : Extrait du spectre de NGC 691.



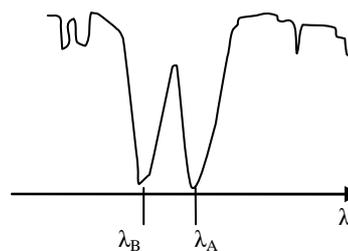
Source : observatoire de Haute Provence, logiciel libre SalsaJ.

Document 4 : Effet du mouvement des deux composantes d'une étoile double sur une raie d'absorption si l'axe reliant les deux étoiles est perpendiculaire à l'axe de visée.

a) Configuration :

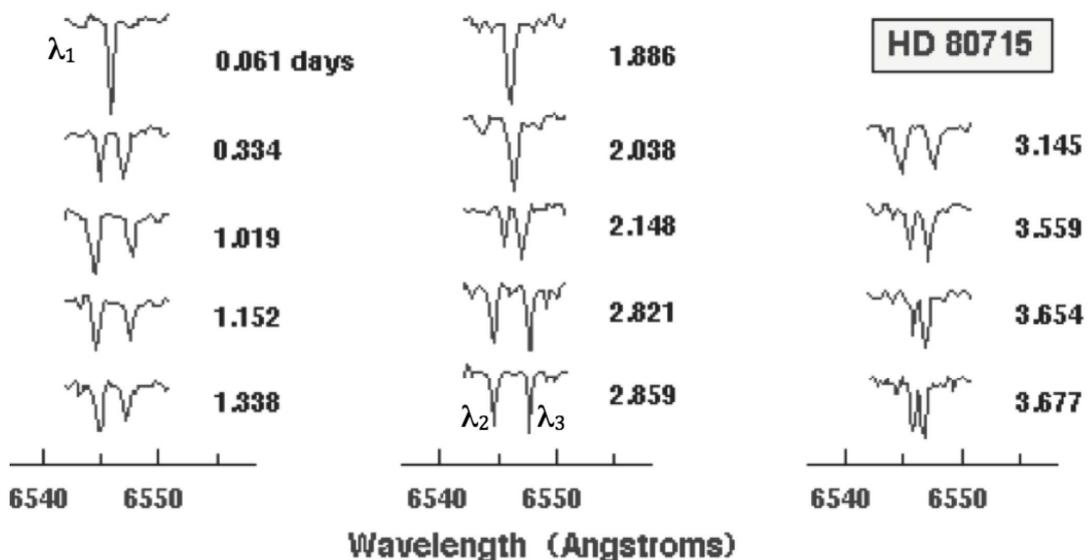


b) Spectre observé (extrait) :



On note : λ_A la longueur d'onde de la raie provenant du spectre de l'étoile A et λ_B la longueur d'onde de la raie provenant du spectre de l'étoile B.

Document 5 : Évolution temporelle de la position de la raie $H\alpha$ dans le spectre de l'étoile HD 80715.



Crédit : "Observatoire de Paris / U.F.E."

**EXERCICE III : TRANSMISSION D'INFORMATION PAR FIBRE OPTIQUE
(5 points)**

Les fibres optiques constituent un élément essentiel de la révolution des télécommunications : c'est par ce moyen que circule plus de 80 % des informations du trafic mondial longue distance.

Les documents nécessaires à la résolution sont regroupés en fin d'exercice.

1. Rappeler une propriété d'un faisceau laser en montrant que celle-ci justifie l'usage de ce type de rayonnement électromagnétique pour la transmission d'information par fibre optique.
2. En utilisant le document 3, choisir une valeur de longueur d'onde à privilégier pour une bonne transmission du signal.
3. Le débit disponible pour ce dispositif de transmission a une valeur moyenne de 100 Mbit.s^{-1} .
 - 3.1. Evaluer le temps de transfert d'un fichier de 50 Mo.
 - 3.2. On souhaite pouvoir recevoir un film vidéo noir et blanc de 25 images par seconde. Ces images sont constituées de 600×450 pixels, le codage de l'image est de 24 bits par pixel. La transmission peut-elle être assurée dans de bonnes conditions ?
4. Un prestataire de service installe un réseau dans une petite ville. Il utilise de la fibre optique en silice. La longueur maximale de fibre qu'il doit utiliser pour desservir tous ses clients a pour valeur $L = 10,0 \text{ km}$.
La longueur d'onde du rayonnement émis par le laser utilisé est égale à 850 nm. On admet que le signal de sortie est exploitable tant que sa puissance P_{sortie} est supérieure à 1% de la puissance $P_{\text{entrée}}$ du signal entrant.

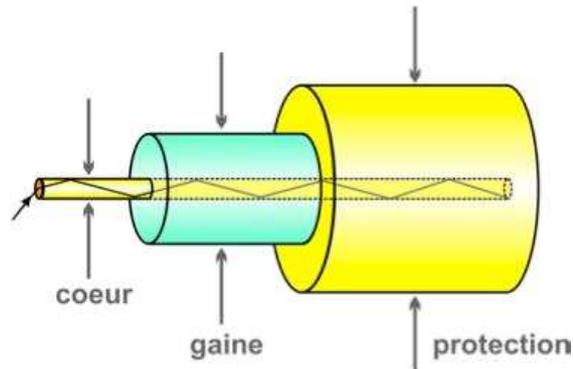
À l'aide des documents fournis, dire en justifiant si tous les clients bénéficient de signaux satisfaisants sans amplification optique intermédiaire.

DOCUMENTS POUR L'EXERCICE III

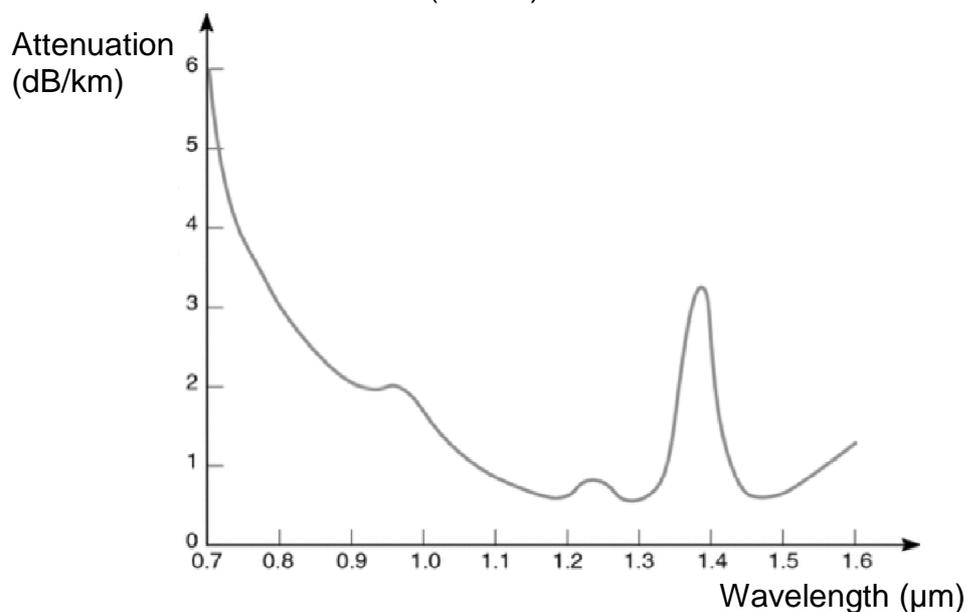
Document 1 : Quelques données :

- L'atténuation en décibel d'un signal de puissance P à travers une chaîne de transmission est : $A_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_{entrée}}{P_{sortie}} \right)$.
- Pour une fibre optique de longueur L , on définit le coefficient d'atténuation en dB/km par : $\alpha = \frac{A_{dB}}{L}$.
- 1 Tbit (téraoctet) = 10^{12} bits.
- 1 octet = 8 bits ; 1 Mo (mégaoctet) = 2^{20} octets.

Document 2 : Transmission de la lumière dans une fibre à saut d'indice.



Document 3 : Coefficient d'atténuation α (dB/km) des fibres en matériau silice.



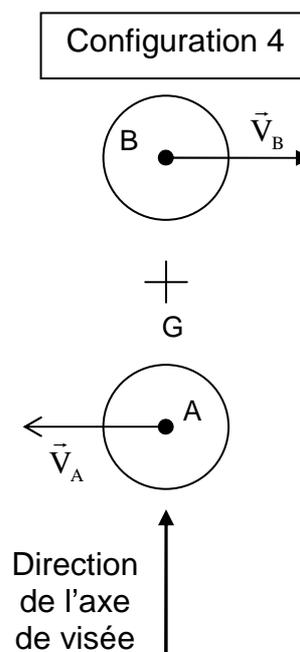
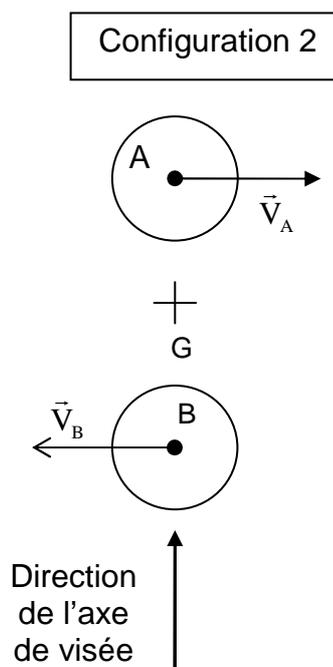
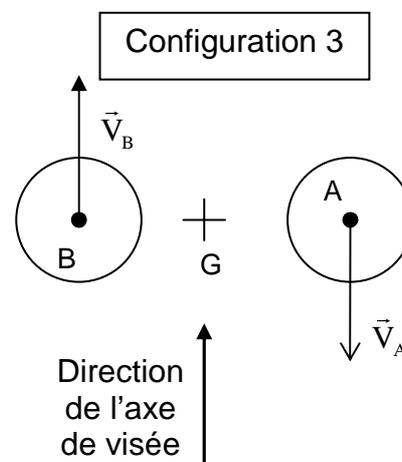
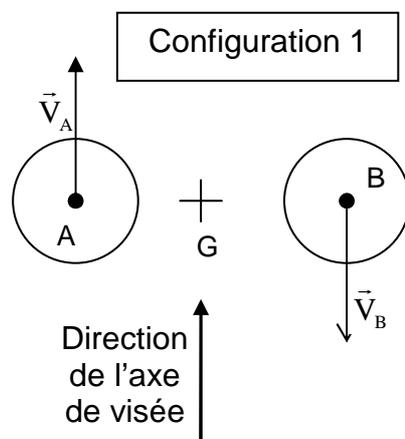
ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 2 : EFFET DOPPLER ET ASTROPHYSIQUE

Question 2.2.

Pour chaque proposition, indiquer la (les) configuration(s) correcte(s).

Relation entre λ_A et λ_B	$\lambda_A = \lambda_B$	$\lambda_A > \lambda_B$	$\lambda_A < \lambda_B$
Configuration(s)			



Sur ces schémas, l'observateur n'est pas représenté car il est à une très grande distance.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

**La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

EXERCICE I : COMPOSITION D'UN VIN (9 points)

La teneur maximale en dioxyde de soufre d'un vin est imposée par une réglementation européenne. Celle-ci précise également la notion d'acidité totale en lien avec la présence d'acide tartrique dans le vin.

Dans cet exercice, on s'intéresse à la détermination de ces deux grandeurs.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

Données :

- Masses molaires atomiques :

Élément	H	C	O	N	S
M (g/mol)	1,00	12,0	16,0	14,0	32,1

- Masse molaire de l'acide tartrique, noté H_2A : $M(H_2A) = 150 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Couples acide/base, valeurs de pKa :
 - Couples du dioxyde de soufre :
 $pK_a(SO_2, H_2O / HSO_3^-) = 1,9$; $pK_a(HSO_3^- / SO_3^{2-}) = 7,2$
 - Couples du dioxyde de carbone :
 $pK_a(CO_2, H_2O / HCO_3^-) = 6,4$; $pK_a(HCO_3^- / CO_3^{2-}) = 10,3$
 - Couples de l'acide tartrique noté H_2A :
 $pK_a(H_2A/HA^-) = 3,0$; $pK_a(HA^-/A^{2-}) = 4,4$
- En présence d'empois d'amidon, le diiode donne à une solution aqueuse une teinte violet foncé.
 Les ions iodure I^- , les ions sulfate SO_4^{2-} et le dioxyde de soufre en solution sont incolores.

1. Dosage du dioxyde de soufre dans un vin.

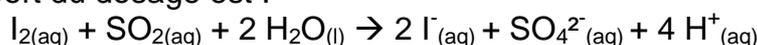
Un laboratoire départemental d'analyse doit déterminer la concentration de dioxyde de soufre $SO_{2(aq)}$ dans un vin blanc. Un technicien dose ce dernier à l'aide d'une solution de diiode aqueux $I_{2(aq)}$.

Pour cela, il introduit dans un erlenmeyer, un volume $V_1 = (20,00 \pm 0,05) \text{ mL}$ de vin blanc limpide très peu coloré en vert pâle, 4 mL d'acide sulfurique incolore et 1 mL d'empois d'amidon également incolore.

La solution titrante, de concentration en diiode $C_2 = (1,00 \pm 0,01) \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ est ensuite ajoutée jusqu'à l'équivalence repérée par le changement de couleur du milieu réactionnel.

L'équivalence est obtenue après avoir versé un volume $V_E = (6,28 \pm 0,05) \text{ mL}$ de solution de diiode.

L'équation support du dosage est :



1.1. Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.

1.2. Déterminer la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre de ce vin et en déduire que sa concentration massique $C_{m\text{exp}}$ en dioxyde de soufre est égale à $0,201 \text{ g.L}^{-1}$.

1.3. Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta C_{m\text{exp}}}{C_{m\text{exp}}}$ dont on admet que, dans les

conditions de l'expérience, elle satisfait à :
$$\left(\frac{\Delta C_{m\text{exp}}}{C_{m\text{exp}}}\right)^2 = \left(\frac{\Delta V_E}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_2}{C_2}\right)^2 .$$

En déduire un encadrement de la concentration massique $C_{m\text{exp}}$ obtenue par le technicien.

1.4. Cette concentration est-elle conforme à la réglementation européenne ? Justifier.

2. Acidité « totale » d'un vin et acide tartrique.

2.1. Molécule d'acide tartrique.

2.1.1. Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique, puis identifier dans cette formule les groupes fonctionnels présents.

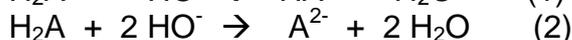
2.1.2. Recopier la représentation de Cram de l'acide tartrique naturel puis, en justifiant, repérer le(s) carbone(s) asymétrique(s) présents s'ils existent.

2.2. Propriétés acido-basiques de l'acide tartrique.

On ajoute à une solution d'acide tartrique une solution d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ jusqu'à ce que le pH du mélange soit égal à 7.

2.2.1. Justifier, qu'à pH = 7, l'espèce chimique prédominante dans le mélange est la forme A^{2-} .

2.2.2. Choisir alors parmi les deux propositions suivantes l'équation de la réaction qui se produit dans ces conditions entre l'acide tartrique et les ions HO^- . Justifier.



2.3. Acidité totale d'un vin blanc.

Pour déterminer l'acidité totale d'un vin blanc d'appellation protégée, on introduit 20,0 mL de ce vin dans une fiole à vide et on procède au dégazage du vin. On doit alors ajouter un volume $V = 15,5 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ à cet échantillon pour obtenir un mélange de pH = 7.

2.3.1. Quel est l'intérêt du dégazage du vin ?

2.3.2. Calculer la quantité de matière n_{HO^-} d'ions HO^- correspondante puis la masse d'acide tartrique pouvant réagir avec cette quantité d'ions HO^- . En déduire « l'acidité totale » du vin étudié.

DOCUMENTS POUR L'EXERCICE I

Document 1 : Extrait de la réglementation sur le vin.

Réglementation européenne :

... « La concentration massique en dioxyde de soufre ne doit pas dépasser 210 mg.L⁻¹ dans un vin blanc »...

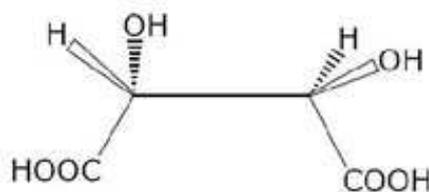
Document 2 : L'acide tartrique.

L'acide tartrique est l'acide majoritaire dans le vin. Parmi les acides faibles que peut contenir le vin, on trouve également deux gaz dissous dans l'eau dont la présence contribue à apporter de l'acidité au vin : le dioxyde de soufre et le dioxyde de carbone.

L'acide tartrique a joué un rôle important dans la découverte de la chiralité chimique. Louis Pasteur a poursuivi cette recherche en 1847 en étudiant la morphologie des cristaux de tartrate double de sodium et d'ammonium.

L'acide tartrique naturel est chiral, ce qui signifie qu'il est constitué de molécules dont l'image dans un miroir ne lui est pas superposable.

Représentation de Cram de la molécule d'acide tartrique naturel :



D'après le site www.societechimiquedefrance.fr

Document 3 : Acidité totale d'un vin.

L'acidité totale du vin se mesure en g/L équivalent d'acide tartrique. Sa détermination se fait en amenant le pH du vin à 7,0 par addition d'une solution d'hydroxyde de sodium Na⁺_(aq) + HO⁻_(aq) sur un échantillon de vin dont on a extrait le gaz carbonique. Le volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté permettrait de faire réagir une masse d'acide tartrique qui correspond à l'acidité totale du vin.

EXERCICE II : EFFET DOPPLER ET ASTROPHYSIQUE (6 points)

L'effet Doppler constitue un moyen d'investigation utilisé en astrophysique. Il permet de déterminer la vitesse des astres à partir de l'analyse spectrale de la lumière que ceux-ci émettent.

Cet exercice s'intéresse à deux applications distinctes, à savoir le modèle d'Univers en expansion et la détection d'une étoile double « spectroscopique ».

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

Donnée : $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$

1. Preuve de l'expansion de l'Univers

- 1.1. En utilisant le document 3, déterminer la longueur d'onde médiane du doublet de Ca^+ dans le spectre de la galaxie nommée : NGC 691.
Sachant que la longueur d'onde médiane λ_0 de ce doublet mesurée sur Terre pour une source au repos est de 5268 \AA , calculer le « redshift » z caractérisant le décalage vers le rouge de cette galaxie, défini dans le document 1.
- 1.2. Calculer la vitesse d'éloignement de la galaxie NGC 691 par rapport à la Terre.
- 1.3. À l'aide des documents 1 et 2, établir dans le cas non relativiste, la relation entre la vitesse d'éloignement V de la galaxie et sa distance d à la Terre, montrant que V est proportionnelle à d .
- 1.4. À partir des valeurs du nombre z données dans le document 2, montrer que l'expression utilisée pour calculer la vitesse d'éloignement des galaxies donnée dans le document 1 n'est pas applicable dans tous les cas.

2. Détection d'une étoile double « spectroscopique ».

On appelle « étoile double » un système stellaire composé de deux étoiles proches en orbite autour du même point (ce point étant le centre d'inertie G du système). Une étoile double « spectroscopique » est constituée de deux astres trop proches pour être séparés par un télescope optique et ne peut être détectée que par l'étude de son spectre à haute résolution. Le mouvement des deux étoiles provoque en effet un léger déplacement des raies d'absorption du spectre par effet Doppler.

Dans les questions suivantes, on suppose que les deux étoiles A et B décrivent des orbites circulaires de même rayon R , avec la même valeur de vitesse $V = V_A = V_B$. La période de rotation commune aux deux étoiles A et B est notée T : c'est la période de l'étoile double.

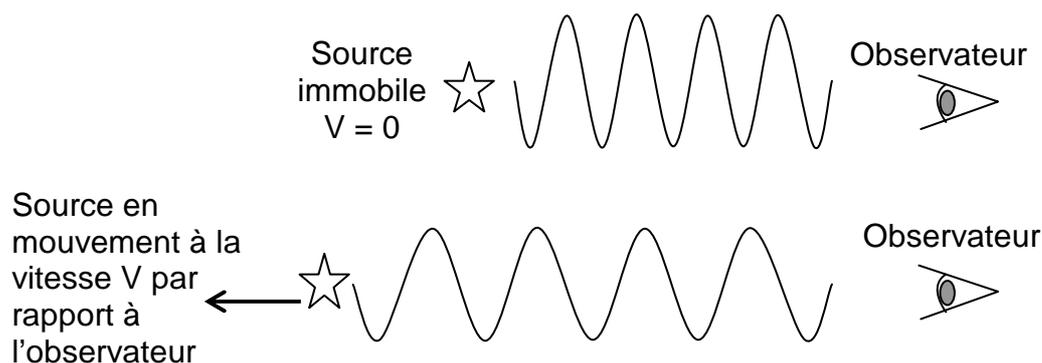
- 2.1. Expliquer pourquoi, dans la situation décrite sur le document 4, on a $\lambda_A > \lambda_B$.
- 2.2. Sachant que l'effet Doppler ne se manifeste pas lorsque le vecteur vitesse de la source est perpendiculaire à la direction de visée, compléter en justifiant le tableau de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. Schématiser sans souci d'échelle le spectre correspondant à chaque configuration et montrer que l'évolution temporelle de ces spectres est périodique, de période $T/2$.
- 2.3. En utilisant les spectres du document 5 qui montrent l'évolution temporelle de la position de la raie $H\alpha$ dans le spectre de l'étoile double HD 80715, vérifier que la période T de celle-ci est voisine de 3,8 jours.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE II

Document 1 : Principe de l'effet Doppler.

On note λ_0 la longueur d'onde de référence de la raie étudiée dans le spectre (source immobile par rapport à l'observateur) et λ la longueur d'onde de la radiation émise par la source en mouvement.

Lorsqu'une étoile s'éloigne de la Terre, on observe un décalage vers les grandes longueurs d'onde appelé « redshift » et caractérisé par le nombre $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$.



La formule de Doppler donne la vitesse d'éloignement V de la source lumineuse par rapport à l'observateur terrestre dans le cas non relativiste :

$$V = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

c est la célérité de la lumière dans le vide ($c = 2,99792 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$).

Document 2 : Décalage vers le rouge.

En 1930, Edwin HUBBLE avait constaté expérimentalement que plus les galaxies étaient lointaines, plus leur spectre présentait un décalage vers le rouge important.

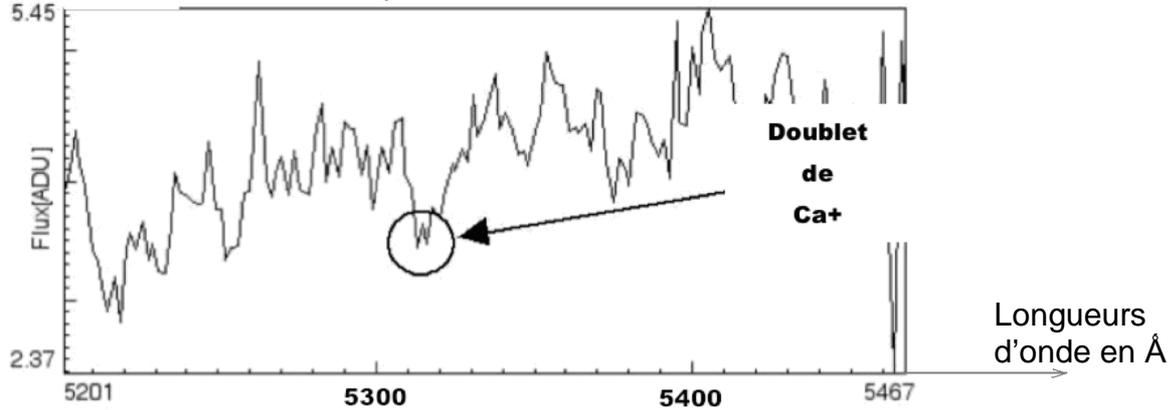
Le « décalage vers le rouge », qui sera appelé « redshift » apparaît, quand il est petit, comme proportionnel à la distance : $z = \frac{H_0 d}{c}$ où H_0 est une constante appelée

constante de Hubble.

Ce décalage est traditionnellement interprété comme dû à la vitesse d'éloignement des galaxies. Cette interprétation, si elle est vraie pour les « redshifts » petits est en fait fondamentalement erronée dans une perspective de relativité générale. Les « redshifts » observés vont d'une fraction de l'unité pour la plupart des galaxies, à 4 ou 5 pour les objets les plus lointains, quasars, ou certaines autres galaxies.

D'après « Cosmologie : Des fondements théoriques aux observations »
Francis Bernardeau (CNRS Editions – EDP sciences)

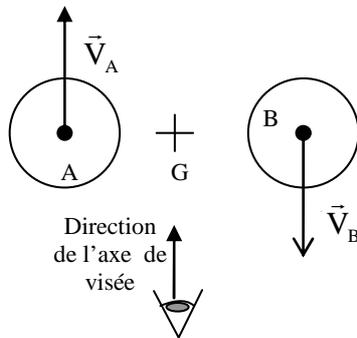
Document 3 : Extrait du spectre de NGC 691.



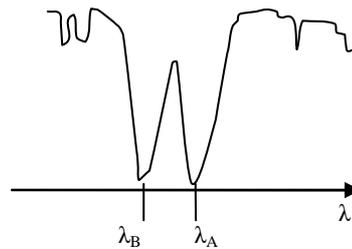
Source : observatoire de Haute Provence, logiciel libre SalsaJ.

Document 4 : Effet du mouvement des deux composantes d'une étoile double sur une raie d'absorption si l'axe reliant les deux étoiles est perpendiculaire à l'axe de visée.

a) Configuration :

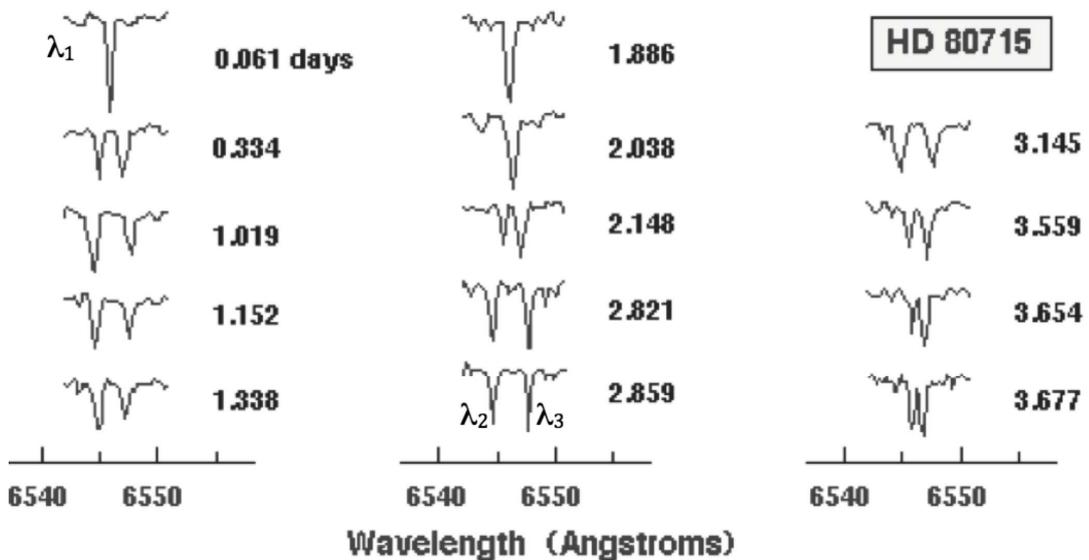


b) Spectre observé (extrait) :



On note : λ_A la longueur d'onde de la raie provenant du spectre de l'étoile A et λ_B la longueur d'onde de la raie provenant du spectre de l'étoile B.

Document 5 : Évolution temporelle de la position de la raie H α dans le spectre de l'étoile HD 80715.



Crédit : "Observatoire de Paris / U.F.E."

EXERCICE III : À PROPOS DE LA PROTECTION CONTRE LE BRUIT (5 points)

Dans cet exercice on cherche à évaluer le niveau sonore auquel peut être exposé un ouvrier sur un chantier de construction et on présente une technologie innovante de lutte contre le bruit.

Les documents nécessaires sont regroupés en fin d'exercice.

1. Technologie « ANR ».
 - 1.1. Nommer le phénomène ondulatoire utilisé par la technologie « ANR » pour réduire le bruit reçu.
 - 1.2. Expliquer théoriquement et à l'aide de schémas simples comment ce phénomène peut annuler la perception d'une onde progressive sinusoïdale.
2. On considère un bruit extérieur, reçu par une personne sur un chantier, caractérisé par une intensité sonore $I_1 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ W.m}^{-2}$ à la fréquence de 500 Hz.
 - 2.1. Calculer le niveau sonore L_1 du son reçu par cette personne (sans casque).
 - 2.2. En déduire le niveau sonore L_2 du son à travers un casque avec protection « NoiseMaster® », puis calculer l'intensité sonore I_2 correspondante.
3. Sur un chantier de travaux publics, un ouvrier (sans casque) est placé à une distance $R = 1,0 \text{ m}$ d'un engin émettant un bruit de fréquence moyenne 125 Hz avec une puissance sonore $P = 15 \text{ mW}$.
 - 3.1. Déterminer, en justifiant, si le bruit perçu par cet ouvrier présente un danger pour son système auditif.
 - 3.2. L'ouvrier met son casque avec protection « NoiseMaster® ». Quel est alors le niveau sonore ressenti ? Le danger persiste-t-il ?
 - 3.3. L'ouvrier retire son casque et s'éloigne pour se positionner à 10 m de l'engin. Cette opération est-elle plus efficace que celle décrite en 3.2. en termes de protection contre le bruit ?

DOCUMENTS POUR L'EXERCICE III

Document 1 : Quelques données.

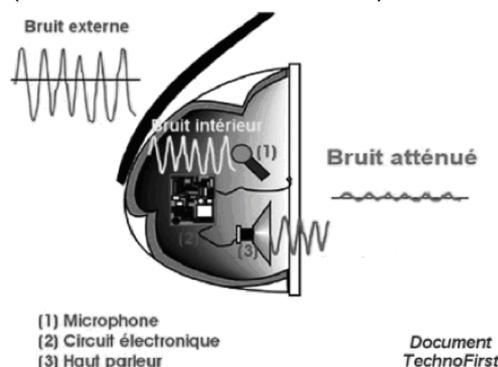
- Relation entre niveau sonore L (dB) et intensité sonore I (W.m^{-2}) : $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$, intensité sonore de référence.
- L'intensité sonore I à une distance R d'une source émettant dans toutes les directions est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation $I = \frac{P}{S}$ où S représente la surface de la sphère de rayon R ($S = 4\pi R^2$)

Document 2 : Echelle de niveaux sonores.

Niveau sonore (dB)	0	60	85	90	120
Effet sur l'auditeur	Limite d'audibilité	Bruit gênant	Seuil de risque	Seuil de danger	Seuil de douleur

Document 3 : Casque actif anti bruit.

La société TechnoFirst® a développé la gamme de casques NoiseMaster® équipés de la technologie ANR® (Active Noise Reduction®).



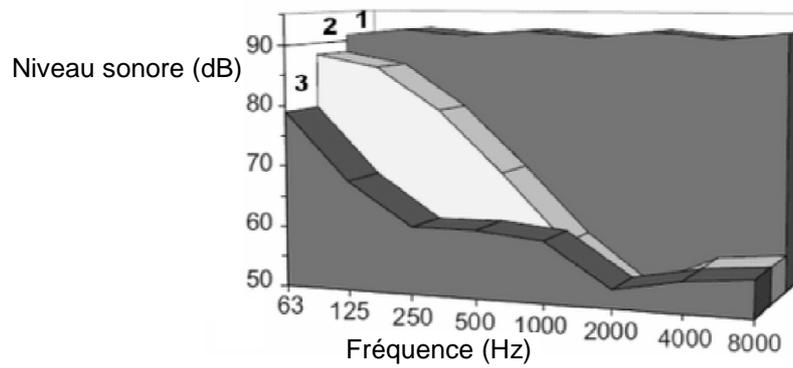
La technologie ANR® repose sur un système électronique miniaturisé (2) placé à l'intérieur de la coque du casque. Ce système est connecté d'une part à un petit microphone (1) qui capte le bruit ambiant et d'autre part à un petit haut parleur (3) qui génère le « contre bruit » à proximité de l'oreille de façon à atténuer considérablement le bruit qui arrive au tympan.

Ce casque nécessite l'utilisation de piles électriques.

Source : www.technofirst.com/

Document 4 : Les différents types de casques antibruit.

Il existe deux types de casques antibruit : les casques passifs et les casques actifs. Le graphe ci-dessous donne les atténuations des niveaux sonores apportées par ces deux types de casques. Pour un niveau sonore de bruit donné (courbe 1), la courbe 2 donne le niveau sonore après atténuation apportée par un casque passif et la courbe 3 celle apportée par un casque actif.



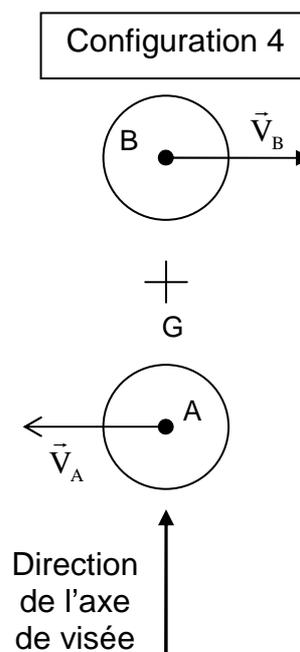
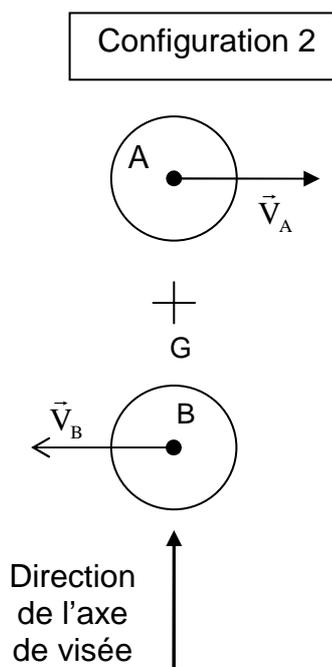
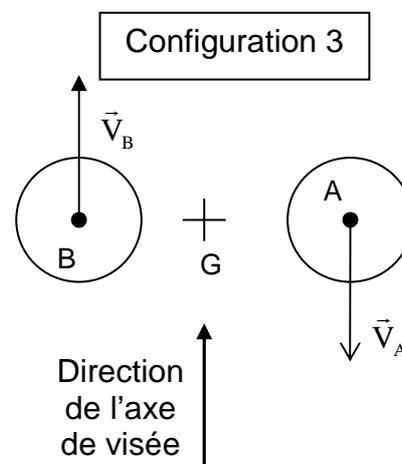
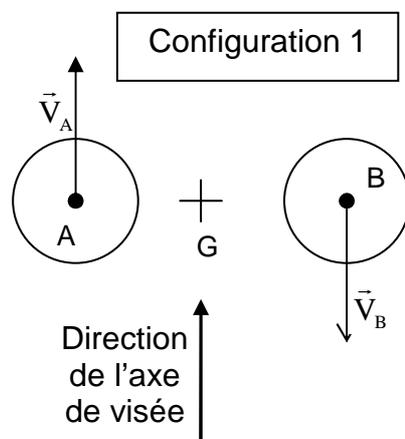
ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 2 : EFFET DOPPLER ET ASTROPHYSIQUE

Question 2.2.

Pour chaque proposition, indiquer la (les) configuration(s) correcte(s).

Relation entre λ_A et λ_B	$\lambda_A = \lambda_B$	$\lambda_A > \lambda_B$	$\lambda_A < \lambda_B$
Configuration(s)			



Sur ces schémas, l'observateur n'est pas représenté car il est à une très grande distance.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30

Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet comporte 3 exercices présentés
sur 16 pages numérotées de 1 à 16, y compris celle-ci.

L'annexe (page 16) est à rendre avec la copie.

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

Exercice I – Protons énergétiques (5,5 points)

Exercice II – Molécule d'ibuprofène (9,5 points)

Exercice III – Pendule simple (5 points)

Exercice I – Protons énergétiques (5,5 points)

Des protons énergétiques sont des protons animés d'une grande vitesse.

Le but de cet exercice est d'exploiter des documents relatifs à deux exemples de l'action de protons énergétiques sur la matière : le rayonnement cosmique et la protonthérapie.

Données :

Charge électrique du proton :	$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.
Masse du proton :	$m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$.
Mégaélectron-volt :	$1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J}$.
Vitesse de la lumière dans le vide :	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
Constante de Planck :	$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

1. Le proton

Document 1

Les interactions dans le noyau

Dans un noyau atomique, trois interactions fondamentales sont mises en jeu entre les nucléons (protons et neutrons) : l'interaction gravitationnelle, l'interaction électrique et l'interaction nucléaire forte.

L'interaction gravitationnelle est attractive ; dans un noyau, elle est nettement plus faible que l'interaction électrique répulsive entre protons. C'est l'interaction nucléaire forte qui assure la cohésion du noyau atomique.

Document 2

Les quarks constitutifs du proton

Le proton est composé de trois particules : deux quarks up et un quark down. Les quarks sont des particules élémentaires qui portent une fraction de la charge électrique du proton. La charge d'un quark down est $-\frac{e}{3}$.

- 1.1. L'interaction forte est-elle attractive ou répulsive ? Est-elle plus ou moins intense que l'interaction électrique ? Justifier vos réponses à l'aide du document 1.
- 1.2. Déterminer la charge électrique d'un quark up en l'exprimant sous la forme d'une fraction de la charge e du proton.

Document 3

Rayonnement cosmique

La Terre est arrosée constamment par une pluie de particules, nommée rayonnement cosmique. Ce phénomène est le résultat de l'arrivée de particules énergétiques (provenant du Soleil, de la galaxie et plus globalement de tout l'Univers) dans la haute atmosphère terrestre. Ces particules, principalement des protons (87 %) entrent en collision avec les noyaux des molécules de l'atmosphère. Les produits de ces collisions primaires heurtent à leur tour d'autres noyaux produisant ainsi une gerbe de particules secondaires. Certaines parviennent jusqu'au sol, d'autres sont absorbées par l'atmosphère, et d'autres encore induisent de nouvelles réactions qui donneront naissance à des particules tertiaires, etc...

Une seule particule cosmique très énergétique peut générer une gerbe contenant plusieurs milliards de particules (voir **figure 1**). Plusieurs types de particules atteignent le sol. Parmi ces particules on trouve les muons.

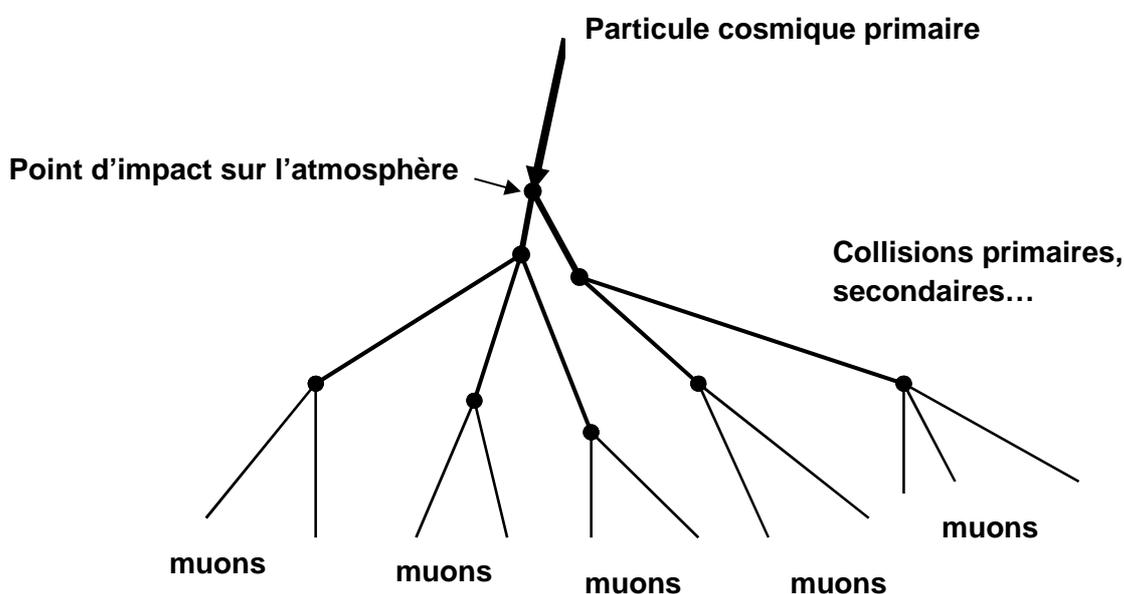


Figure 1 : Représentation simplifiée des gerbes issues de rayonnements cosmiques

Document 4

Rayons cosmiques relativistes

On peut appliquer avec une bonne approximation les lois de la mécanique classique, à toute particule animée d'une vitesse inférieure à 10 % de la célérité de la lumière dans le vide, et utiliser l'expression de l'énergie cinétique $E_c = \frac{mv^2}{2}$. Lorsqu'on est dans cette situation, la particule est dite « classique ». Dans le cas contraire, la particule est dite « relativiste ». Par exemple, les protons les plus énergétiques des rayons cosmiques sont relativistes. Ils sont d'origine extrasolaire et leur énergie cinétique est typiquement comprise en 100 MeV et 10 GeV.

- 2.1. Calculer, en joule puis en mégaélectron-volt, l'énergie cinétique d'un proton animé d'une vitesse égale à 10 % de la célérité c de la lumière dans le vide.
- 2.2. Justifier par un argument quantitatif la phrase du document 4 : « ...les protons les plus énergétiques des rayons cosmiques sont relativistes. »
- 2.3. D'après la théorie de la dualité onde-corpuscule, que l'on doit au scientifique Louis de Broglie, on associe une onde électromagnétique au proton.
 - 2.3.1. Calculer la valeur de la quantité de mouvement p d'un proton dont la vitesse vaut 10 % de c .
 - 2.3.2. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ associée.

3. Les muons

Document 5

La détection des muons au niveau du sol terrestre

Les muons sont des particules élémentaires voisines de l'électron mais beaucoup plus massives. Ceux qui sont observés au niveau du sol sont créés dans la haute atmosphère à 20 km d'altitude, lors de la collision de protons (appartenant au rayonnement cosmique) avec les noyaux des atomes de l'atmosphère (voir **figure 1**). Ils voyagent à une vitesse de valeur très élevée ($v = 0,9997c$). Pour un observateur terrestre, 67 μs sont nécessaires aux muons pour traverser l'atmosphère et atteindre le sol. Or, les muons sont très instables et diverses expériences ont montré que leur durée de vie propre n'est que $\Delta t_0 = 2,2 \mu\text{s}$. Cette durée de vie est donc a priori insuffisante pour leur permettre d'atteindre la surface de la Terre.

Pourtant des muons sont effectivement détectés au niveau du sol. Cette apparente contradiction s'explique par la dilatation des durées dans le cadre de la théorie de la relativité restreinte. En effet, la durée de vie des muons Δt mesurée sur Terre et la durée de vie propre des muons Δt_0 qui se déplacent par rapport à la Terre ont des valeurs différentes. Ces deux durées sont liées par la relation de dilatation des durées $\Delta t = \gamma \Delta t_0$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \text{ avec } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

- 3.1. Expliquer pourquoi les muons sont des particules relativistes.
- 3.2. Expliquer par un raisonnement quantitatif pourquoi des muons issus des rayons cosmiques peuvent être observés au niveau du sol terrestre.

Les différentes radiothérapies

La radiothérapie (thérapie par rayonnement) est un moyen de traitement du cancer dans lequel les cellules cancéreuses sont détruites par un rayonnement. Si ce rayonnement est électromagnétique (rayons X ou rayons gamma), on parle de photonothérapie. S'il s'agit d'un faisceau de protons, on parle de protonthérapie. Lorsqu'un rayonnement (photon X ou gamma, proton...) pénètre dans un tissu, il interagit avec celui-ci en lui cédant tout au long de son trajet une part de son énergie, on parle d'énergie déposée. Dans l'exemple du traitement d'une tumeur dans un organisme, le graphique de la **figure 2** représente la manière dont évolue l'énergie déposée en fonction de la profondeur de pénétration, d'une part pour un faisceau de photons X ou gamma, et d'autre part pour un faisceau de protons de 150 MeV.

Le faisceau de photons est fortement absorbé dès son entrée dans l'organisme et continue de céder progressivement son énergie tout au long de son parcours. Au contraire, les protons déposent relativement peu d'énergie au début de leur parcours dans l'organisme. L'énergie libérée augmente progressivement au fur et à mesure que leur vitesse diminue. C'est au moment de leur arrêt que l'énergie libérée est maximale. Il apparaît alors un pic de dose (le pic de Bragg), au-delà duquel la dose chute brutalement à zéro.

Tout l'art de la radiothérapie consiste à administrer une dose suffisante pour détruire sans exception toutes les cellules cancéreuses. En revanche cette dose doit endommager le moins possible les cellules saines.

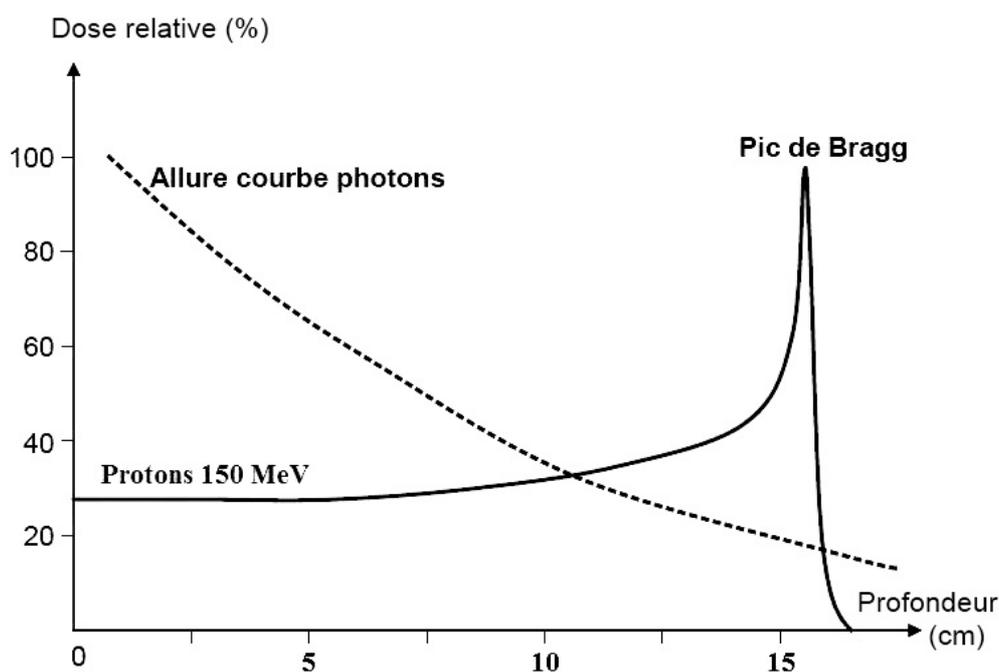


Figure 2 : Énergie déposée dans un tissu en fonction de la profondeur de pénétration du faisceau.

La dose relative est l'énergie déposée par unité de masse de matière, exprimée en pourcentage par rapport au maximum d'énergie qui peut être déposée.

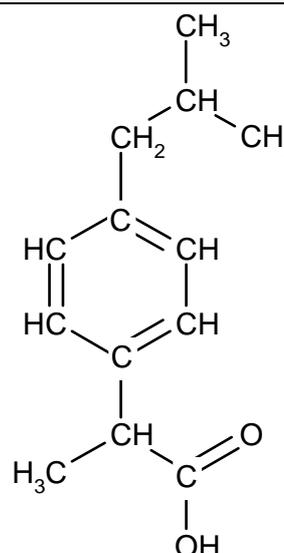
- 4.1. Pour l'exemple de la **figure 2**, déterminer à quelle profondeur doit se trouver la tumeur traitée pour que la protonthérapie soit la plus efficace. Justifier votre réponse.
- 4.2. Lequel des deux traitements respecte le mieux « l'art de la radiothérapie » ? Deux arguments sont attendus.

Exercice II – Molécule d'ibuprofène (9,5 points)

L'ibuprofène est une molécule de formule brute $C_{13}H_{18}O_2$. Son nom en nomenclature officielle est acide 2-(4-isobutylphényl)propanoïque.

De par ses propriétés anti-inflammatoire, antalgique et antipyrétique, elle constitue le principe actif de divers médicaments.

Cet exercice comporte trois parties indépendantes conduisant à étudier la structure de la molécule d'ibuprofène, sa synthèse dans le cadre de la chimie verte et le dosage d'un médicament.

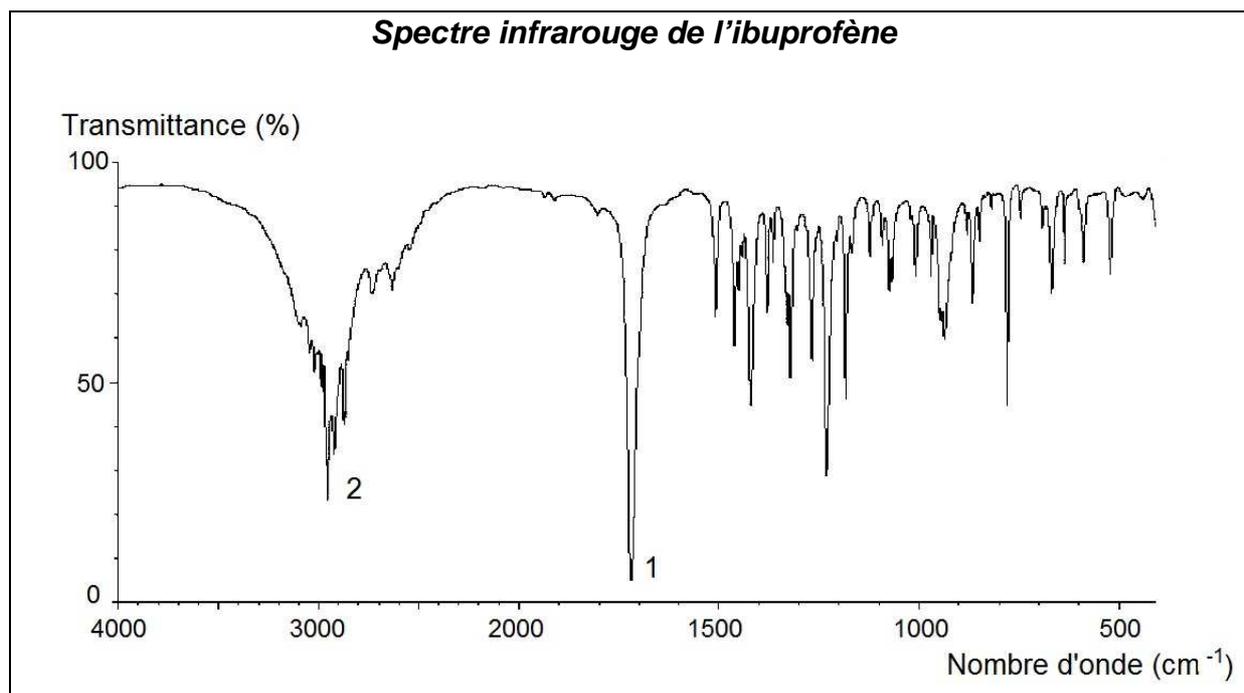


Formule semi-développée de l'ibuprofène

Partie 1 : La molécule d'ibuprofène

- 1.1. Sur la formule semi-développée de l'ibuprofène de la **figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie**, entourer le groupe caractéristique associé à la fonction acide carboxylique.
- 1.2. La molécule d'ibuprofène est chirale.
 - 1.2.1. Expliquer la cause de cette chiralité en la nommant et en la repérant sur la **figure 2 de l'annexe**.
 - 1.2.2. Cette chiralité entraîne l'existence de deux énantiomères de l'ibuprofène. Comment reconnaître si des molécules sont énantiomères ? Aucun schéma n'est attendu.
 - 1.2.3. Sur la **figure 3 de l'annexe**, la représentation de Cram de l'un des deux énantiomères de l'ibuprofène est fournie, mais elle est inachevée. Compléter cette représentation et schématiser le deuxième énantiomère.
- 1.3. Diverses techniques d'analyse ont permis de connaître la structure de la molécule d'ibuprofène. Les spectroscopies IR (infrarouge) et RMN (résonance magnétique nucléaire) en sont deux exemples.

Document 1



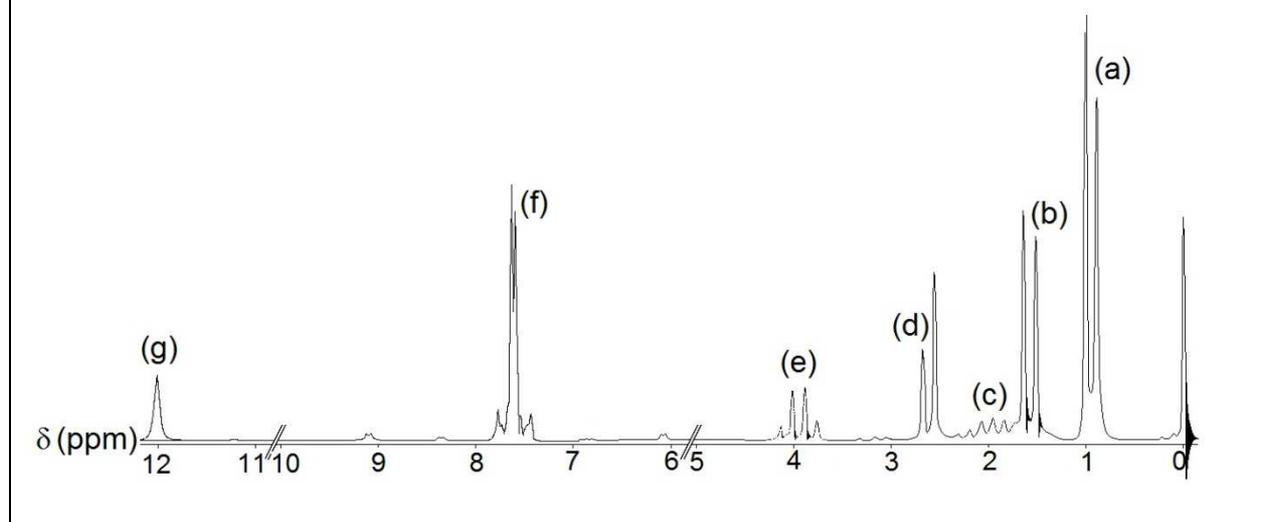
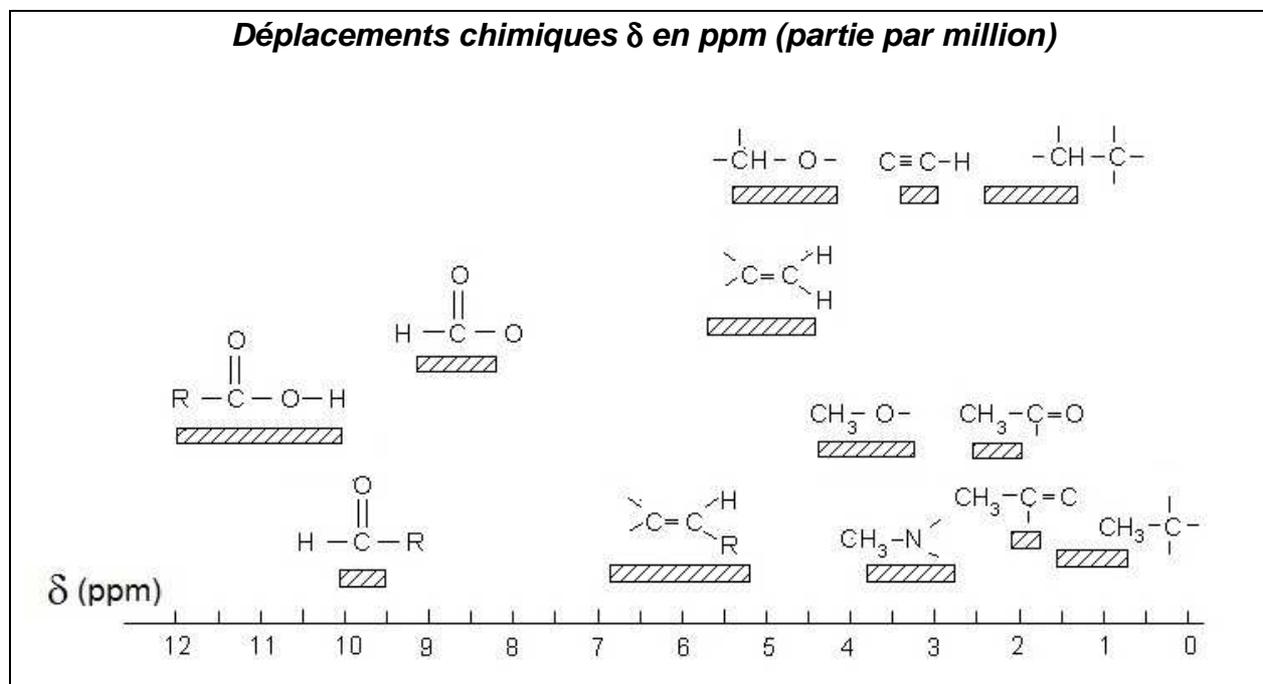
Document 2

Bandes d'absorption IR de quelques types de liaisons chimiques

Type de liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Largeur de la bande	Intensité d'absorption
O-H sans liaison hydrogène	3580 - 3650	fine	forte
O-H avec liaison hydrogène	3200 - 3300	large	forte
O-H d'un acide carboxylique	2500 - 3200	large	variable
C-H des groupes CH ₂ , CH ₃ , CH dans les alcanes, les alcènes et les cycles aromatiques	2900 - 3100	variable (bandes multiples)	variable
C=C dans un cycle aromatique	1500 - 1600	fine	moyenne
C=O d'un acide carboxylique	1700 - 1725	fine	forte

Spectre RMN de l'ibuprofène

L'aire du doublet (a) est environ six fois supérieure à celle du singulet (g), c'est-à-dire que le saut de la courbe d'intégration est six fois plus grand pour (a) que pour (g).

**Document 4****Déplacements chimiques δ en ppm (partie par million)**

- 1.3.1. Donner l'origine des bandes d'absorption 1 et 2 du spectre infrarouge IR (document 1) en exploitant les données du document 2.
- 1.3.2. Sur la formule semi-développée de l'ibuprofène de la **figure 4 de l'annexe**, entourer la ou les atomes d'hydrogène associés au signal (g) du spectre RMN. Justifier votre réponse à l'aide du document 4.
- 1.3.3. Le signal (g) est un signal singulet. Expliquer pourquoi.
- 1.3.4. Sur la formule semi-développée de l'ibuprofène de la **figure 5 de l'annexe**, entourer la ou les atomes d'hydrogène associés au signal (a) du spectre RMN. Justifier votre réponse.
- 1.3.5. Le signal (a) est un doublet. Justifier cette multiplicité.

Partie 2 : Synthèse de l'ibuprofène

Les procédés BHC et Boots sont deux méthodes de fabrication de l'ibuprofène. Le but de cette partie est de comparer ces deux techniques dans le cadre de la chimie verte.

Document 5

La chimie verte

La chimie verte s'inscrit dans une logique de développement durable et de recherche permanente de sécurité optimale. Pour cela les processus mis en jeu doivent éliminer ou au moins réduire l'utilisation de substances nocives pour l'homme et l'environnement. Les synthèses chimiques doivent privilégier des méthodes produisant le minimum de substances dérivées inutiles, surtout si elles sont polluantes.

Classiquement, pour évaluer l'efficacité d'une synthèse chimique, on détermine son rendement sans se préoccuper des quantités de sous-produits formés. Dans le cadre de la chimie verte, pour prendre en compte la minimisation des quantités de déchets, on définit un indicateur appelé « utilisation atomique » (UA). L'utilisation atomique UA est définie comme le rapport de la masse molaire du produit souhaité, sur la somme des masses molaires de tous les produits :

$$UA = \frac{M(\text{produit souhaité})}{\sum_i M_i(\text{produit})}$$

La conservation de la masse conduit à une deuxième expression de cet indicateur :

$$UA = \frac{M(\text{produit souhaité})}{\sum_j M_j(\text{réactif})}$$

Plus cet indicateur UA est proche de 1, plus le procédé est économe en termes d'utilisation des atomes et moins la synthèse génère de déchets.

Exemple : on synthétise le produit *P* par réaction entre *R* et *S*. Au cours de la transformation, il se forme aussi les espèces *Y* et *Z* selon l'équation de la réaction :



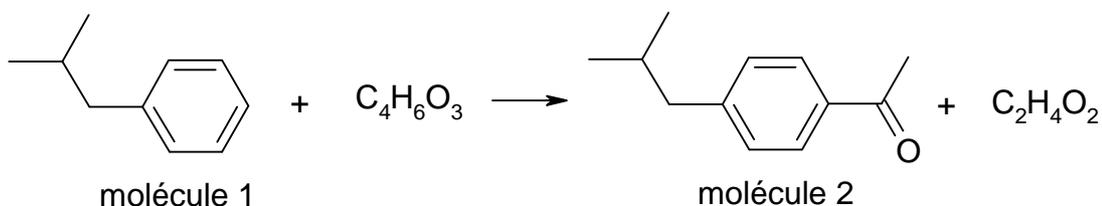
où *r*, *s*, *y* et *z* sont les nombres stœchiométriques.

L'utilisation atomique s'exprime par :

$$UA = \frac{M(P)}{M(P) + yM(Y) + zM(Z)} \quad \text{ou} \quad UA = \frac{M(P)}{rM(R) + sM(S)}$$

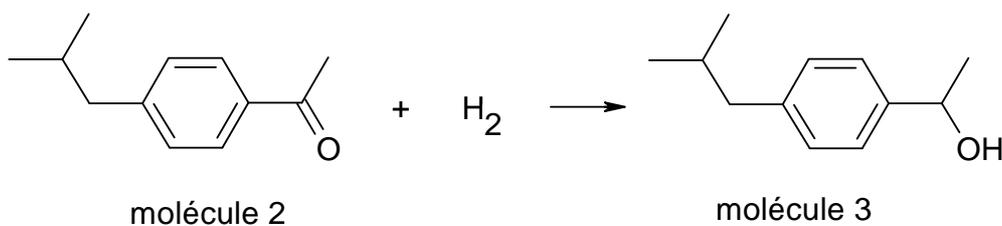
2.1. Le procédé BHC, dont l'utilisation atomique est de 77 %, met en jeu trois étapes faisant appel à des transformations catalysées :

Étape 1

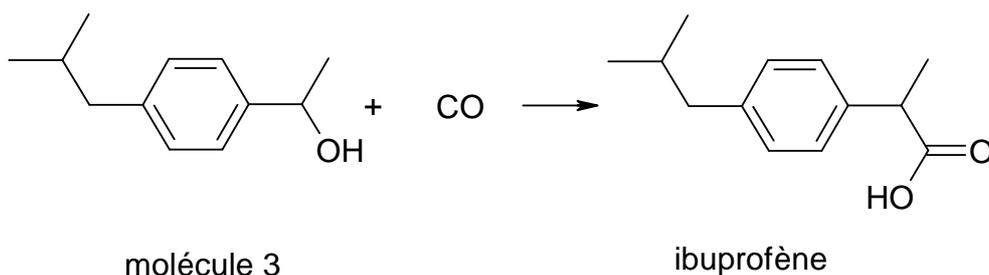


La formule brute de la molécule 2 est C₁₂H₁₆O.

Étape 2



Étape 3

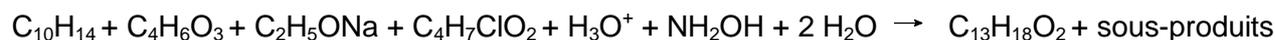


2.1.1. Déterminer la formule brute de la molécule 1.

2.1.2. La réaction de l'étape 2 est-elle une substitution, une addition ou une élimination ? Justifier votre réponse.

2.1.3. L'électronégativité du carbone est inférieure à celle de l'oxygène. Le carbone de la liaison C=O de la molécule 2 est-il un site donneur ou accepteur de doublet d'électrons ? Expliquer.

2.2. Calculer la valeur de l'utilisation atomique du procédé Boots mettant en jeu six étapes dont le bilan global est traduit par l'équation de réaction suivante :



Données : Masses molaires M

Espèce	H ₂ O	H ₃ O ⁺	NH ₂ OH	C ₂ H ₅ ONa
M(g.mol ⁻¹)	18,0	19,0	33,0	68,0

Espèce	C ₄ H ₆ O ₃	C ₄ H ₇ ClO ₂	C ₁₀ H ₁₄	C ₁₃ H ₁₈ O ₂
M(g.mol ⁻¹)	102,0	122,5	134,0	206,0

2.3. Indiquer, en justifiant votre réponse, quel est le procédé de synthèse de l'ibuprofène répondant le mieux à la minimisation des déchets recherchée dans le cadre de la chimie verte.

Partie 3 : Dosage de l'ibuprofène dans un médicament

L'étiquette d'un médicament classé dans la catégorie pharmaco-thérapeutique « anti-inflammatoire non stéroïdien » fournit les informations suivantes :

Composition

Ibuprofène.....400 mg

Excipients : amidon de maïs, silice colloïdale anhydre, amidon prégélatinisé, acide stéarique.

Forme pharmaceutique

Comprimé enrobé (boîte de 30)

Pour vérifier, la quantité d'ibuprofène contenu dans un comprimé, on procède à un titrage acido-basique selon le protocole suivant :

Étape 1. Préparation de la solution aqueuse d'ibuprofène

On broie le comprimé contenant l'ibuprofène dans 20 mL d'éthanol. On filtre le mélange obtenu. Le filtrat, contenant l'ibuprofène, est ensuite dilué dans de l'eau afin d'obtenir $V_S = 100$ mL de solution S. On admettra que cette solution S d'ibuprofène a le même comportement qu'une solution aqueuse.

Étape 2. Titrage acido-basique

La totalité du volume V_S de solution S est dosé à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $c_B = 1,50 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. L'indicateur coloré de fin de réaction est la phénolphtaléine.

L'équivalence est détectée pour 12,8 mL de solution d'hydroxyde de sodium.

Données :

Phénolphtaléine : incolore pour $\text{pH} < 8,2$; zone de virage pour pH compris entre 8,2 et 10 ; rose pour $\text{pH} > 10$.

Substance	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'éthanol
ibuprofène noté RCOOH	très faible	importante
base conjuguée notée RCOO^-	importante	
excipients	pratiquement nulle	pratiquement nulle
éthanol	forte	

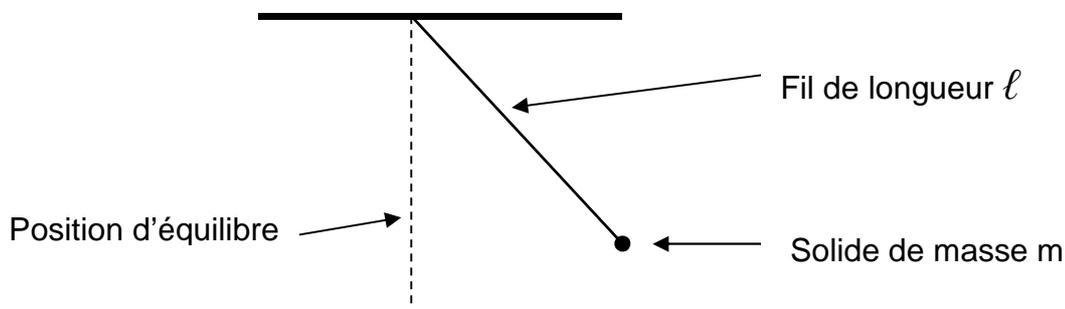
Écart relatif entre une valeur expérimentale G_{exp} et une valeur attendue G_a d'une

grandeur quelconque G :
$$\left| \frac{G_{\text{exp}} - G_a}{G_a} \right|$$

- 3.1. Justifier l'usage de l'éthanol dans le protocole.
- 3.2. Écrire l'équation de la réaction support de dosage.
- 3.3. Comment repère-t-on expérimentalement l'équivalence lors du titrage ?
- 3.4. Déterminer la valeur de la masse d'ibuprofène dans un comprimé, déterminée par ce dosage.
- 3.5. Calculer l'écart relatif entre la masse mesurée et la masse annoncée par l'étiquette.

Exercice III – Pendule simple (5 points)

Un pendule simple est constitué d'un solide de masse m de petite taille suspendu à un fil de masse négligeable et de longueur ℓ très supérieure à la taille du solide.



Écarté de sa position d'équilibre un pendule simple oscille périodiquement après avoir été lâché. La période des oscillations s'exprime par la relation : $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

Données :

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

Une coudée vaut 0,57 m.

1. Les pendules de Galilée**Document 1****Discours concernant deux sciences nouvelles – Galilée (1638)**

J'ai pris deux boules, l'une en plomb et l'autre en 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 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 ; même si les arcs décrits par le liège n'ont plus que cinq ou six degrés, contre cinquante ou soixante pour le plomb, ils sont traversés en des temps égaux.

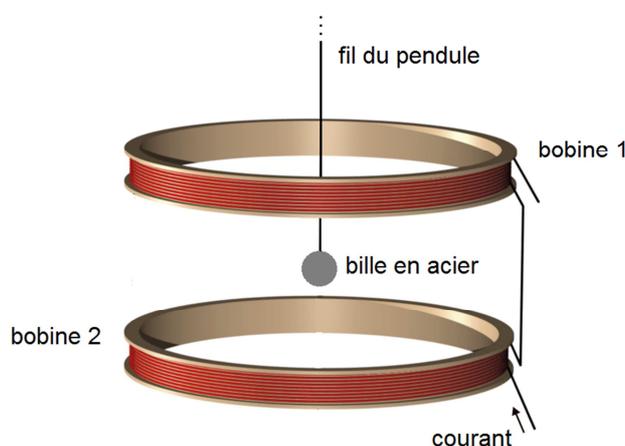
1.1. Citer deux expressions employées dans le texte pour désigner une oscillation.

1.2. Comment Galilée désigne-t-il la position d'équilibre du pendule ?

- 1.3. Répondre aux trois questions suivantes en justifiant à partir du document 1.
- 1.3.1. La masse m de la boule suspendue a-t-elle une influence sur la période du pendule ?
- 1.3.2. Le pendule en plomb est-il plus, moins ou autant sensible aux frottements que le pendule en liège ?
- 1.3.3. La période des oscillations dépend-elle des frottements ?
- 1.4. Pourquoi peut-on admettre que les pendules décrits dans le texte sont assimilables à des pendules simples ?
- 1.5. Calculer la valeur de la période des pendules de Galilée.

2. Un pendule dans un champ magnétique

Pour vérifier l'influence de l'intensité de la pesanteur sur la période d'un pendule simple, il est difficile d'envisager de se déplacer sur une autre planète. En revanche, il est relativement simple de placer un pendule, constitué d'un fil et d'une bille en acier, à l'intérieur d'un dispositif créant un champ magnétique uniforme dans une zone suffisamment large pour englober la totalité de la trajectoire de la bille du pendule pendant ses oscillations. Ce dispositif peut être constitué par des bobines de Helmholtz.



Bobines de Helmholtz

Lorsque l'axe des bobines est vertical, le passage du courant électrique crée un champ magnétique uniforme vertical dans la zone cylindrique située entre les deux bobines. Une bille en acier située dans cette zone est soumise à une force magnétique verticale.

- 2.1. Expliquer pourquoi ce dispositif expérimental permet de simuler une variation de l'intensité de la pesanteur.

- 2.2. Comment doit être orientée la force magnétique exercée sur la bille pour simuler un accroissement de la pesanteur ? Justifier.
- 2.3. Comment peut-on simuler un affaiblissement de l'intensité de la pesanteur ?
- 2.4. Si le dispositif a été correctement installé pour simuler un accroissement de la pesanteur, comment cela se traduit-il sur l'évolution de la période du pendule ? Justifier.
- 2.5. Le système utilisé ne permet pas de simuler une forte variation de la pesanteur mais il permet cependant de constater une variation de la période, à condition de choisir un protocole optimisant la précision de la mesure.
- 2.5.1. Proposer une méthode expérimentale pour obtenir une mesure la plus précise possible de la période.
- 2.5.2. Dans le cas d'un pendule de longueur 0,50 m, on mesure une période de 1,5 s lorsque les bobines sont parcourues par un courant électrique.
- 2.5.2.1. Le dispositif simule-t-il un accroissement ou une diminution de la pesanteur ? Expliquer.
- 2.5.2.2. Déterminer la valeur de l'intensité de la pesanteur apparente.

Annexe de l'exercice II à rendre avec la copie

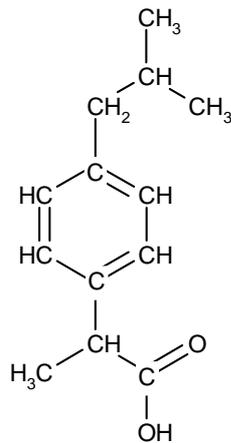


Figure 1 (question 1.1)

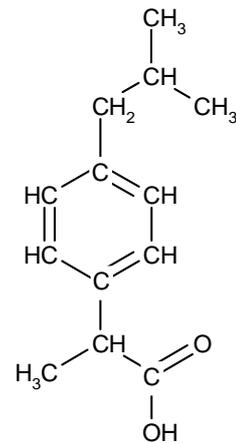
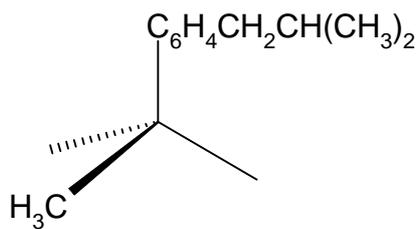


Figure 2 (question 1.2.1)



Énantiomère 1

Énantiomère 2

Figure 3 (question 1.2.3)

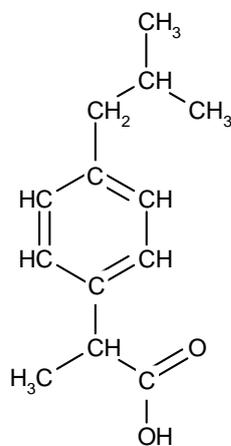


Figure 4 (question 1.3.2)

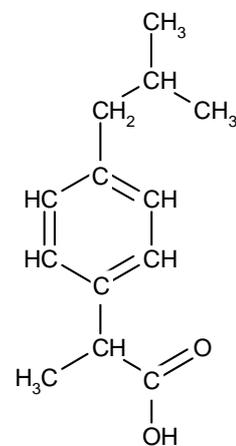


Figure 5 (question 1.3.4)

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30

Coefficient : 8

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet comporte 3 exercices présentés sur 17 pages numérotées de 1 à 17, y compris celle-ci.

L'annexe (page 17) est à rendre avec la copie.

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

Exercice I – Protons énergétiques (5,5 points)

Exercice II – Molécule d'ibuprofène (9,5 points)

Exercice III – Clarinettiste voyageur (5 points)

Exercice I – Protons énergétiques (5,5 points)

Des protons énergétiques sont des protons animés d'une grande vitesse.

Le but de cet exercice est d'exploiter des documents relatifs à deux exemples de l'action de protons énergétiques sur la matière : le rayonnement cosmique et la protonthérapie.

Données :

Charge électrique du proton :	$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.
Masse du proton :	$m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$.
Mégaélectron-volt :	$1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J}$.
Vitesse de la lumière dans le vide :	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
Constante de Planck :	$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

1. Le proton

Document 1

Les interactions dans le noyau

Dans un noyau atomique, trois interactions fondamentales sont mises en jeu entre les nucléons (protons et neutrons) : l'interaction gravitationnelle, l'interaction électrique et l'interaction nucléaire forte.

L'interaction gravitationnelle est attractive ; dans un noyau, elle est nettement plus faible que l'interaction électrique répulsive entre protons. C'est l'interaction nucléaire forte qui assure la cohésion du noyau atomique.

Document 2

Les quarks constitutifs du proton

Le proton est composé de trois particules : deux quarks up et un quark down. Les quarks sont des particules élémentaires qui portent une fraction de la charge électrique du proton. La charge d'un quark down est $-\frac{e}{3}$.

- 1.1. L'interaction forte est-elle attractive ou répulsive ? Est-elle plus ou moins intense que l'interaction électrique ? Justifier vos réponses à l'aide du document 1.
- 1.2. Déterminer la charge électrique d'un quark up en l'exprimant sous la forme d'une fraction de la charge e du proton.

Document 3

Rayonnement cosmique

La Terre est arrosée constamment par une pluie de particules, nommée rayonnement cosmique. Ce phénomène est le résultat de l'arrivée de particules énergétiques (provenant du Soleil, de la galaxie et plus globalement de tout l'Univers) dans la haute atmosphère terrestre. Ces particules, principalement des protons (87 %) entrent en collision avec les noyaux des molécules de l'atmosphère. Les produits de ces collisions primaires heurtent à leur tour d'autres noyaux produisant ainsi une gerbe de particules secondaires. Certaines parviennent jusqu'au sol, d'autres sont absorbées par l'atmosphère, et d'autres encore induisent de nouvelles réactions qui donneront naissance à des particules tertiaires, etc...

Une seule particule cosmique très énergétique peut générer une gerbe contenant plusieurs milliards de particules (voir **figure 1**). Plusieurs types de particules atteignent le sol. Parmi ces particules on trouve les muons.

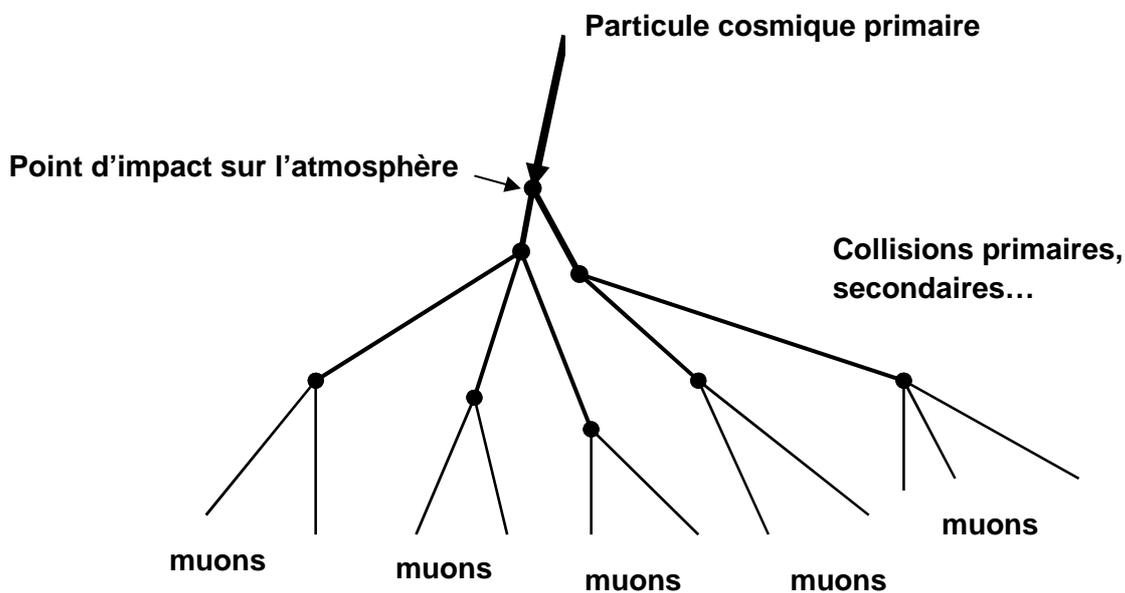


Figure 1 : Représentation simplifiée des gerbes issues de rayonnements cosmiques

Document 4

Rayons cosmiques relativistes

On peut appliquer avec une bonne approximation les lois de la mécanique classique, à toute particule animée d'une vitesse inférieure à 10 % de la célérité de la lumière dans le vide, et utiliser l'expression de l'énergie cinétique $E_c = \frac{mv^2}{2}$. Lorsqu'on est dans cette situation, la particule est dite « classique ». Dans le cas contraire, la particule est dite « relativiste ». Par exemple, les protons les plus énergétiques des rayons cosmiques sont relativistes. Ils sont d'origine extrasolaire et leur énergie cinétique est typiquement comprise en 100 MeV et 10 GeV.

- 2.1. Calculer, en joule puis en mégaélectron-volt, l'énergie cinétique d'un proton animé d'une vitesse égale à 10 % de la célérité c de la lumière dans le vide.
- 2.2. Justifier par un argument quantitatif la phrase du document 4 : « ...les protons les plus énergétiques des rayons cosmiques sont relativistes. »
- 2.3. D'après la théorie de la dualité onde-corpuscule, que l'on doit au scientifique Louis de Broglie, on associe une onde électromagnétique au proton.
 - 2.3.1. Calculer la valeur de la quantité de mouvement p d'un proton dont la vitesse vaut 10 % de c .
 - 2.3.2. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ associée.

3. Les muons

Document 5

La détection des muons au niveau du sol terrestre

Les muons sont des particules élémentaires voisines de l'électron mais beaucoup plus massives. Ceux qui sont observés au niveau du sol sont créés dans la haute atmosphère à 20 km d'altitude, lors de la collision de protons (appartenant au rayonnement cosmique) avec les noyaux des atomes de l'atmosphère (voir **figure 1**). Ils voyagent à une vitesse de valeur très élevée ($v = 0,9997c$). Pour un observateur terrestre, 67 μs sont nécessaires aux muons pour traverser l'atmosphère et atteindre le sol. Or, les muons sont très instables et diverses expériences ont montré que leur durée de vie propre n'est que $\Delta t_0 = 2,2 \mu\text{s}$. Cette durée de vie est donc a priori insuffisante pour leur permettre d'atteindre la surface de la Terre.

Pourtant des muons sont effectivement détectés au niveau du sol. Cette apparente contradiction s'explique par la dilatation des durées dans le cadre de la théorie de la relativité restreinte. En effet, la durée de vie des muons Δt mesurée sur Terre et la durée de vie propre des muons Δt_0 qui se déplacent par rapport à la Terre ont des valeurs différentes. Ces deux durées sont liées par la relation de dilatation des durées $\Delta t = \gamma \Delta t_0$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \text{ avec } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- 3.1. Expliquer pourquoi les muons sont des particules relativistes.
- 3.2. Expliquer par un raisonnement quantitatif pourquoi des muons issus des rayons cosmiques peuvent être observés au niveau du sol terrestre.

Les différentes radiothérapies

La radiothérapie (thérapie par rayonnement) est un moyen de traitement du cancer dans lequel les cellules cancéreuses sont détruites par un rayonnement. Si ce rayonnement est électromagnétique (rayons X ou rayons gamma), on parle de photonothérapie. S'il s'agit d'un faisceau de protons, on parle de protonothérapie. Lorsqu'un rayonnement (photon X ou gamma, proton...) pénètre dans un tissu, il interagit avec celui-ci en lui cédant tout au long de son trajet une part de son énergie, on parle d'énergie déposée. Dans l'exemple du traitement d'une tumeur dans un organisme, le graphique de la **figure 2** représente la manière dont évolue l'énergie déposée en fonction de la profondeur de pénétration, d'une part pour un faisceau de photons X ou gamma, et d'autre part pour un faisceau de protons de 150 MeV.

Le faisceau de photons est fortement absorbé dès son entrée dans l'organisme et continue de céder progressivement son énergie tout au long de son parcours. Au contraire, les protons déposent relativement peu d'énergie au début de leur parcours dans l'organisme. L'énergie libérée augmente progressivement au fur et à mesure que leur vitesse diminue. C'est au moment de leur arrêt que l'énergie libérée est maximale. Il apparaît alors un pic de dose (le pic de Bragg), au-delà duquel la dose chute brutalement à zéro.

Tout l'art de la radiothérapie consiste à administrer une dose suffisante pour détruire sans exception toutes les cellules cancéreuses. En revanche cette dose doit endommager le moins possible les cellules saines.

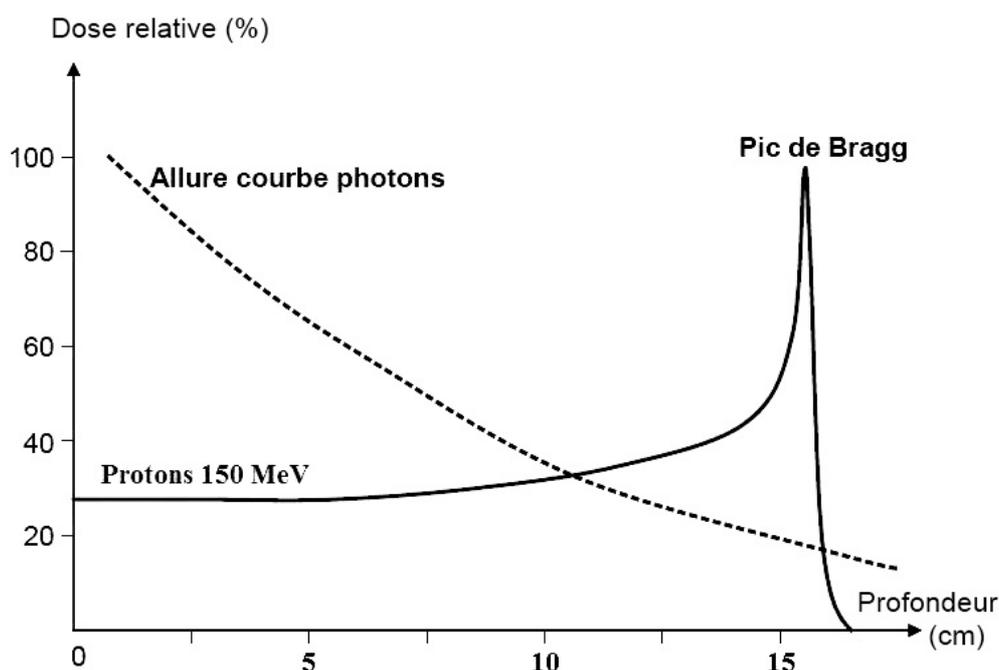


Figure 2 : Énergie déposée dans un tissu en fonction de la profondeur de pénétration du faisceau.

La dose relative est l'énergie déposée par unité de masse de matière, exprimée en pourcentage par rapport au maximum d'énergie qui peut être déposée.

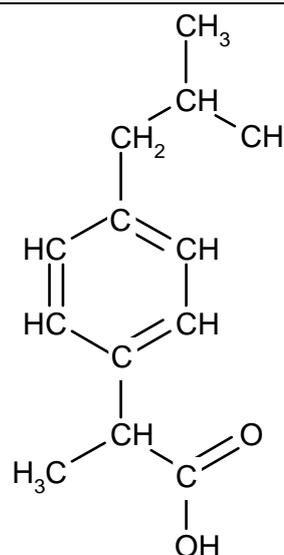
- 4.1. Pour l'exemple de la **figure 2**, déterminer à quelle profondeur doit se trouver la tumeur traitée pour que la protonothérapie soit la plus efficace. Justifier votre réponse.
- 4.2. Lequel des deux traitements respecte le mieux « l'art de la radiothérapie » ? Deux arguments sont attendus.

Exercice II – Molécule d'ibuprofène (9,5 points)

L'ibuprofène est une molécule de formule brute $C_{13}H_{18}O_2$. Son nom en nomenclature officielle est acide 2-(4-isobutylphényl)propanoïque.

De par ses propriétés anti-inflammatoire, antalgique et antipyrétique, elle constitue le principe actif de divers médicaments.

Cet exercice comporte trois parties indépendantes conduisant à étudier la structure de la molécule d'ibuprofène, sa synthèse dans le cadre de la chimie verte et le dosage d'un médicament.

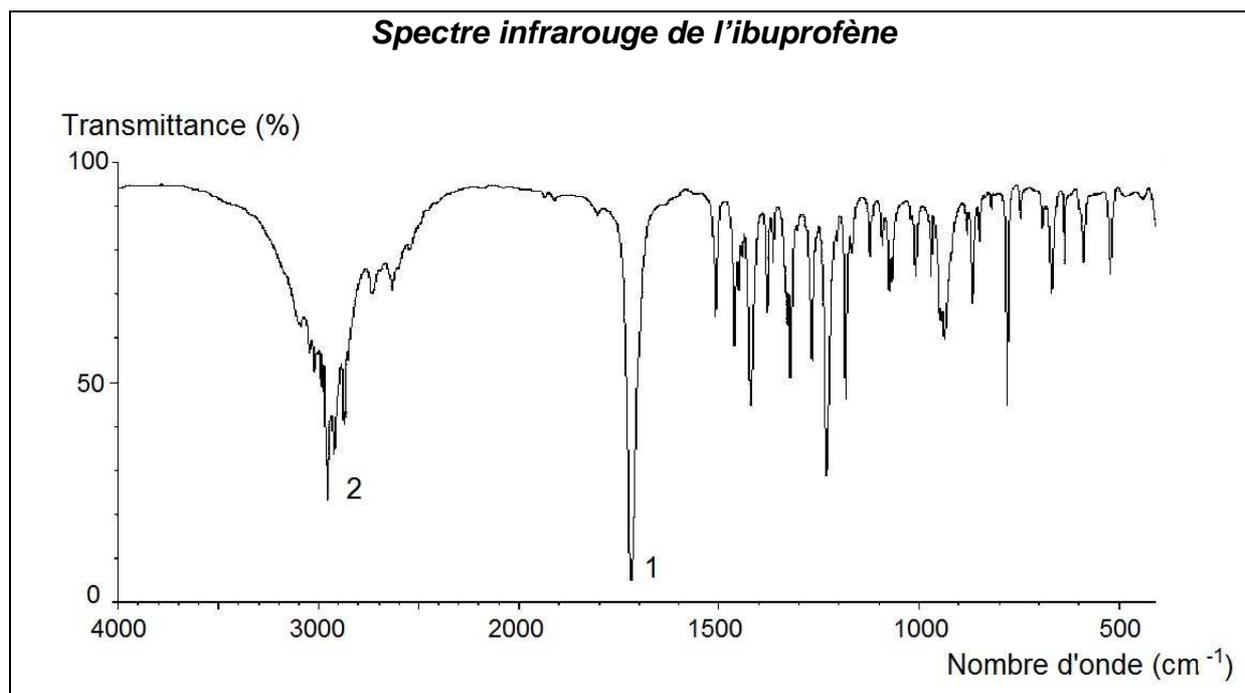


Formule semi-développée de l'ibuprofène

Partie 1 : La molécule d'ibuprofène

- 1.1. Sur la formule semi-développée de l'ibuprofène de la **figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie**, entourer le groupe caractéristique associé à la fonction acide carboxylique.
- 1.2. La molécule d'ibuprofène est chirale.
 - 1.2.1. Expliquer la cause de cette chiralité en la nommant et en la repérant sur la **figure 2 de l'annexe**.
 - 1.2.2. Cette chiralité entraîne l'existence de deux énantiomères de l'ibuprofène. Comment reconnaître si des molécules sont énantiomères ? Aucun schéma n'est attendu.
 - 1.2.3. Sur la **figure 3 de l'annexe**, la représentation de Cram de l'un des deux énantiomères de l'ibuprofène est fournie, mais elle est inachevée. Compléter cette représentation et schématiser le deuxième énantiomère.
- 1.3. Diverses techniques d'analyse ont permis de connaître la structure de la molécule d'ibuprofène. Les spectroscopies IR (infrarouge) et RMN (résonance magnétique nucléaire) en sont deux exemples.

Document 1



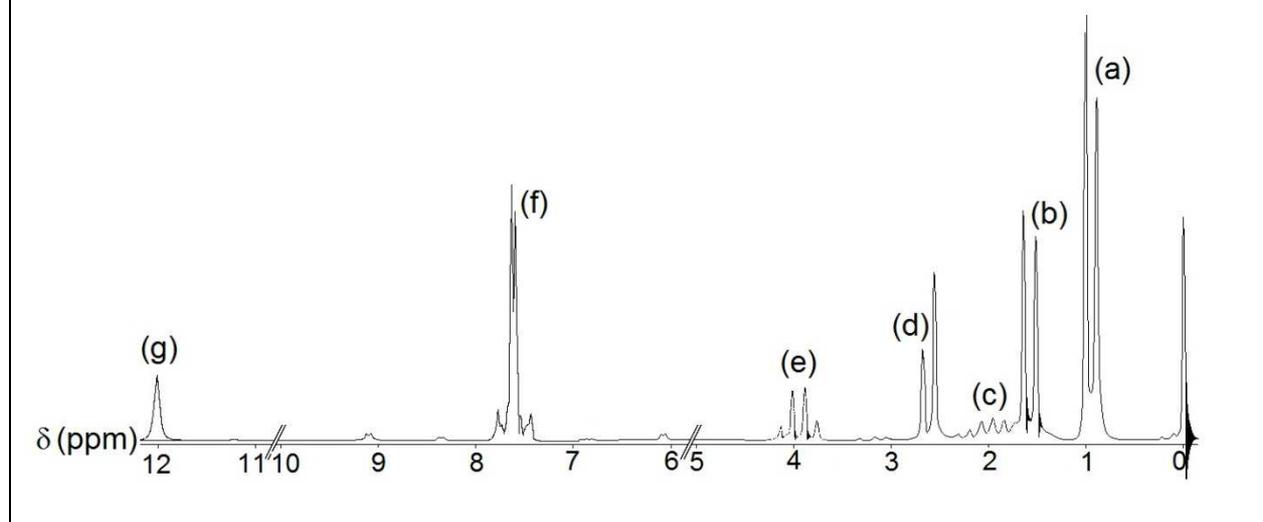
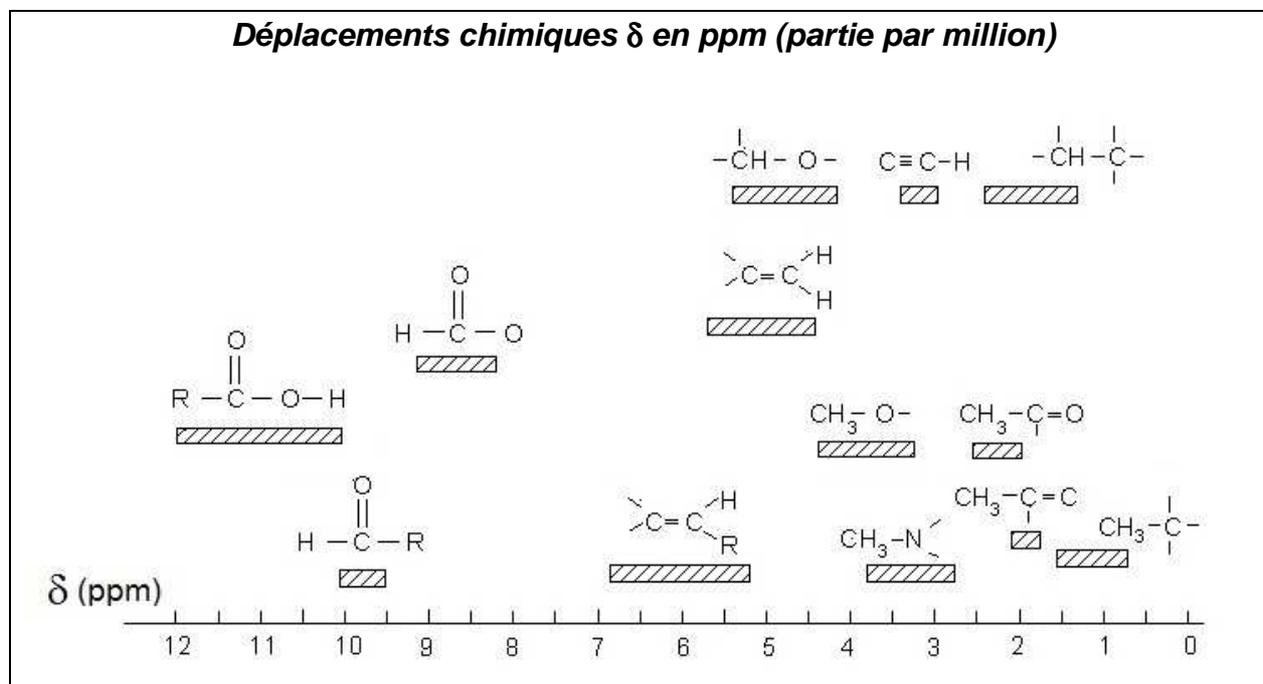
Document 2

Bandes d'absorption IR de quelques types de liaisons chimiques

Type de liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Largeur de la bande	Intensité d'absorption
O-H sans liaison hydrogène	3580 - 3650	fine	forte
O-H avec liaison hydrogène	3200 - 3300	large	forte
O-H d'un acide carboxylique	2500 - 3200	large	variable
C-H des groupes CH ₂ , CH ₃ , CH dans les alcanes, les alcènes et les cycles aromatiques	2900 - 3100	variable (bandes multiples)	variable
C=C dans un cycle aromatique	1500 - 1600	fine	moyenne
C=O d'un acide carboxylique	1700 - 1725	fine	forte

Spectre RMN de l'ibuprofène

L'aire du doublet (a) est environ six fois supérieure à celle du singulet (g), c'est-à-dire que le saut de la courbe d'intégration est six fois plus grand pour (a) que pour (g).

**Document 4****Déplacements chimiques δ en ppm (partie par million)**

- 1.3.1. Donner l'origine des bandes d'absorption 1 et 2 du spectre infrarouge IR (document 1) en exploitant les données du document 2.
- 1.3.2. Sur la formule semi-développée de l'ibuprofène de la **figure 4 de l'annexe**, entourer la ou les atomes d'hydrogène associés au signal (g) du spectre RMN. Justifier votre réponse à l'aide du document 4.
- 1.3.3. Le signal (g) est un signal singulet. Expliquer pourquoi.
- 1.3.4. Sur la formule semi-développée de l'ibuprofène de la **figure 5 de l'annexe**, entourer la ou les atomes d'hydrogène associés au signal (a) du spectre RMN. Justifier votre réponse.
- 1.3.5. Le signal (a) est un doublet. Justifier cette multiplicité.

Partie 2 : Synthèse de l'ibuprofène

Les procédés BHC et Boots sont deux méthodes de fabrication de l'ibuprofène. Le but de cette partie est de comparer ces deux techniques dans le cadre de la chimie verte.

Document 5

La chimie verte

La chimie verte s'inscrit dans une logique de développement durable et de recherche permanente de sécurité optimale. Pour cela les processus mis en jeu doivent éliminer ou au moins réduire l'utilisation de substances nocives pour l'homme et l'environnement. Les synthèses chimiques doivent privilégier des méthodes produisant le minimum de substances dérivées inutiles, surtout si elles sont polluantes.

Classiquement, pour évaluer l'efficacité d'une synthèse chimique, on détermine son rendement sans se préoccuper des quantités de sous-produits formés. Dans le cadre de la chimie verte, pour prendre en compte la minimisation des quantités de déchets, on définit un indicateur appelé « utilisation atomique » (UA). L'utilisation atomique UA est définie comme le rapport de la masse molaire du produit souhaité, sur la somme des masses molaires de tous les produits :

$$UA = \frac{M(\text{produit souhaité})}{\sum_i M_i(\text{produit})}$$

La conservation de la masse conduit à une deuxième expression de cet indicateur :

$$UA = \frac{M(\text{produit souhaité})}{\sum_j M_j(\text{réactif})}$$

Plus cet indicateur UA est proche de 1, plus le procédé est économe en termes d'utilisation des atomes et moins la synthèse génère de déchets.

Exemple : on synthétise le produit *P* par réaction entre *R* et *S*. Au cours de la transformation, il se forme aussi les espèces *Y* et *Z* selon l'équation de la réaction :



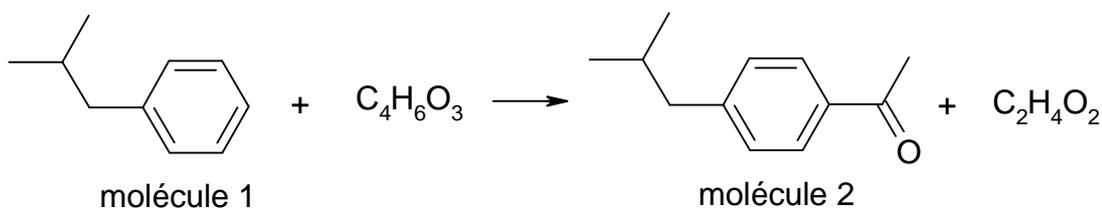
où *r*, *s*, *y* et *z* sont les nombres stœchiométriques.

L'utilisation atomique s'exprime par :

$$UA = \frac{M(P)}{M(P) + yM(Y) + zM(Z)} \quad \text{ou} \quad UA = \frac{M(P)}{rM(R) + sM(S)}$$

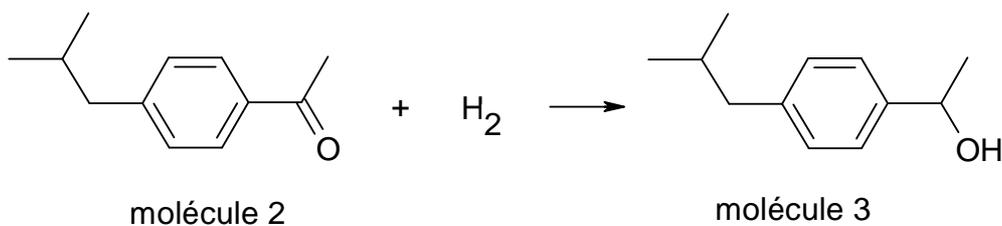
2.1. Le procédé BHC, dont l'utilisation atomique est de 77 %, met en jeu trois étapes faisant appel à des transformations catalysées :

Étape 1

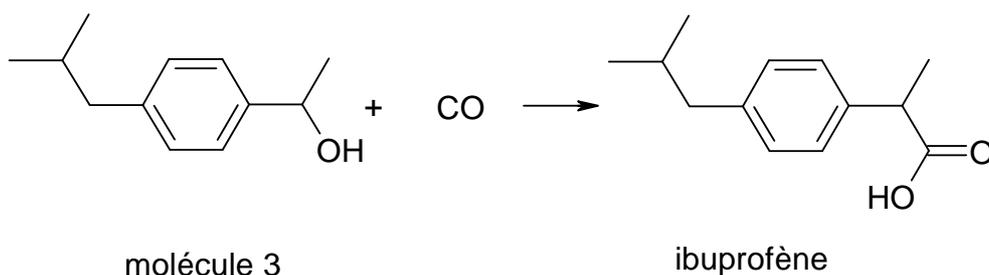


La formule brute de la molécule 2 est C₁₂H₁₆O.

Étape 2



Étape 3

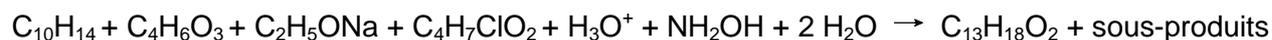


2.1.1. Déterminer la formule brute de la molécule 1.

2.1.2. La réaction de l'étape 2 est-elle une substitution, une addition ou une élimination ? Justifier votre réponse.

2.1.3. L'électronégativité du carbone est inférieure à celle de l'oxygène. Le carbone de la liaison C=O de la molécule 2 est-il un site donneur ou accepteur de doublet d'électrons ? Expliquer.

2.2. Calculer la valeur de l'utilisation atomique du procédé Boots mettant en jeu six étapes dont le bilan global est traduit par l'équation de réaction suivante :



Données : Masses molaires M

Espèce	H ₂ O	H ₃ O ⁺	NH ₂ OH	C ₂ H ₅ ONa
M(g.mol ⁻¹)	18,0	19,0	33,0	68,0

Espèce	C ₄ H ₆ O ₃	C ₄ H ₇ ClO ₂	C ₁₀ H ₁₄	C ₁₃ H ₁₈ O ₂
M(g.mol ⁻¹)	102,0	122,5	134,0	206,0

2.3. Indiquer, en justifiant votre réponse, quel est le procédé de synthèse de l'ibuprofène répondant le mieux à la minimisation des déchets recherchée dans le cadre de la chimie verte.

Partie 3 : Dosage de l'ibuprofène dans un médicament

L'étiquette d'un médicament classé dans la catégorie pharmaco-thérapeutique « anti-inflammatoire non stéroïdien » fournit les informations suivantes :

Composition

Ibuprofène.....400 mg

Excipients : amidon de maïs, silice colloïdale anhydre, amidon pré-gélatinisé, acide stéarique.

Forme pharmaceutique

Comprimé enrobé (boîte de 30)

Pour vérifier, la quantité d'ibuprofène contenu dans un comprimé, on procède à un titrage acido-basique selon le protocole suivant :

Étape 1. Préparation de la solution aqueuse d'ibuprofène

On broie le comprimé contenant l'ibuprofène dans 20 mL d'éthanol. On filtre le mélange obtenu. Le filtrat, contenant l'ibuprofène, est ensuite dilué dans de l'eau afin d'obtenir $V_S = 100$ mL de solution S. On admettra que cette solution S d'ibuprofène a le même comportement qu'une solution aqueuse.

Étape 2. Titrage acido-basique

La totalité du volume V_S de solution S est dosé à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $c_B = 1,50 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. L'indicateur coloré de fin de réaction est la phénolphtaléine.

L'équivalence est détectée pour 12,8 mL de solution d'hydroxyde de sodium.

Données :

Phénolphtaléine : incolore pour $\text{pH} < 8,2$; zone de virage pour pH compris entre 8,2 et 10 ; rose pour $\text{pH} > 10$.

Substance	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'éthanol
ibuprofène noté RCOOH	très faible	importante
base conjuguée notée RCOO^-	importante	
excipients	pratiquement nulle	pratiquement nulle
éthanol	forte	

Écart relatif entre une valeur expérimentale G_{exp} et une valeur attendue G_a d'une

grandeur quelconque G :
$$\left| \frac{G_{\text{exp}} - G_a}{G_a} \right|$$

- 3.1. Justifier l'usage de l'éthanol dans le protocole.
- 3.2. Écrire l'équation de la réaction support de dosage.
- 3.3. Comment repère-t-on expérimentalement l'équivalence lors du titrage ?
- 3.4. Déterminer la valeur de la masse d'ibuprofène dans un comprimé, déterminée par ce dosage.
- 3.5. Calculer l'écart relatif entre la masse mesurée et la masse annoncée par l'étiquette.

Exercice III - Clarinettiste voyageur (5 points)

La clarinette est un instrument de musique à vent de la famille des bois. On peut légèrement modifier sa longueur en emboîtant plus au moins profondément les différents éléments la constituant.

Document 1**Description de la clarinette** (source : wikipedia)

1 : bec et ligature ; 2 : anche et son étui ; 3 : barillet ;

4 : corps du haut (main gauche) ; 5 : corps du bas (main droite) ; 6 : pavillon

**Document 2****Fréquence d'accord**

En France, les musiciens ont l'habitude de s'accorder sur la note « la » de fréquence 442 Hz. Aux États-Unis, l'accord se fait sur la note « la » de fréquence 440 Hz.

Document 3**Acoustique musicale**

Un son pur est une vibration sonore sinusoïdale tandis qu'un son complexe est une vibration sonore périodique non sinusoïdale. Les instruments de musique produisent des ondes sonores complexes décomposables en une somme de sons sinusoïdaux. Un son complexe de fréquence f est la superposition d'un son sinusoïdal de même fréquence f (le fondamental) et de sons sinusoïdaux de fréquences multiples de f (les harmoniques).

Modélisation d'une clarinette par un tuyau sonore

On peut modéliser une clarinette par une colonne d'air cylindrique, de longueur L , ouverte à une extrémité et fermée à l'autre. La vibration de l'anche engendre la vibration de l'air à l'intérieur de la clarinette selon les fréquences propres données par la relation :

$$f = (2n - 1) \frac{v}{4L}$$

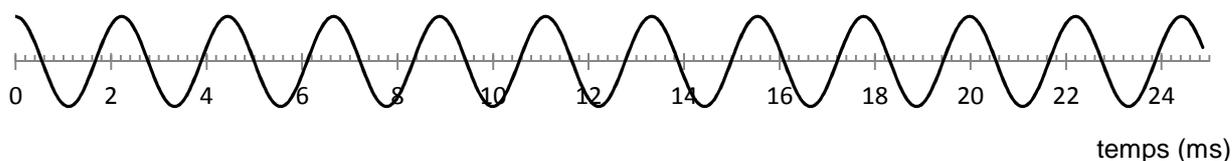
où L est la longueur en mètre de la colonne d'air, n un entier supérieur ou égal à 1 et v la célérité du son dans l'air : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ à 20°C .

La fréquence fondamentale correspond à $n = 1$.

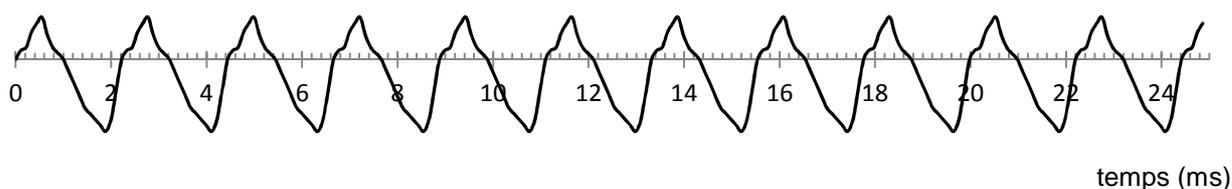
1. Florent est un clarinettiste qui souhaite savoir si son instrument est bien accordé. N'ayant pas d'accordeur à sa disposition, il décide de s'enregistrer et de traiter l'information avec un logiciel de traitement du son.

- 1.1. Parmi les deux **enregistrements a** et **b** ci-dessous, lequel correspond à celui de la clarinette de Florent. Justifier votre réponse.

Enregistrement a



Enregistrement b



- 1.2. La clarinette de Florent est-elle bien accordée pour jouer dans un orchestre français ?
2. Quelle est la longueur L de la colonne d'air mise en mouvement dans la clarinette lorsqu'elle est accordée pour la France ?
3. Florent se produit en concert aux États-Unis. Expliquer pourquoi et comment il doit modifier la géométrie de sa clarinette.
4. En attendant de prendre l'avion pour retourner en France, Florent lit un article sur « la physique de la clarinette ». Une phrase l'interpelle : « *La clarinette ne fournit que les harmoniques impairs* ».

Montrer que le modèle du tuyau sonore est en accord avec cette affirmation.

5. De retour en France, Florent emmène sa clarinette chez son luthier habituel pour effectuer un entretien. Dans la boutique, une nouvelle clarinette de fabrication française en matériau composite attire son attention. Le luthier lui explique les avantages de cette nouvelle technologie par rapport à une clarinette traditionnelle en ébène.

A l'aide des documents 5 à 9, faire une synthèse d'environ 15 lignes des différents arguments scientifiques (ou technologiques) et sociétaux que le luthier peut avancer.

Document 5

Définition d'un matériau composite

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles, mais ayant une forte capacité d'adhésion. Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés spécifiques que les éléments seuls ne possèdent pas. Cette technologie est le moyen d'améliorer sensiblement certaines caractéristiques (légèreté, rigidité à l'effort, etc) et par conséquent elle trouve de nombreuses applications dans différents secteurs industriels.

Document 6

Clarinette en matériau composite

Il existe des clarinettes réalisées en matériau composite d'ébène reconstitué, issu du bois recyclé de la production des clarinettes traditionnelles. Le matériau composite permet de conserver 100 % des propriétés acoustiques des instruments de musique traditionnels en ébène avec l'assurance d'une fiabilité et d'une longévité incontestable puisqu'il ne peut pas se fendre par choc climatique, véritable facteur d'angoisse chez les clarinettes.

Composition du matériau composite d'ébène reconstitué : 95 % de poudre d'ébène, 5 % de fibres de carbone et de résine époxy.

Document 7

L'ébène

L'ébène (nom féminin) est le nom donné au bois de cœur issu de plusieurs espèces d'arbres de la famille des Ebenaceae appartenant au genre Diospyros, appelés ébéniers, ainsi que certains arbres du genre Dalbergia. Ils se rencontrent dans les régions tropicales et sont connus depuis la plus haute Antiquité pour la couleur noire de leur bois.

Les caractéristiques principales de l'ébène sont sa couleur noire et sa densité élevée. C'est un bois travaillé en ébénisterie, sculpture, lutherie, marqueterie, coutellerie, et dans des jeux (échecs, dames...) sous forme de bois massif, en feuillets ou en placage scié.

L'ébène est également utilisée pour la conception d'instruments de musique tels la flûte à bec, la clarinette, le hautbois, la touche des instruments à cordes et certaines baguettes de tambour.

Exploitation de l'ébène

Dans un lot de bois d'ébène, 50 % sont utilisés pour fabriquer les clarinettes professionnelles en ébène, 25 % pourront être utilisés pour fabriquer les clarinettes d'étude. Il y a approximativement 25 % de déchets.

L'exploitation de l'ébène africaine (Mozambique, Tanzanie....) devient de plus en plus problématique à cause de sa grande consommation. Aussi est-elle recherchée, vue sa rareté, dans des régions de plus en plus éloignées des centres, parfois difficilement accessibles et dont le terrain est quelquefois marécageux.

Notons qu'il est difficile de pourvoir au reboisement des forêts d'ébéniers (il ne s'agit pas de plantations) car l'arbre utilisé pour la fabrication des clarinettes doit avoir plus de cent ans d'âge. En 2005, 96% du bois exporté en provenance de la région du sud-est de la Tanzanie était abattu illégalement.

Document 9**Dureté comparée**

La dureté Brinell est mesurée par la profondeur de l'empreinte laissée par une bille de 23 mm de diamètre, d'une masse de 1 kg, lâchée d'une hauteur de 50 cm. Ce test permet de mesurer la dureté du bois et sa résistance au poinçonnement. Plus l'indice est élevé, plus la dureté du bois est importante.

La dureté Brinell de l'ébène est 22,6 et celle du matériau composite d'ébène est 35,6.

Annexe de l'exercice II à rendre avec la copie

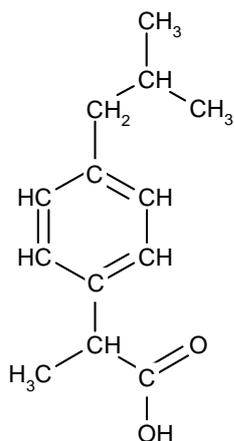


Figure 1 (question 1.1)

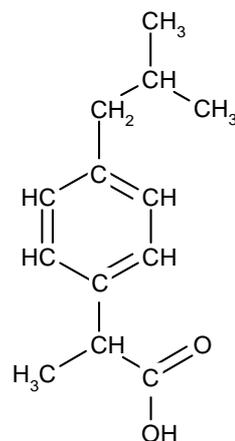
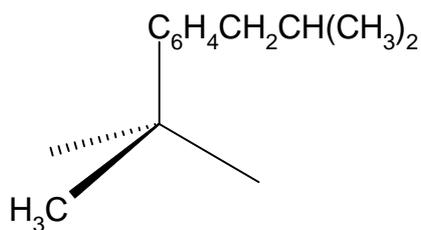


Figure 2 (question 1.2.1)



Enantiomère 1

Enantiomère 2

Figure 3 (question 1.2.3)

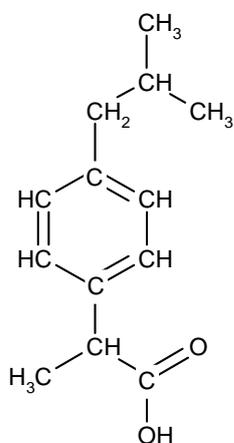


Figure 4 (question 1.3.2)

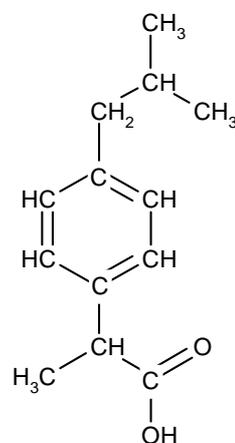


Figure 5 (question 1.3.4)

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2013
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6
—

L'usage d'une calculatrice EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

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

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

EXERCICE I - L'ASCENSEUR SPATIAL (5 points)

Document 1. Présentation de l'ascenseur spatial

L'ascenseur spatial a été envisagé dans les années 1970 comme alternative aux lanceurs classiques de satellites que sont les fusées et navettes spatiales.

Dans certains ouvrages, l'ascenseur culminerait à l'altitude de 36 000 kilomètres au-dessus du sol. Cette hauteur n'est pas due au hasard. En effet, un satellite en orbite équatoriale à cette altitude apparaît immobile au-dessus d'un point de l'équateur : c'est un satellite géostationnaire.

La particularité de l'orbite géostationnaire suggère une façon de relier le sol et l'espace : il suffit de laisser pendre un câble d'un satellite géostationnaire. Ce dernier restera toujours à l'aplomb du même point de la surface terrestre d'où l'on pourra construire une base de départ de cabines qui escaladeront le câble, transportant des satellites directement jusqu'à l'orbite géostationnaire en quelques jours, environ cinq selon certaines hypothèses retenues.

Et inversement les satellites en fin de vie pourraient être redescendus par l'ascenseur et récupérés sur Terre.

Comment déployer le câble depuis l'espace ? La réponse semble simple : il suffit de dérouler une bobine de câbles préalablement mise en orbite géostationnaire.



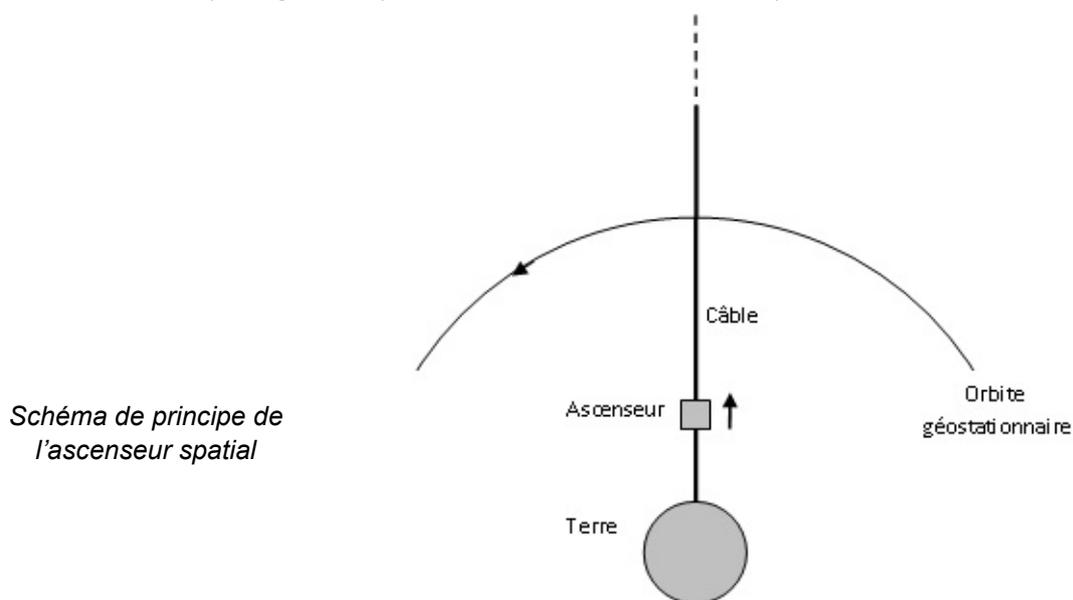
Dessin d'artiste représentant un ascenseur spatial

Mais il y a un problème. Sur la partie basse du câble l'attraction terrestre dépasse la force centrifuge due à son mouvement de rotation autour de la Terre. Conséquence : le câble est irrémédiablement tiré vers la Terre et ne peut maintenir sa position initiale. Pour pallier ce problème, il suffit de déployer le câble simultanément dans deux directions opposées, c'est-à-dire vers la Terre et vers l'espace.

Dans ce cas, l'astuce consiste à ce que la partie supérieure du câble « retienne » la partie inférieure.

L'ascenseur spatial permettrait aussi d'utiliser l'énergie de rotation de la Terre pour lancer des sondes depuis l'orbite géostationnaire vers des orbites plus hautes. La vitesse orbitale tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre. Vénus, Mars, Jupiter et même la sortie du système solaire seraient accessibles sans énergie supplémentaire que celle requise pour atteindre l'orbite géostationnaire.

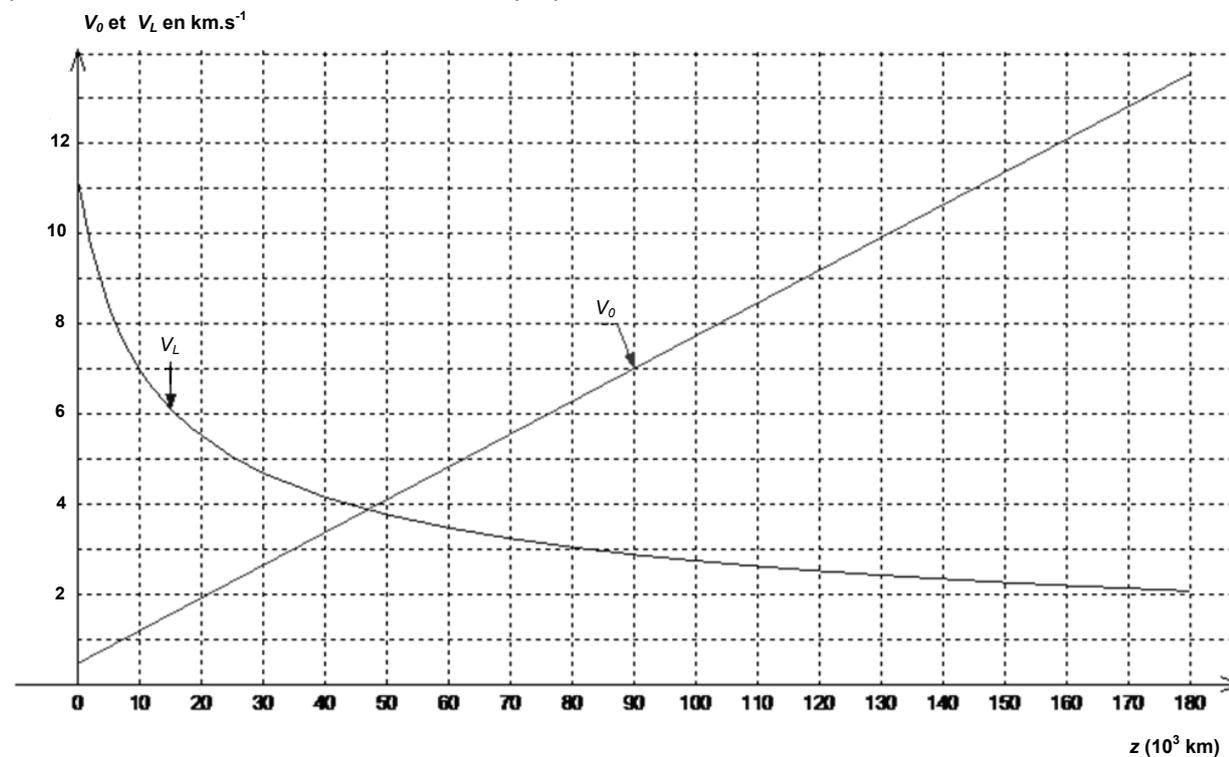
D'après "The orbital tower : a spacecraft launcher using the Earth's rotational energy", article original de Jérôme PEARSON en 1975 et <http://blog.belial.fr/post/2010/04/18/Ascenseur-vers-l-espace>, article de R. LEHOUCQ



Document 2. Vitesse de libération et vitesse orbitale

Vitesse de libération V_L : vitesse minimale à communiquer à un projectile non motorisé dans le référentiel géocentrique (référentiel lié au solide imaginaire contenant le centre de la Terre et 3 étoiles éloignées) pour qu'il puisse s'échapper de l'attraction terrestre. Elle dépend de son altitude initiale z .

Vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial : vitesse, par rapport au référentiel géocentrique, qu'il possède sur son orbite dans une direction perpendiculaire au fil de l'ascenseur.



Graphique représentant la vitesse de libération V_L et la vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial (en km.s^{-1}) en fonction de l'altitude z .

1. Pourquoi utiliser un satellite géostationnaire pour ce projet ?

1.1. À partir des documents et sans faire de calcul, définir un satellite géostationnaire puis donner les valeurs de sa vitesse et de sa période dans le référentiel terrestre et dans le référentiel géocentrique.

1.2. Dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, le satellite géostationnaire a une trajectoire circulaire. À partir de la deuxième loi de Kepler (ou des aires), montrer que le mouvement de ce satellite est uniforme.

1.3. En faisant référence à la question précédente, donner la direction et le sens du vecteur accélération du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique. Montrer que ces résultats sont en conformité avec la deuxième loi de Newton.

1.4. Établir l'expression de la vitesse v du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique en fonction de sa période $T_{\text{Géo}}$, du rayon de la Terre R_T ($R_T = 6,4 \times 10^3$ km) et de son altitude h puis calculer sa valeur.

1.5. D'après le texte, que faut-il « rajouter » à un satellite géostationnaire pour réaliser un ascenseur spatial ? Pour quelle raison est-il essentiel de placer un satellite à 36 000 km ?

2. L'ascenseur spatial

2.1. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma :

- la Terre de rayon équatorial $R_T = 6,4 \times 10^3$ km ;
- le satellite géostationnaire en orbite à l'altitude h de « 36 000 km » ;
- le câble reliant le satellite géostationnaire à la Terre ;
- la cabine de l'ascenseur à une altitude $h' = 20\,000$ km ;
- le vecteur vitesse ascensionnelle \vec{V}_A de la cabine le long du fil ainsi que son vecteur vitesse orbitale \vec{V}_O .

2.2. Un point de l'ascenseur spatial situé à l'altitude z possède dans le référentiel géocentrique la vitesse orbitale $V_O(z) = \frac{2\pi(R_T + z)}{T_{Géo}}$. Montrer que cette expression est cohérente avec l'allure de la courbe de la vitesse orbitale présentée dans le document 2.

2.3. En faisant référence au document 1, calculer la valeur de sa vitesse moyenne ascensionnelle.

2.4. Comparer la vitesse moyenne ascensionnelle à la vitesse orbitale à l'altitude h' .

2.5. « La vitesse tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre ».

2.5.1. Estimer l'altitude minimale de l'ascenseur spatial pour que le satellite s'échappe de l'attraction terrestre.

2.5.2. Estimer l'énergie cinétique à communiquer à un satellite de masse $m = 1,5 \times 10^3$ kg, en orbite géostationnaire, pour qu'il s'échappe de l'attraction terrestre. Comment cette énergie peut-elle lui être communiquée ?

EXERCICE II - AUTOUR DE L'ASPARTAME (10 points)

L'aspartame est un édulcorant artificiel découvert en 1965. C'est un dipeptide obtenu par réaction de l'acide aspartique et d'un dérivé de la phénylalanine, deux acides aminés.

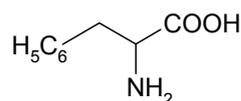
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. La phénylalanine et l'acide aspartique

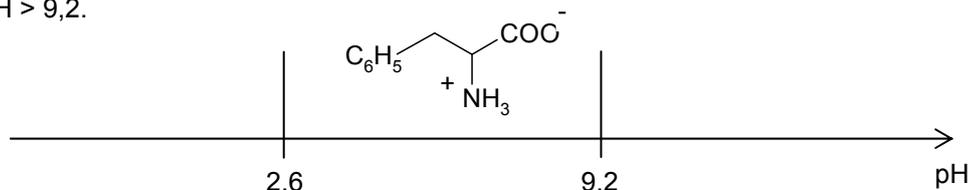
1.1. La phénylalanine

La phénylalanine est un acide aminé essentiel : il doit être apporté par l'alimentation car l'organisme est incapable de le synthétiser.

La formule de la phénylalanine est :



- 1.1.1. Recopier la formule de la phénylalanine puis entourer et nommer les groupes fonctionnels présents dans la molécule.
- 1.1.2. Identifier l'atome de carbone asymétrique. Comment peut-on alors qualifier une telle molécule ?
- 1.1.3. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de la phénylalanine.
- 1.1.4. Les acides aminés sont des molécules ayant des propriétés à la fois acides et basiques. La forme prédominante de la phénylalanine dépend alors du pH.
Recopier la figure ci-dessous et indiquer les structures des espèces qui prédominent à $\text{pH} < 2,6$ et $\text{pH} > 9,2$.



1.2. L'acide aspartique

La formule de l'acide aspartique est : $\text{HOOC---CH}_2\text{---CH}(\text{NH}_2)\text{---COOH}$

On s'intéresse au spectre de RMN du proton de l'acide aspartique.

Le tableau ci-dessous donne les déplacements chimiques de quelques noyaux d'hydrogène. L'hydrogène concerné est indiqué en caractère gras.

Type de proton	δ (ppm)
R- CH ₂ -CO-R'	2,0 – 4,0
R-COOH	9,5 – 13
R-NH ₂	1,0 – 5,0

Le spectre de RMN de l'acide aspartique présente les signaux suivants :

- singulet large à 11 ppm, intégration 2 ;
- triplet à 3,8 ppm, intégration 1 ;
- doublet à 2,7 ppm, intégration 2 ;
- singulet très large à environ 2 ppm, intégration 2.

1.2.1. Attribuer les signaux observés à chaque hydrogène (ou groupes d'hydrogènes équivalents) de la molécule d'acide aspartique.

1.2.2. Interpréter la multiplicité des pics pour le triplet à 3,8 ppm.

2. Synthèse d'un dérivé de la phénylalanine

La littérature scientifique permet d'obtenir les informations suivantes :

Document 1. Protocoles de synthèse du dérivé de la phénylalanine

Protocole n°1. Utilisation du triméthylchlorosilane

On introduit dans un ballon 10 g de phénylalanine. On additionne lentement, tout en agitant, 15 mL de triméthylchlorosilane. Un volume de 60 mL de méthanol est ensuite ajouté au mélange qui est agité pendant 12 heures à température ambiante. On procède à l'évaporation du solvant afin d'obtenir le produit souhaité. Le rendement de la synthèse est de 96%.

Protocole n°2. Utilisation du chlorure de thionyle

Dans un ballon, 10 g de phénylalanine sont mis en suspension avec 100 mL de méthanol. Sous agitation magnétique, le mélange réactionnel est refroidi à l'aide d'un bain d'eau glacée puis 6 mL de chlorure de thionyle sont ajoutés goutte à goutte. Le mélange est maintenu 24 heures sous agitation à température ambiante. Après évaporation du solvant, le produit obtenu est recristallisé dans un mélange d'éthanol et d'acétate d'éthyle. Le rendement de la synthèse est de 97%.

Protocole n°3. Utilisation de l'acide sulfurique

On introduit dans un ballon 15 g de phénylalanine, 27 mL de méthanol et 5 mL d'acide sulfurique. Le ballon est placé, sous agitation, dans un bain d'eau à 85°C pendant 4 heures. Un volume de 125 mL de méthanol est ajouté goutte à goutte au mélange par l'intermédiaire d'une ampoule de coulée. Simultanément, l'excès de méthanol est retiré du mélange. Après 4 heures, on traite l'huile obtenue. Le rendement de la synthèse est de 67%.

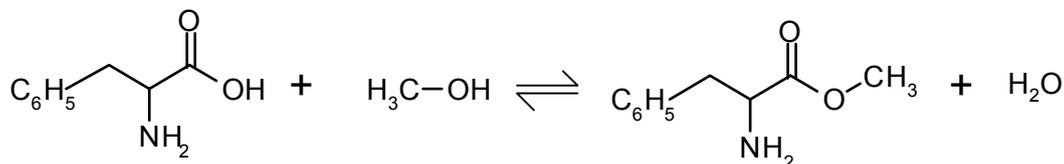
Document 2 : informations concernant différentes espèces chimiques

	Pictogramme	Mentions de danger	Tarif en 2012
Phénylalanine			16,90 € les 25 g
Méthanol		Liquide et vapeurs très inflammables. Toxique en cas d'ingestion. Toxique par contact cutané. Toxique par inhalation. Risque avéré d'effets graves pour les organes.	10,90 € le litre
Triméthylchlorosilane		Liquide et vapeurs très inflammables. Nocif par contact cutané. Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. Toxique par inhalation. Peut irriter les voies respiratoires.	23,30 € les 100 mL
Chlorure de thionyle		Nocif par inhalation. Nocif en cas d'ingestion. Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. Peut irriter les voies respiratoires.	22,90 € les 100 mL
Acide sulfurique		Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.	8,80 € le litre

2.1. À l'aide des documents, dégager l'(es) avantage(s) et l'(es) inconvénient(s) de chacun des trois protocoles proposés. Consigner les réponses dans un tableau.

On se propose de préparer au laboratoire l'ester méthylique de la phénylalanine en adaptant le **protocole n°3** au matériel disponible au laboratoire.

L'équation de la réaction est donnée ci-dessous :



Protocole retenu :

On introduit dans un ballon une masse $m = 16,5$ g de phénylalanine et un volume $V = 40$ mL de méthanol.

On ajoute quelques millilitres d'une solution aqueuse concentrée d'acide sulfurique.

On chauffe à reflux pendant quatre heures puis on laisse revenir le mélange à température ambiante.

Une solution d'hydrogénocarbonate de sodium est ensuite versée dans le ballon afin de neutraliser les acides présents dans le milieu réactionnel.

Le mélange est placé dans une ampoule à décanter et l'ester est extrait par du dichlorométhane.

La phase organique est recueillie, lavée et séchée sur du sulfate de sodium anhydre. Après filtration et évaporation du dichlorométhane, on recueille une masse $m' = 11,4$ g d'ester.

Données :

➤ Masses molaires :

	Phénylalanine	Méthanol	Ester méthylique de la phénylalanine
Masse molaire ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	165	32	179

➤ Masses volumiques :

	Eau	Méthanol	Dichlorométhane
Masse volumique ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	1,0	0,79	1,3

➤ Comparaison des électronégativités : $\chi(\text{O}) > \chi(\text{C})$

2.2. Protocole expérimental

2.2.1. En analysant la nature des réactifs utilisés, quelles sont les précautions opératoires à respecter impérativement pour mettre en œuvre ce protocole ?

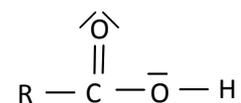
2.2.2. La réaction d'estérification est une réaction lente. Comment, dans ce protocole, la transformation chimique a-t-elle été accélérée ?

2.2.3. Dans le cas précis de cette synthèse, justifier l'impossibilité d'évaluer la durée de cette transformation chimique par un suivi par chromatographie sur couche mince.

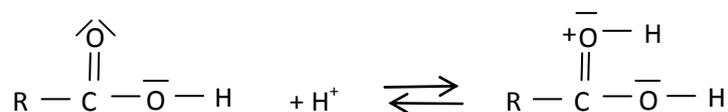
2.2.4. Évaluer le rendement de cette synthèse organique en expliquant la démarche suivie.

2.3. Mécanisme réactionnel

On utilisera la formule simplifiée ci-contre pour la molécule de phénylalanine.



La première étape du mécanisme réactionnel, reproduite ci-dessous, permet d'illustrer le rôle des ions H^+ dans la synthèse de l'ester méthylique.



Une fois fixés, les ions H^+ permettent d'augmenter le caractère accepteur de doublets d'électrons d'un des atomes de la liaison $\text{C}=\text{O}$ ce qui augmente la vitesse de la réaction à l'échelle macroscopique.

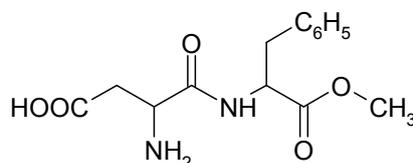
- 2.3.1. Quelle espèce chimique introduite dans le milieu réactionnel permet d'apporter les ions H^+ nécessaires ?
- 2.3.2. Représenter sur votre copie la formule simplifiée de la molécule obtenue à l'issue de la première étape et localiser l'atome accepteur de doublets d'électrons de la liaison $C=O$.
- 2.3.3. Reproduire sur votre copie la première étape du mécanisme réactionnel et relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur d'électrons afin d'expliquer la formation de la nouvelle liaison.

3. Synthèse de l'aspartame

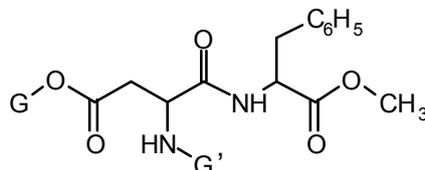
Le groupe amino réagit avec le groupe carboxyle selon l'équation suivante :



Ainsi l'acide aspartique et l'ester méthylique de la phénylalanine réagissent entre eux pour former l'aspartame dont la formule est donnée ci-dessous :



- 3.1. Donner le nom du groupe caractéristique qui a été créé lors de la synthèse de l'aspartame.
- 3.2. Lorsque l'on analyse le milieu réactionnel obtenu à la fin de la synthèse par une chromatographie sur couche mince (CCM), on observe plusieurs taches à des hauteurs différentes de celles des réactifs. Sachant que l'eau n'apparaît pas sur la plaque de chromatographie, proposer une explication à ce constat expérimental.
- 3.3. Écrire la formule semi-développée d'une molécule autre que l'aspartame présente dans le milieu réactionnel à la fin de la synthèse.
- 3.4. Pour synthétiser l'aspartame, la stratégie de synthèse consiste à protéger le groupe NH_2 et l'un des deux groupes $COOH$ de l'acide aspartique à l'aide d'un groupe protecteur noté G' ou G . L'acide aspartique protégé réagit alors avec le dérivé de la phénylalanine protégé pour donner la molécule suivante :



- 3.4.1. Écrire la formule semi-développée de l'acide aspartique protégé.
- 3.4.2. Que faut-il faire ensuite pour obtenir l'aspartame à partir de ce dérivé ? (aucune écriture de réaction chimique n'est demandée)
- 3.5. En utilisant le tableau ci-dessous et votre sens critique, expliquer s'il est judicieux d'utiliser la spectroscopie infrarouge pour s'assurer de l'obtention d'aspartame au regard de la nature des liaisons formées ou rompues au cours de la transformation chimique.

Table des nombres d'onde

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité F : fort ; m : moyen	Espèce
N-H	3300-3500	m (2 bandes)	Amine primaire
N-H		m (1 bande)	Amine secondaire
N-H	3100-3500	F	Amide
$C_{tet}-H$	2850-3000 et 1430-1480	F	Alcane
O-H	2500-3200	F à m (large)	Acide carboxylique
$C_{tri}=O$	1700-1725	F	Acide carboxylique
$C_{tri}=O$	1735-1750	F	Ester
$C_{tri}=O$	1630-1700	F	Amide

C_{tet} : carbone tétravalent

C_{tri} : carbone trivalent

EXERCICE III - LE SAUNA (5 points)

La pratique du sauna est une tradition finlandaise vieille de plus de deux mille ans. À l'origine, il s'agissait de s'installer dans une petite cabane en bois dont on chauffait l'atmosphère avec des pierres brûlantes. De nos jours, la pratique du sauna peut avoir lieu dans une pièce équipée d'un poêle électrique (figure 1) dans laquelle on prend un bain de vapeur sèche. Parmi ses nombreuses vertus, on peut citer la stimulation de la circulation sanguine et l'élimination de la fatigue.

Un particulier souhaite installer un sauna* chez lui. Il achète un poêle électrique spécifique et s'intéresse au matériau nécessaire à la construction de la pièce de dimensions 2,0 m x 2,0 m x 3,0 m. Le poêle est constitué d'une résistance chauffante. Des pierres sont posées sur l'appareil : elles ont pour but de générer de la vapeur lorsqu'on y verse de l'eau.

*le terme « sauna » qualifie également la pièce dans laquelle est pratiquée cette tradition ancestrale.

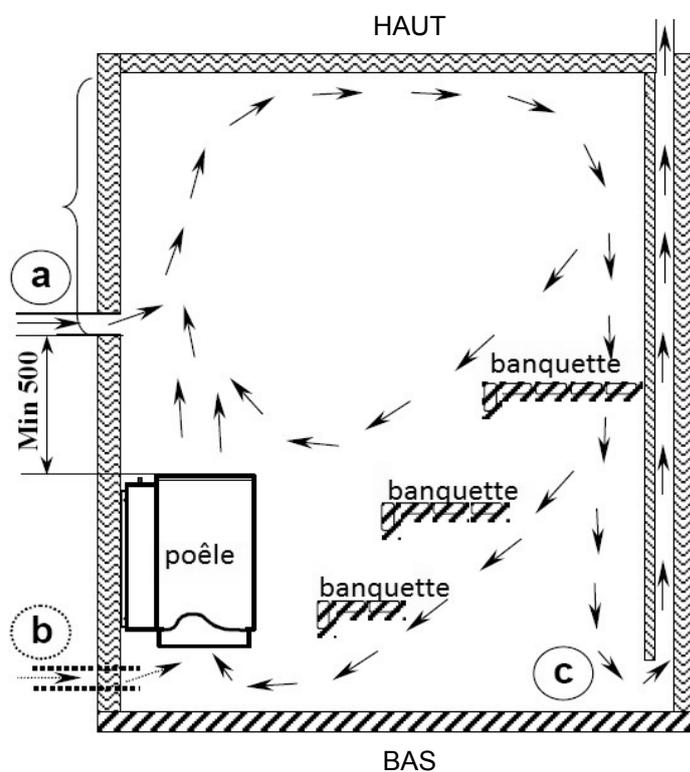
Extraits de la notice du poêle électrique fournie par le constructeur (traduits du suédois) :

L'aération du sauna :

L'air frais est dirigé directement de l'extérieur par un tuyau d'environ 100 mm de diamètre placé 500 mm au-dessus du poêle (a) vers le sauna. L'air frais peut aussi être envoyé sous le poêle près du sol (b). Dans l'alimentation en air frais, il est essentiel de veiller à ce que celui-ci se mélange le plus efficacement possible à l'air chaud et à la vapeur du sauna. L'air évacué est dirigé vers l'extérieur par une trappe située sous les banquettes (c), le plus loin possible de l'arrivée d'air frais.

Durée du préchauffage du sauna :

La durée de préchauffage du sauna est le laps de temps nécessaire pour chauffer le sauna à la température souhaitée pour la séance. Ce temps dépend notamment de la température voulue (la position de réglage de la température), de la quantité de pierre, du volume du sauna, et des matériaux constituant les parois du sauna. Moins on utilise de pierre, plus le sauna chauffe vite. Cependant, une plus petite quantité de pierre ne donne pas autant de vapeur. La durée de préchauffage varie en général entre 40 et 70 minutes.



Vue en coupe verticale du sauna

Caractéristiques techniques du poêle :

Poêle modèle SUPER 10	Poêle puissance kW	Volume du sauna		Poids sans pierre kg	Quantité de pierres (max) kg	Dimensions du poêle		
		min m ³	max m ³			largeur mm	profondeur mm	hauteur mm
DI 10	10,00	8,0	15,0	16	22	Ø370	450	590

Capacité thermique massique c , conductivité thermique λ et masse volumique ρ de quelques matériaux :

Matériau	c en J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	λ en W.m ⁻¹ .K ⁻¹	ρ en kg.m ⁻³
Béton	1008	1,75	2200
Sapin	2400	0,15	450
Plâtre	1008	0,43	800
Verre	800	1,15	2530
Stéatite	980	6,4	2980

La **résistance thermique** R_{th} (en $K.W^{-1}$) d'une paroi a pour expression

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

λ : conductivité thermique en $W.m^{-1}.K^{-1}$
 e : épaisseur de la paroi en m
 S : surface de la paroi en m^2

Le **flux thermique** ϕ (en W) correspond à une énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps. Si ΔT est l'écart de température de part et d'autre de la paroi, le flux thermique à travers cette paroi est exprimé par :

$$\phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

1. Les transferts thermiques mis en jeu lors du chauffage

1.1. Caractériser chacun des types de transferts thermiques principaux mis en jeu lors du chauffage par le poêle de l'air ambiant ou des pierres. Pour cela, recopier et compléter le tableau suivant :

	Chauffage par le poêle de l'air de la pièce	Chauffage par le poêle des pierres
Mode de transfert thermique principal		
Avec ou sans déplacement de matière		

1.2. Que symbolisent les flèches représentées sur la figure 1 de la notice du constructeur ?

1.3. Donner une raison justifiant le choix de l'emplacement de l'entrée de l'air. Même question pour le choix de l'emplacement de la sortie de l'air.

1.4. En s'appuyant sur les caractéristiques du poêle choisi, montrer que ce choix est adapté aux besoins du particulier.

2. Les matériaux pour la construction de la pièce

Le particulier hésite entre le bois de sapin et le béton pour les parois de son sauna.

2.1. Comparer le flux thermique traversant une paroi de bois de sapin et une paroi de béton sans effectuer de calcul numérique. Formuler un conseil au particulier.

2.2. Quelle serait l'épaisseur d'une paroi en béton pour que, en termes d'isolation thermique, elle soit équivalente à une paroi en sapin de 5,0 cm d'épaisseur ?

3. Les pierres posées sur le poêle

Les pierres utilisées sont souvent d'origine volcanique car elles n'éclatent pas sous les chocs thermiques. C'est le cas de la stéatite.

3.1. On fait l'hypothèse que lors du préchauffage, la puissance du poêle est intégralement utilisée pour le chauffage des pierres d'origine volcanique. À l'aide des caractéristiques électriques du poêle, déterminer la durée Δt nécessaire pour porter une masse $m = 20$ kg de pierre, de la température de $25^\circ C$ à la température de $250^\circ C$ atteinte par les pierres à l'issue du préchauffage.

3.2. D'après la notice, l'hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2013
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8
—**L'usage d'une calculatrice EST autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

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

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

EXERCICE I - L'ASCENSEUR SPATIAL (5 points)

Document 1. Présentation de l'ascenseur spatial

L'ascenseur spatial a été envisagé dans les années 1970 comme alternative aux lanceurs classiques de satellites que sont les fusées et navettes spatiales.

Dans certains ouvrages, l'ascenseur culminerait à l'altitude de 36 000 kilomètres au-dessus du sol. Cette hauteur n'est pas due au hasard. En effet, un satellite en orbite équatoriale à cette altitude apparaît immobile au-dessus d'un point de l'équateur : c'est un satellite géostationnaire.

La particularité de l'orbite géostationnaire suggère une façon de relier le sol et l'espace : il suffit de laisser pendre un câble d'un satellite géostationnaire. Ce dernier restera toujours à l'aplomb du même point de la surface terrestre d'où l'on pourra construire une base de départ de cabines qui escaladeront le câble, transportant des satellites directement jusqu'à l'orbite géostationnaire en quelques jours, environ cinq selon certaines hypothèses retenues.

Et inversement les satellites en fin de vie pourraient être redescendus par l'ascenseur et récupérés sur Terre.

Comment déployer le câble depuis l'espace ? La réponse semble simple : il suffit de dérouler une bobine de câbles préalablement mise en orbite géostationnaire.



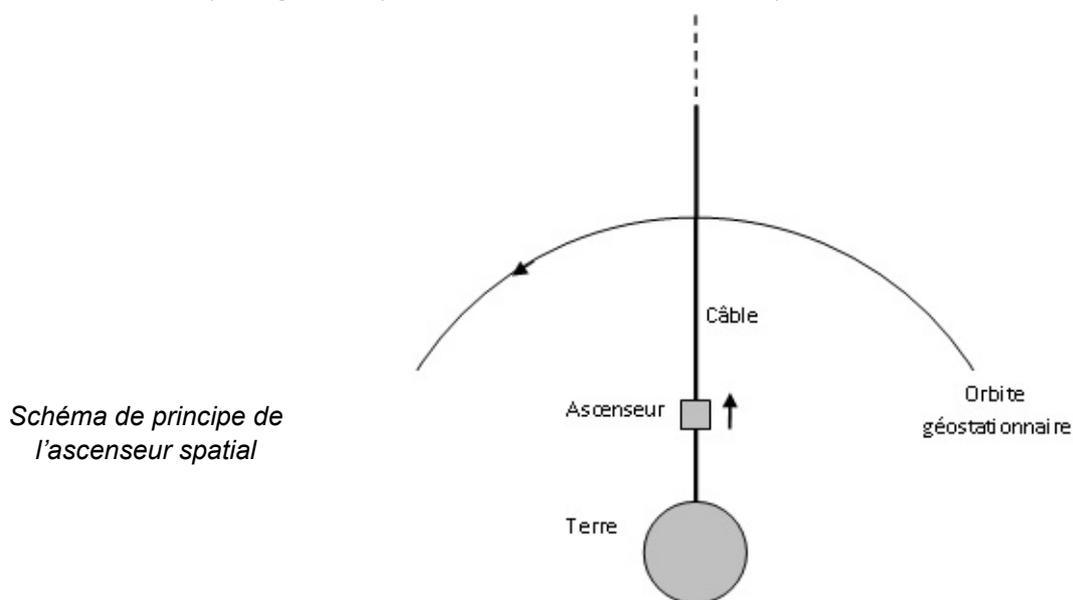
Dessin d'artiste représentant un ascenseur spatial

Mais il y a un problème. Sur la partie basse du câble l'attraction terrestre dépasse la force centrifuge due à son mouvement de rotation autour de la Terre. Conséquence : le câble est irrémédiablement tiré vers la Terre et ne peut maintenir sa position initiale. Pour pallier ce problème, il suffit de déployer le câble simultanément dans deux directions opposées, c'est-à-dire vers la Terre et vers l'espace.

Dans ce cas, l'astuce consiste à ce que la partie supérieure du câble « retienne » la partie inférieure.

L'ascenseur spatial permettrait aussi d'utiliser l'énergie de rotation de la Terre pour lancer des sondes depuis l'orbite géostationnaire vers des orbites plus hautes. La vitesse orbitale tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre. Vénus, Mars, Jupiter et même la sortie du système solaire seraient accessibles sans énergie supplémentaire que celle requise pour atteindre l'orbite géostationnaire.

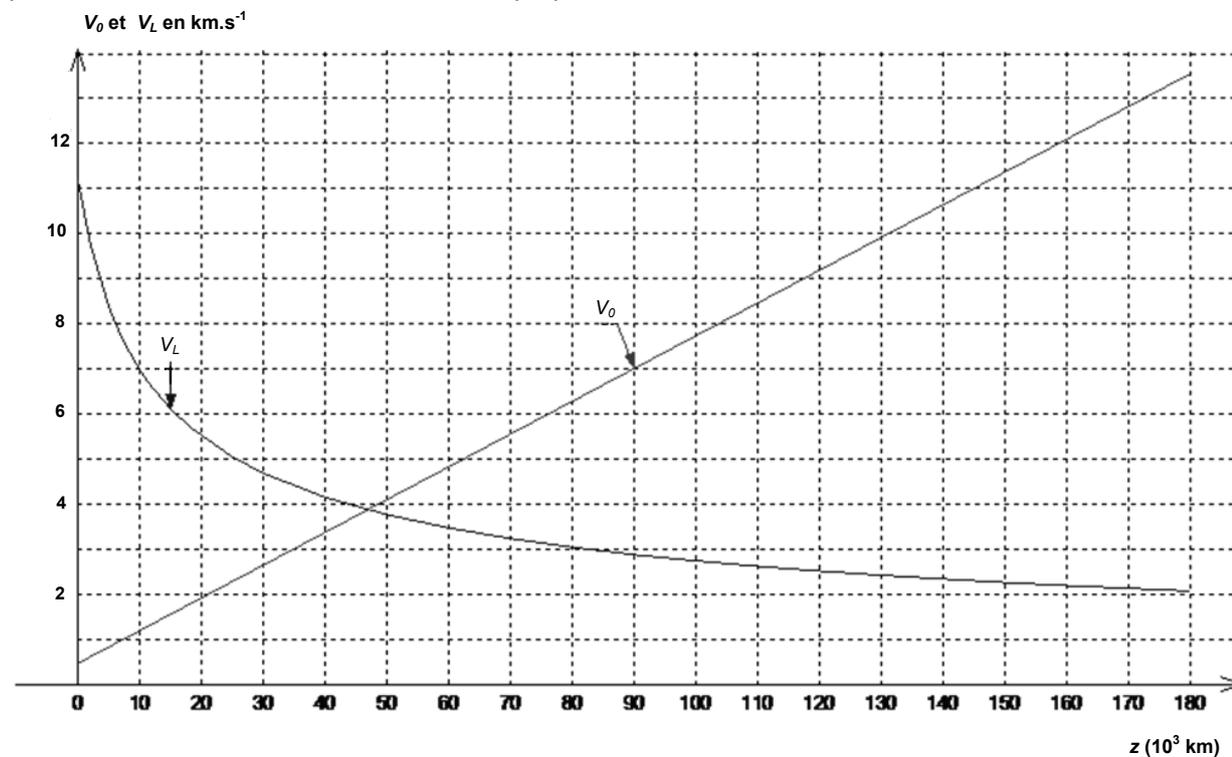
D'après "The orbital tower : a spacecraft launcher using the Earth's rotational energy", article original de Jérôme PEARSON en 1975 et <http://blog.belial.fr/post/2010/04/18/Ascenseur-vers-l-espace>, article de R. LEHOUCQ



Document 2. Vitesse de libération et vitesse orbitale

Vitesse de libération V_L : vitesse minimale à communiquer à un projectile non motorisé dans le référentiel géocentrique (référentiel lié au solide imaginaire contenant le centre de la Terre et 3 étoiles éloignées) pour qu'il puisse s'échapper de l'attraction terrestre. Elle dépend de son altitude initiale z .

Vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial : vitesse, par rapport au référentiel géocentrique, qu'il possède sur son orbite dans une direction perpendiculaire au fil de l'ascenseur.



Graphique représentant la vitesse de libération V_L et la vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial (en km.s^{-1}) en fonction de l'altitude z .

1. Pourquoi utiliser un satellite géostationnaire pour ce projet ?

1.1. À partir des documents et sans faire de calcul, définir un satellite géostationnaire puis donner les valeurs de sa vitesse et de sa période dans le référentiel terrestre et dans le référentiel géocentrique.

1.2. Dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, le satellite géostationnaire a une trajectoire circulaire. À partir de la deuxième loi de Kepler (ou des aires), montrer que le mouvement de ce satellite est uniforme.

1.3. En faisant référence à la question précédente, donner la direction et le sens du vecteur accélération du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique. Montrer que ces résultats sont en conformité avec la deuxième loi de Newton.

1.4. Établir l'expression de la vitesse v du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique en fonction de sa période $T_{\text{Géo}}$, du rayon de la Terre R_T ($R_T = 6,4 \times 10^3$ km) et de son altitude h puis calculer sa valeur.

1.5. D'après le texte, que faut-il « rajouter » à un satellite géostationnaire pour réaliser un ascenseur spatial ? Pour quelle raison est-il essentiel de placer un satellite à 36 000 km ?

2. L'ascenseur spatial

2.1. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma :

- la Terre de rayon équatorial $R_T = 6,4 \times 10^3$ km ;
- le satellite géostationnaire en orbite à l'altitude h de « 36 000 km » ;
- le câble reliant le satellite géostationnaire à la Terre ;
- la cabine de l'ascenseur à une altitude $h' = 20\,000$ km ;
- le vecteur vitesse ascensionnelle \vec{V}_A de la cabine le long du fil ainsi que son vecteur vitesse orbitale \vec{V}_O .

2.2. Un point de l'ascenseur spatial situé à l'altitude z possède dans le référentiel géocentrique la vitesse orbitale $V_O(z) = \frac{2\pi(R_T + z)}{T_{Géo}}$. Montrer que cette expression est cohérente avec l'allure de la courbe de la vitesse orbitale présentée dans le document 2.

2.3. En faisant référence au document 1, calculer la valeur de sa vitesse moyenne ascensionnelle.

2.4. Comparer la vitesse moyenne ascensionnelle à la vitesse orbitale à l'altitude h' .

2.5. « La vitesse tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre ».

2.5.1. Estimer l'altitude minimale de l'ascenseur spatial pour que le satellite s'échappe de l'attraction terrestre.

2.5.2. Estimer l'énergie cinétique à communiquer à un satellite de masse $m = 1,5 \times 10^3$ kg, en orbite géostationnaire, pour qu'il s'échappe de l'attraction terrestre. Comment cette énergie peut-elle lui être communiquée ?

EXERCICE II - AUTOUR DE L'ASPARTAME (10 points)

L'aspartame est un édulcorant artificiel découvert en 1965. C'est un dipeptide obtenu par réaction de l'acide aspartique et d'un dérivé de la phénylalanine, deux acides aminés.

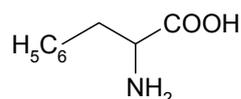
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. La phénylalanine et l'acide aspartique

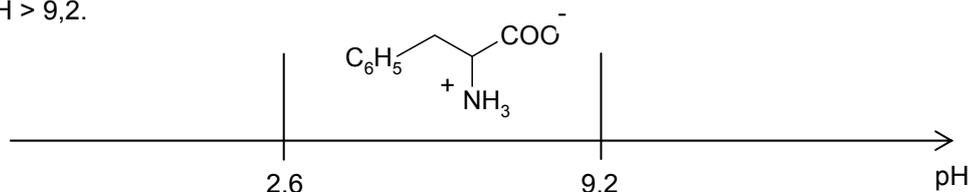
1.1. La phénylalanine

La phénylalanine est un acide aminé essentiel : il doit être apporté par l'alimentation car l'organisme est incapable de le synthétiser.

La formule de la phénylalanine est :



- 1.1.1. Recopier la formule de la phénylalanine puis entourer et nommer les groupes fonctionnels présents dans la molécule.
- 1.1.2. Identifier l'atome de carbone asymétrique. Comment peut-on alors qualifier une telle molécule ?
- 1.1.3. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de la phénylalanine.
- 1.1.4. Les acides aminés sont des molécules ayant des propriétés à la fois acides et basiques. La forme prédominante de la phénylalanine dépend alors du pH.
Recopier la figure ci-dessous et indiquer les structures des espèces qui prédominent à $\text{pH} < 2,6$ et $\text{pH} > 9,2$.



1.2. L'acide aspartique

La formule de l'acide aspartique est : $\text{HOOC---CH}_2\text{---CH}(\text{NH}_2)\text{---COOH}$

On s'intéresse au spectre de RMN du proton de l'acide aspartique.

Le tableau ci-dessous donne les déplacements chimiques de quelques noyaux d'hydrogène. L'hydrogène concerné est indiqué en caractère gras.

Type de proton	δ (ppm)
R- CH ₂ -CO-R'	2,0 – 4,0
R-COOH	9,5 – 13
R-NH ₂	1,0 – 5,0

Le spectre de RMN de l'acide aspartique présente les signaux suivants :

- singulet large à 11 ppm, intégration 2 ;
- triplet à 3,8 ppm, intégration 1 ;
- doublet à 2,7 ppm, intégration 2 ;
- singulet très large à environ 2 ppm, intégration 2.

1.2.1. Attribuer les signaux observés à chaque hydrogène (ou groupes d'hydrogènes équivalents) de la molécule d'acide aspartique.

1.2.2. Interpréter la multiplicité des pics pour le triplet à 3,8 ppm.

2. Synthèse d'un dérivé de la phénylalanine

La littérature scientifique permet d'obtenir les informations suivantes :

Document 1. Protocoles de synthèse du dérivé de la phénylalanine

Protocole n°1. Utilisation du triméthylchlorosilane

On introduit dans un ballon 10 g de phénylalanine. On additionne lentement, tout en agitant, 15 mL de triméthylchlorosilane. Un volume de 60 mL de méthanol est ensuite ajouté au mélange qui est agité pendant 12 heures à température ambiante. On procède à l'évaporation du solvant afin d'obtenir le produit souhaité. Le rendement de la synthèse est de 96%.

Protocole n°2. Utilisation du chlorure de thionyle

Dans un ballon, 10 g de phénylalanine sont mis en suspension avec 100 mL de méthanol. Sous agitation magnétique, le mélange réactionnel est refroidi à l'aide d'un bain d'eau glacée puis 6 mL de chlorure de thionyle sont ajoutés goutte à goutte. Le mélange est maintenu 24 heures sous agitation à température ambiante. Après évaporation du solvant, le produit obtenu est recristallisé dans un mélange d'éthanol et d'acétate d'éthyle. Le rendement de la synthèse est de 97%.

Protocole n°3. Utilisation de l'acide sulfurique

On introduit dans un ballon 15 g de phénylalanine, 27 mL de méthanol et 5 mL d'acide sulfurique. Le ballon est placé, sous agitation, dans un bain d'eau à 85°C pendant 4 heures. Un volume de 125 mL de méthanol est ajouté goutte à goutte au mélange par l'intermédiaire d'une ampoule de coulée. Simultanément, l'excès de méthanol est retiré du mélange. Après 4 heures, on traite l'huile obtenue. Le rendement de la synthèse est de 67%.

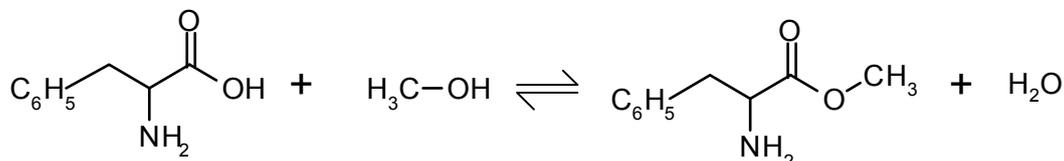
Document 2. Informations concernant différentes espèces chimiques

	Pictogramme	Mentions de danger	Tarif en 2012
Phénylalanine			16,90 € les 25 g
Méthanol		Liquide et vapeurs très inflammables. Toxique en cas d'ingestion. Toxique par contact cutané. Toxique par inhalation. Risque avéré d'effets graves pour les organes.	10,90 € le litre
Triméthylchlorosilane		Liquide et vapeurs très inflammables. Nocif par contact cutané. Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. Toxique par inhalation. Peut irriter les voies respiratoires.	23,30 € les 100 mL
Chlorure de thionyle		Nocif par inhalation. Nocif en cas d'ingestion. Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. Peut irriter les voies respiratoires.	22,90 € les 100 mL
Acide sulfurique		Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.	8,80 € le litre

2.1. À l'aide des documents, dégager l'(es) avantage(s) et l'(es) inconvénient(s) de chacun des trois protocoles proposés. Consigner les réponses dans un tableau.

On se propose de préparer au laboratoire l'ester méthylique de la phénylalanine en adaptant le **protocole n°3** au matériel disponible au laboratoire.

L'équation de la réaction est donnée ci-dessous :



Protocole retenu :

On introduit dans un ballon une masse $m = 16,5$ g de phénylalanine et un volume $V = 40$ mL de méthanol.

On ajoute quelques millilitres d'une solution aqueuse concentrée d'acide sulfurique.

On chauffe à reflux pendant quatre heures puis on laisse revenir le mélange à température ambiante.

Une solution d'hydrogénocarbonate de sodium est ensuite versée dans le ballon afin de neutraliser les acides présents dans le milieu réactionnel.

Le mélange est placé dans une ampoule à décanter et l'ester est extrait par du dichlorométhane.

La phase organique est recueillie, lavée et séchée sur du sulfate de sodium anhydre. Après filtration et évaporation du dichlorométhane, on recueille une masse $m' = 11,4$ g d'ester.

Données :

➤ Masses molaires :

	Phénylalanine	Méthanol	Ester méthylique de la phénylalanine
Masse molaire ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	165	32	179

➤ Masses volumiques :

	Eau	Méthanol	Dichlorométhane
Masse volumique ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	1,0	0,79	1,3

➤ Comparaison des électronégativités : $\chi(\text{O}) > \chi(\text{C})$

2.2. Protocole expérimental

2.2.1. En analysant la nature des réactifs utilisés, quelles sont les précautions opératoires à respecter impérativement pour mettre en œuvre ce protocole ?

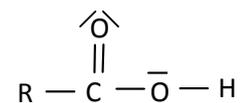
2.2.2. La réaction d'estérification est une réaction lente. Comment, dans ce protocole, la transformation chimique a-t-elle été accélérée ?

2.2.3. Dans le cas précis de cette synthèse, justifier l'impossibilité d'évaluer la durée de cette transformation chimique par un suivi par chromatographie sur couche mince.

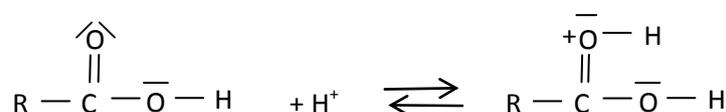
2.2.4. Évaluer le rendement de cette synthèse organique en expliquant la démarche suivie.

2.3. Mécanisme réactionnel

On utilisera la formule simplifiée ci-contre pour la molécule de phénylalanine.



La première étape du mécanisme réactionnel, reproduite ci-dessous, permet d'illustrer le rôle des ions H^+ dans la synthèse de l'ester méthylique.



Une fois fixés, les ions H^+ permettent d'augmenter le caractère accepteur de doublets d'électrons d'un des atomes de la liaison $\text{C}=\text{O}$ ce qui augmente la vitesse de la réaction à l'échelle macroscopique.

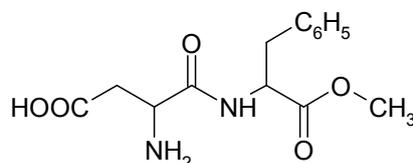
- 2.3.1. Quelle espèce chimique introduite dans le milieu réactionnel permet d'apporter les ions H^+ nécessaires ?
- 2.3.2. Représenter sur votre copie la formule simplifiée de la molécule obtenue à l'issue de la première étape et localiser l'atome accepteur de doublets d'électrons de la liaison $C=O$.
- 2.3.3. Reproduire sur votre copie la première étape du mécanisme réactionnel et relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur d'électrons afin d'expliquer la formation de la nouvelle liaison.

3. Synthèse de l'aspartame

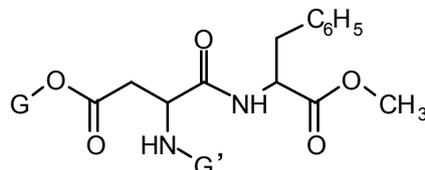
Le groupe amino réagit avec le groupe carboxyle selon l'équation suivante :



Ainsi l'acide aspartique et l'ester méthylique de la phénylalanine réagissent entre eux pour former l'aspartame dont la formule est donnée ci-dessous :



- 3.1. Donner le nom du groupe caractéristique qui a été créé lors de la synthèse de l'aspartame.
- 3.2. Lorsque l'on analyse le milieu réactionnel obtenu à la fin de la synthèse par une chromatographie sur couche mince (CCM), on observe plusieurs taches à des hauteurs différentes de celles des réactifs. Sachant que l'eau n'apparaît pas sur la plaque de chromatographie, proposer une explication à ce constat expérimental.
- 3.3. Écrire la formule semi-développée d'une molécule autre que l'aspartame présente dans le milieu réactionnel à la fin de la synthèse.
- 3.4. Pour synthétiser l'aspartame, la stratégie de synthèse consiste à protéger le groupe NH_2 et l'un des deux groupes $COOH$ de l'acide aspartique à l'aide d'un groupe protecteur noté G' ou G . L'acide aspartique protégé réagit alors avec le dérivé de la phénylalanine protégé pour donner la molécule suivante :



- 3.4.1. Écrire la formule semi-développée de l'acide aspartique protégé.
- 3.4.2. Que faut-il faire ensuite pour obtenir l'aspartame à partir de ce dérivé ? (aucune écriture de réaction chimique n'est demandée)
- 3.5. En utilisant le tableau ci-dessous et votre sens critique, expliquer s'il est judicieux d'utiliser la spectroscopie infrarouge pour s'assurer de l'obtention d'aspartame au regard de la nature des liaisons formées ou rompues au cours de la transformation chimique.

Table des nombres d'onde

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité F : fort ; m : moyen	Espèce
N-H	3300-3500	m (2 bandes)	Amine primaire
N-H		m (1 bande)	Amine secondaire
N-H	3100-3500	F	Amide
$C_{tet}-H$	2850-3000 et 1430-1480	F	Alcane
O-H	2500-3200	F à m (large)	Acide carboxylique
$C_{tri}=O$	1700-1725	F	Acide carboxylique
$C_{tri}=O$	1735-1750	F	Ester
$C_{tri}=O$	1630-1700	F	Amide

C_{tet} : carbone tétravalent

C_{tri} : carbone trivalent

EXERCICE III - La quête du GRAVE

L'histoire de la contrebasse remonte à la création de la famille des violons au XVI^{ème} siècle en Italie. La recherche d'instruments à cordes avec ce timbre particulier mais capable de jouer des notes plus graves a conduit à l'élaboration de la contrebasse puis de l'octobasse. En 2010 l'atelier de lutherie de Mirecourt de J.J. Pagès a reproduit à l'identique l'octobasse.

L'objectif de cet exercice est de répondre au problème que se pose le luthier : comment peut-il produire des notes de plus en plus graves avec l'instrument qu'il fabrique, l'octobasse ?



Pour répondre aux questions suivantes, vous vous aiderez des documents 1 à 3 page 10.

Résolution de problème**Questions préalables**

- Donner la relation liant la fréquence f du mode de vibration fondamental, la longueur de la corde L et la célérité v de l'onde sur la corde. Montrer que cette relation peut s'écrire : $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.
- Le son le plus grave de la contrebasse jouant à vide est un mi_0 . La longueur de la corde émettant cette note vaut $L_0 = 1,05$ m. On souhaite construire une octobasse qui puisse émettre la note do_{-1} . En faisant l'hypothèse que l'octobasse possède une corde de même masse linéique et de même tension que la corde « mi_0 » de la contrebasse, que peut-on dire de la longueur de la corde L_{-1} de l'octobasse nécessaire pour émettre la note do_{-1} . À quelle difficulté se trouve confronté le luthier ?

Problème

En s'affranchissant de l'hypothèse précédente, quelle(s) solution(s) technique(s) le luthier peut-il proposer pour que, en respectant le cahier des charges (document 3), une même corde de l'octobasse puisse émettre un do_{-1} et aussi un $ré_{-1}$?

Remarques :

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.

Document 1. Quelques informations

Une corde de longueur L vibrant dans son mode fondamental vérifie la relation :

$$L = \frac{\lambda}{2} \text{ avec } \lambda : \text{longueur d'onde de la vibration de la corde.}$$

La célérité v de l'onde sur la corde est liée à la tension T imposée à la corde et à sa masse linéique μ par la relation :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ avec } T \text{ en N et } \mu \text{ en kg.m}^{-1}$$

Le domaine du spectre audible pour l'homme va de 20 Hz à 20 kHz.

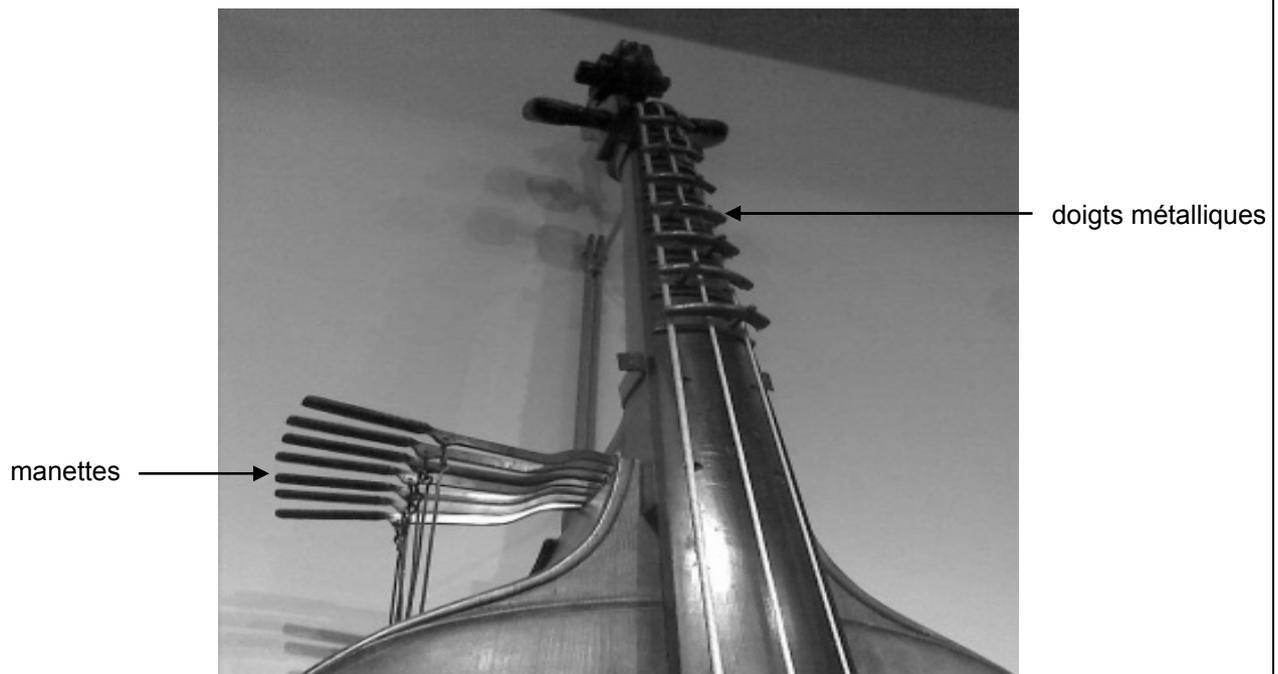
Document 2. Fréquences de quelques notes dans la gamme tempérée

Fréquences des notes (Hz)			
Numéro d'octave	-1	0	1
do (ut)	16,3	32,7	65,4
ré	18,3	36,7	73,4
mi	20,6	41,2	82,4
fa	21,8	43,6	87,3
sol	24,5	49,0	98,0
la	27,5	55,0	110
si	30,9	61,7	123

Les cordes d'un instrument sont nommées d'après la note qu'elles émettent dans le mode fondamental, quand elles sont pincées à vide.

Document 3. Cahier des charges de l'octobasse d'après le luthier

L'octobasse possède 3 cordes jouant respectivement les notes do_{-1} , sol_{-1} et do_0 et sa taille est d'environ 4 m. La longueur des cordes est de 2,18 m (longueur à vide). L'instrument est si grand que le musicien doit monter sur un escabeau pour frotter les cordes avec un archer. Le musicien peut manipuler, à l'aide de manettes, sept doigts métalliques qui réduisent la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**SESSION 2013****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 présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12.

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

EXERCICE 1 – DE LA LIAISON COVALENTE A LA SPECTROSCOPIE INFRAROUGE – 4 POINTS

Les vibrations des liaisons de valence sont à l'origine des spectres d'absorption dans l'infrarouge proche. Une molécule absorbe de façon intense les ondes électromagnétiques dont la fréquence est proche d'une valeur appelée « fréquence propre de vibration » de la liaison covalente. Les atomes liés se mettent alors à vibrer autour de leur position d'équilibre.
Un modèle simple de la liaison chimique covalente qualifié de « modèle à oscillateur harmonique » (voir document 1) assimile la liaison entre deux atomes à une liaison solide-ressort.

1. Période propre d'un oscillateur harmonique

En laboratoire, on étudie un dispositif solide-ressort, schématisé dans les documents 2 et 3. Dans le référentiel du laboratoire, l'une des extrémités d'un ressort de raideur k est maintenue fixe. L'autre extrémité est reliée à un solide de masse m . La masse oscille autour de sa position d'équilibre avec une période notée T_0 , appelée « période propre ». Les données sont présentées dans les documents 2 et 3.

- 1.1. La période propre T_0 d'un oscillateur harmonique est-elle proportionnelle à la masse m du solide ? À la constante de raideur k du ressort ? Justifier.
- 1.2. Parmi les expressions proposées dans le tableau suivant, une seule est cohérente avec les observations expérimentales des documents 2 et 3. Déterminer laquelle en expliquant le raisonnement.

$T_0 = m \times k$	$T_0 = 2\pi \times \frac{m}{k}$	$T_0 = 2\pi \times \sqrt{\frac{m}{k}}$	$T_0 = 2\pi \times \sqrt{\frac{1}{m \times k}}$
--------------------	---------------------------------	--	---

2. Spectre infrarouge

On assimile la liaison covalente O–H à un oscillateur harmonique de constante de raideur $k = 7,2 \times 10^2 \text{ N.m}^{-1}$ et de masse réduite m_r .

- 2.1. À l'aide du document 4, exprimer m_r en fonction de $m(\text{O})$, masse d'un atome d'oxygène, et $m(\text{H})$, masse d'un atome d'hydrogène.
- 2.2. En déduire que $m_r = \frac{M(\text{O}) \times M(\text{H})}{(M(\text{O}) + M(\text{H})) \times N_A}$. Calculer la valeur de m_r .
- 2.3. À l'aide des questions 1.2. et 2.2., montrer que la fréquence propre associée à cet oscillateur harmonique vaut $f_0 = 1,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- 2.4. En calculant la longueur d'onde dans le vide associée à f_0 et en supposant que le modèle précédent s'applique à la molécule d'eau, préciser à l'aide du document 5 s'il s'agit d'une vibration d'élongation ou d'une vibration de déformation.

Données :

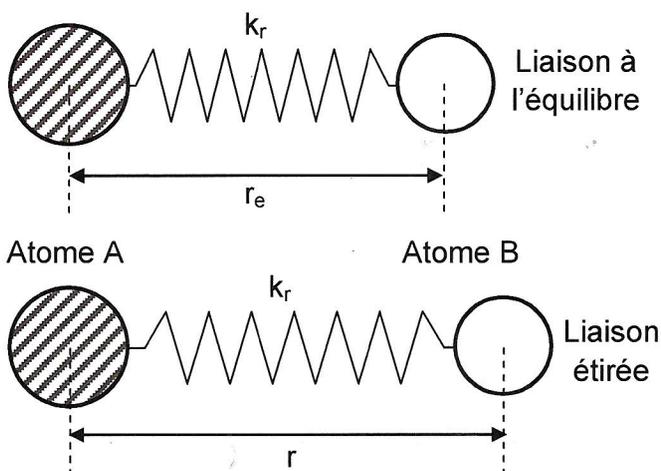
Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE 1

Document 1 : Approximation de l'oscillateur harmonique



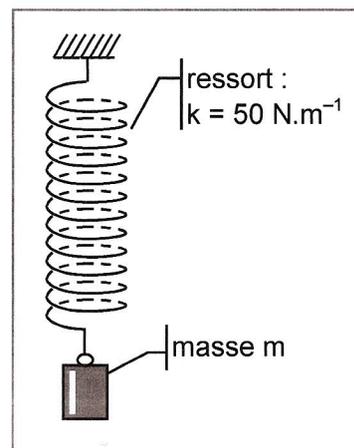
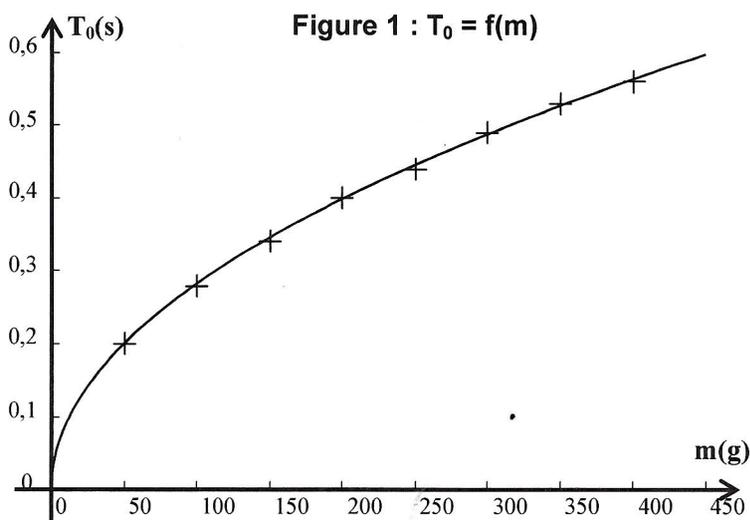
Une liaison peut être assimilée à un ressort de constante de raideur k_r et de longueur à l'équilibre r_e .

Document 2 : Étude expérimentale du dispositif solide-ressort : influence de m

On étudie l'influence de la masse m du solide suspendu au ressort sur la période propre T_0 des oscillations. On utilise un ressort de constante de raideur $k = 50 \text{ N.m}^{-1}$ et on relève la période propre T_0 des oscillations pour différentes masses m :

m (g)	50	100	150	200	250	300	350	400
T_0 (s)	0,20	0,28	0,34	0,40	0,44	0,49	0,53	0,56

Puis on trace la courbe : $T_0 = f(m)$

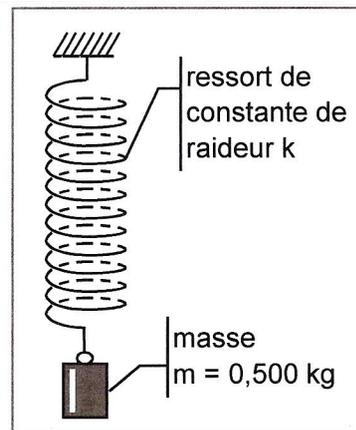
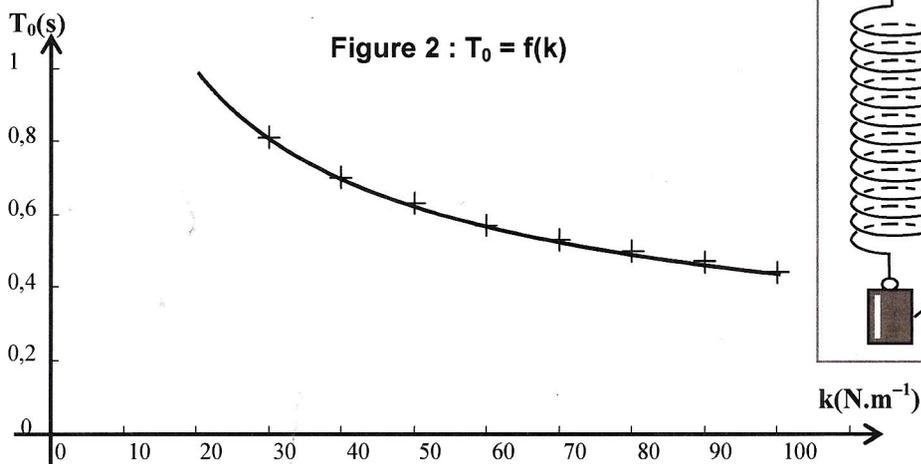


Document 3 : Étude expérimentale du dispositif solide-ressort : influence de k

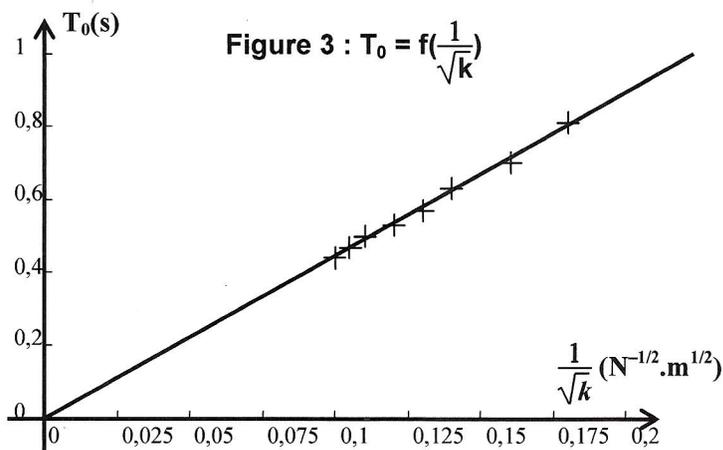
À l'aide du dispositif expérimental utilisé dans le document 2, on étudie ensuite l'influence de la constante de raideur k du ressort sur la période propre T_0 des oscillations. Pour cela on utilise un solide de masse $m = 0,500$ kg et on relève la période propre T_0 des oscillations du dispositif solide-ressort pour différents ressorts de constantes de raideur k :

k ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$)	30	40	50	60	70	80	90	100
T_0 (s)	0,81	0,70	0,63	0,57	0,53	0,50	0,47	0,44

On trace T_0 en fonction de k :



On trace à présent T_0 en fonction de $\frac{1}{\sqrt{k}}$:

**Document 4 : Oscillateur solide-ressort**

Un oscillateur lié, à chaque extrémité, à des masses m_A et m_B est équivalent à un oscillateur dont une extrémité est fixe et dont la masse m_r , dite masse réduite, fixée à l'extrémité mobile est :

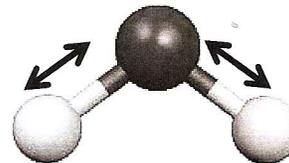
$$m_r = \frac{m_A \times m_B}{m_A + m_B}$$

Document 5 : Spectre infrarouge de la vapeur d'eau

La molécule d'eau à l'état de vapeur absorbe du rayonnement, notamment dans l'infrarouge. Elle présente trois modes normaux de vibration, tous dans le domaine infrarouge proche :

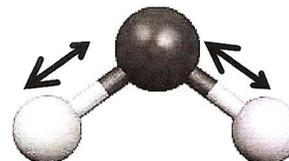
un mode de vibration d'élongation (stretching) symétrique situé à 3652 cm^{-1} (soit pour une longueur d'onde de $2,74\text{ }\mu\text{m}$).

Les deux liaisons s'allongent et se raccourcissent simultanément.



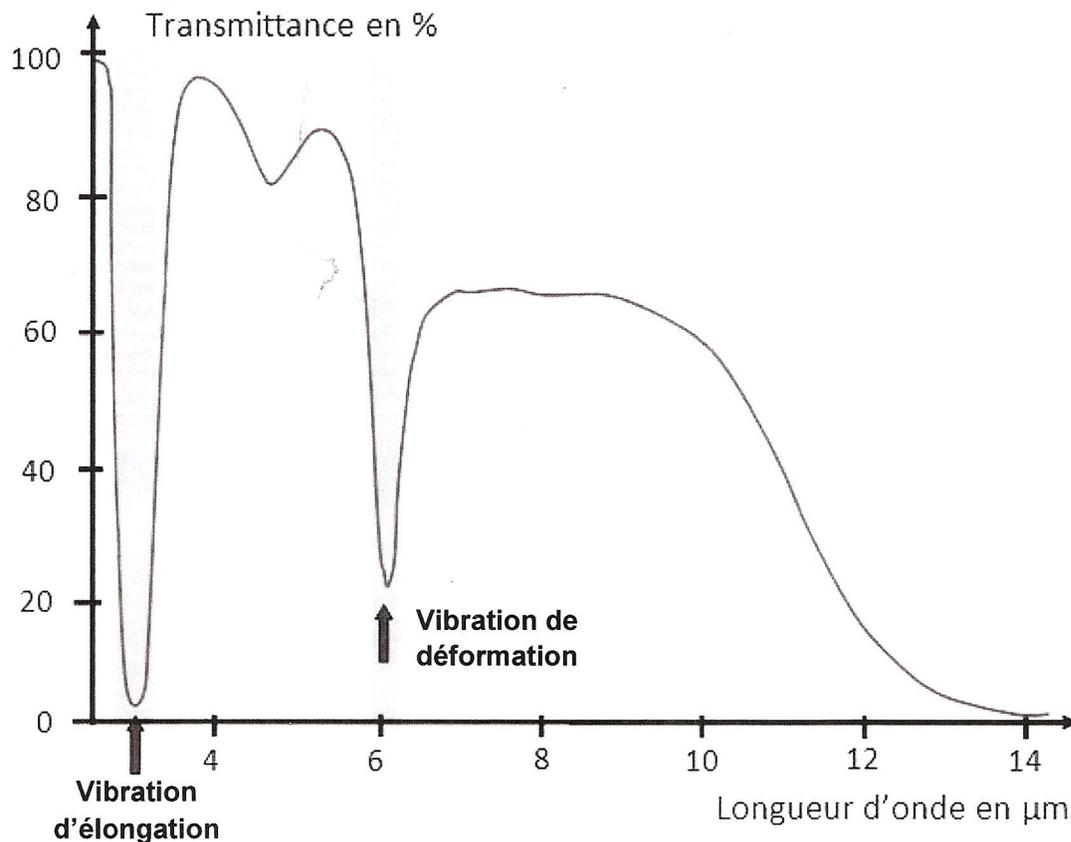
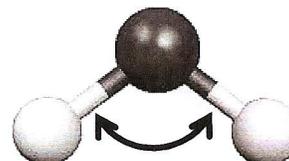
un mode de vibration d'élongation (stretching) antisymétrique situé à 3756 cm^{-1} (soit pour une longueur d'onde de $2,66\text{ }\mu\text{m}$).

Lorsqu'une liaison s'allonge, l'autre se raccourcit et vice-versa.



un mode de vibration de déformation (dit de cisaillement) situé à 1595 cm^{-1} (soit pour une longueur d'onde de $6,27\text{ }\mu\text{m}$).

L'angle entre les liaisons H-O-H oscille.



D'après : http://accés.ens-lyon.fr/accés/terre/eau/comprendre/eau_univers

EXERCICE 2 – UN EXEMPLE DE CHIMIE VERTE : LA SYNTHÈSE DE L'IBUPROFÈNE – 11 POINTS

L'ibuprofène est la substance active de nombreux médicaments de la classe des anti-inflammatoires non stéroïdiens. Cet anti-inflammatoire est aussi un analgésique (antidouleur) et un antipyrétique (lutte contre la fièvre). On l'utilise par exemple pour soulager l'arthrite, les maux de tête ou encore les courbatures.

Dans les années 1960, les laboratoires Boots développent l'ibuprofène de formule brute $C_{13}H_{18}O_2$ et proposent une voie de synthèse en six étapes (voir documents 6 et 7).

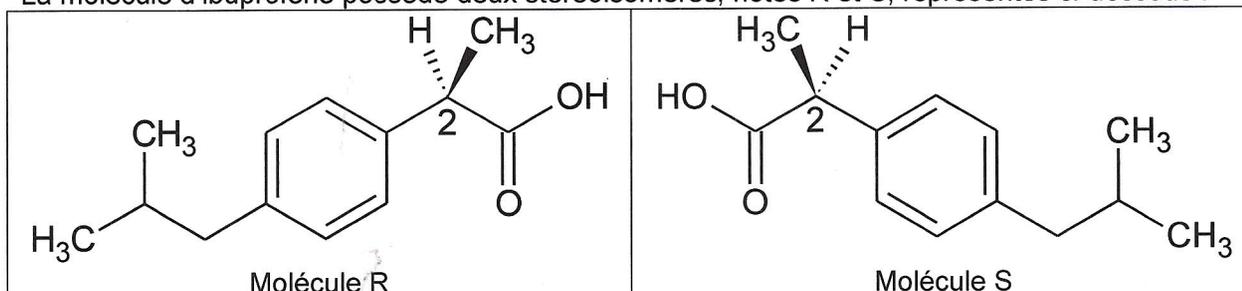
Dans les années 1990, la société BHC met au point un procédé reposant sur les principes de la chimie verte, une chimie qui réduit la pollution à la source et qui est plus respectueuse de l'environnement. La nouvelle voie de synthèse, beaucoup plus efficace que la voie traditionnelle, ne met en jeu que trois étapes (étapes 1, 2 et 3 du document 6). Ainsi la quantité de sous-produit est considérablement réduite, de plus l'unique sous-produit formé est valorisé.

D'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ibuprofène> et <http://culturesciences.chimie.ens.fr/node/787>

Les trois parties sont indépendantes

1. Première partie : description de l'ibuprofène

La molécule d'ibuprofène possède deux stéréoisomères, notés R et S, représentés ci-dessous :



- 1.1. Quel est le nom du groupe caractéristique oxygéné que comporte l'ibuprofène ? Quelle est la fonction chimique correspondante ?
- 1.2. Quel qualificatif utilise-t-on pour désigner l'atome de carbone noté 2 sur les représentations ci-dessus ?
- 1.3. Les molécules R et S sont-elles identiques, énantiomères ou diastéréoisomères ? Justifier.

2. Deuxième partie : analyse des voies de synthèse

Utilisation atomique : définition

L'efficacité d'un procédé est traditionnellement mesurée par le rendement chimique (qui ne tient pas compte de la quantité de sous-produits formés). Dans une optique de réduction de la pollution à la source, la chimie verte propose une évolution du concept d'efficacité qui prend en compte la minimisation de la quantité de déchets. L'indicateur de l'efficacité d'un procédé est l'« utilisation atomique (UA) ».

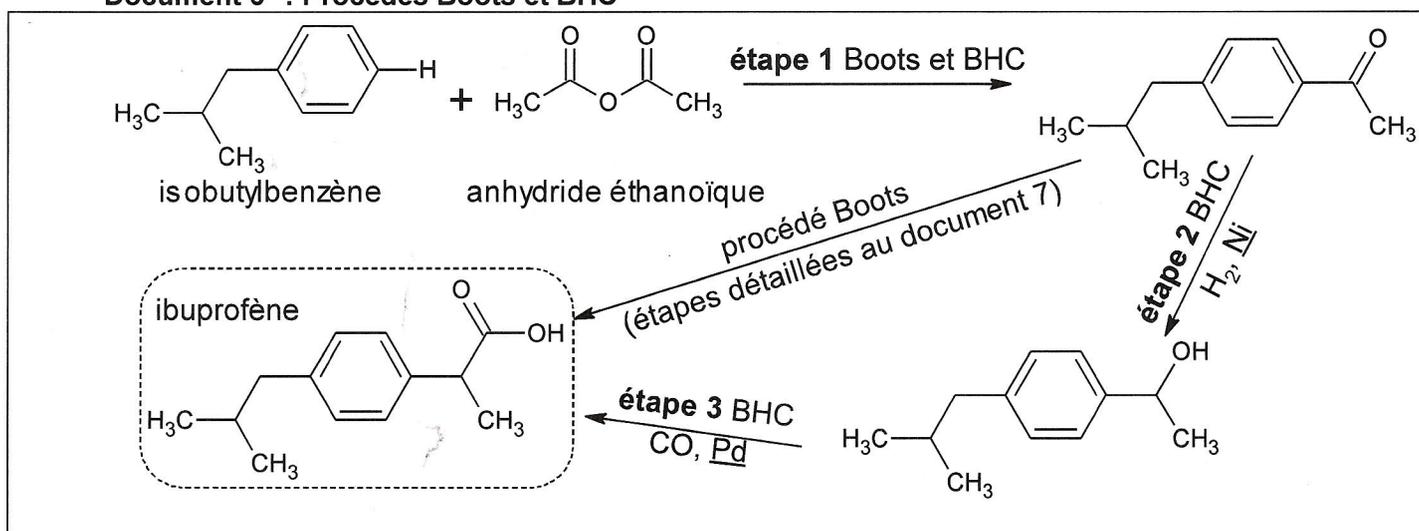
L'utilisation atomique est définie comme le rapport de la masse molaire du produit recherché sur la somme des masses molaires de tous les produits qui apparaissent dans l'équation stœchiométrique. Si les sous-produits de la réaction ne sont pas tous identifiés, alors la conservation de la matière permet de remplacer le dénominateur par la somme des masses molaires de tous les réactifs :

$$\text{Utilisation atomique : UA} = \frac{M(\text{produit désiré})}{\sum_i M(\text{produit } i)} = \frac{M(\text{produit désiré})}{\sum_j M(\text{réactif } j)}$$

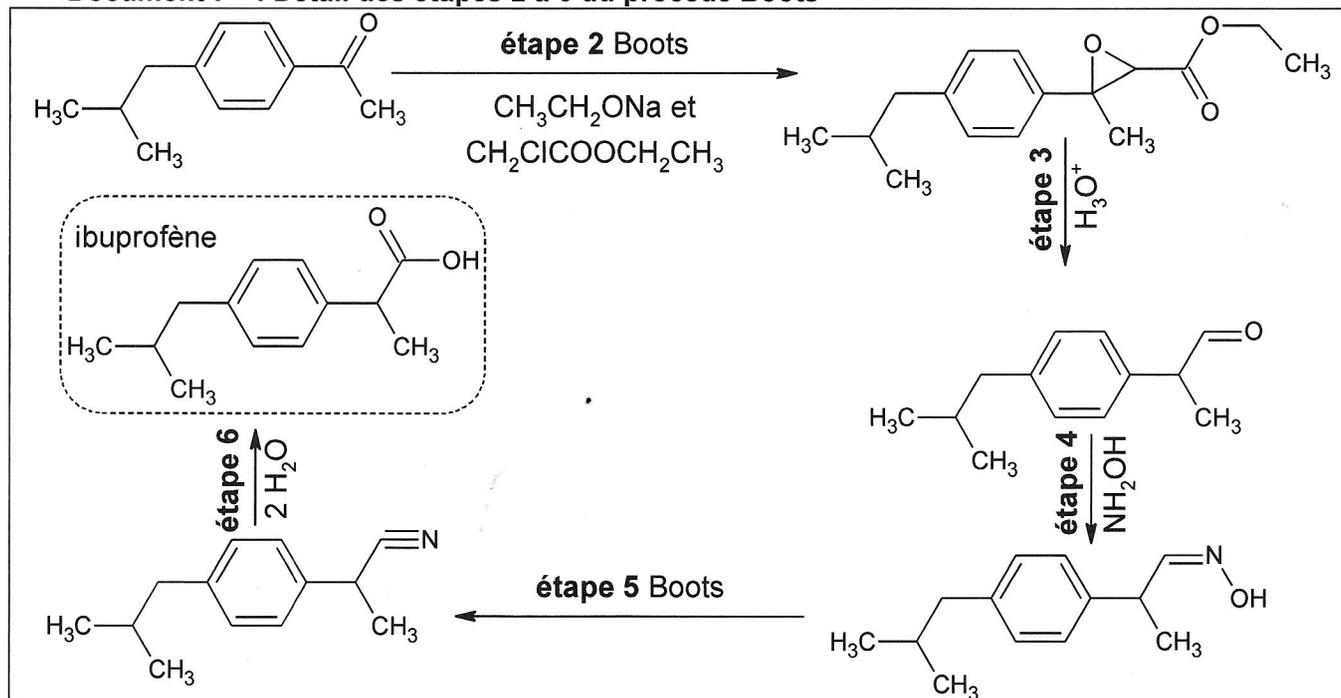
D'après : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/node/787>

- 2.1. L'utilisation atomique du procédé des laboratoires Boots est $UA_1 = 0,40 = 40 \%$. On montre que l'utilisation atomique UA_2 du procédé de la société BHC vaut environ 77% . Conclure.
- 2.2. Dans le procédé BHC (document 6), les espèces soulignées Ni et Pd (étapes 2 et 3) ne sont pas des réactifs. De quel type d'espèces s'agit-il ? Quel est leur rôle ?
- 2.3. L'étape 1 des procédés Boots et BHC est identique. Il y a formation du composé représenté sur le document 6, et d'acide éthanoïque, non représenté. S'agit-il d'une addition, d'une élimination ou d'une substitution ?
- 2.4. À quelle grande catégorie de réactions l'étape 5 (document 7) du procédé Boots appartient-elle ?

Document 6 : Procédés Boots et BHC



Document 7 : Détail des étapes 2 à 6 du procédé Boots



3. Troisième partie : titrage d'un comprimé d'ibuprofène

Afin de réaliser le titrage de l'ibuprofène contenu dans un comprimé d'« ibuprofène 400 mg » :

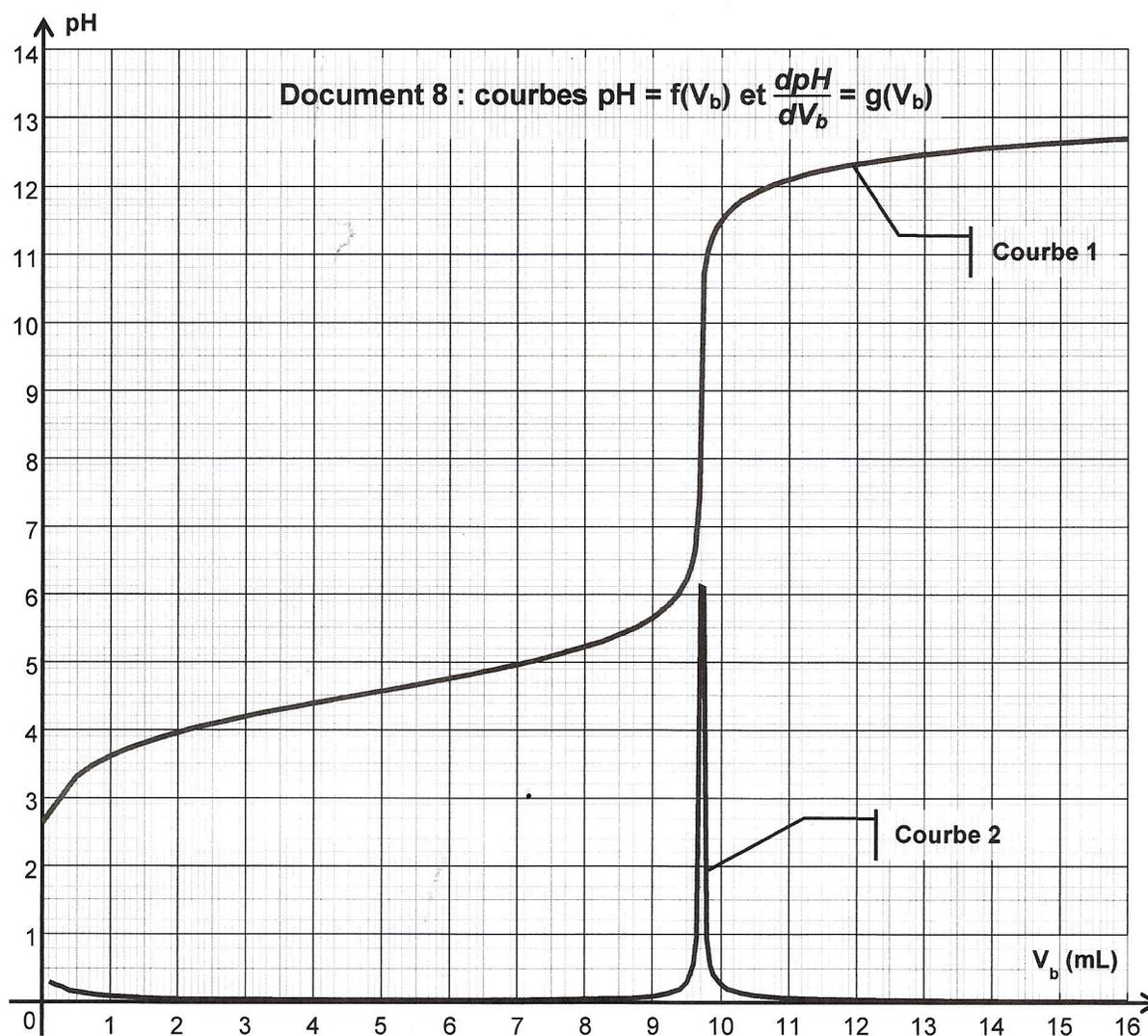
- on réduit en poudre le comprimé dans un mortier à l'aide d'un pilon ;
- on sépare la molécule active des excipients par dissolution dans l'éthanol que l'on évapore ensuite (les excipients sont insolubles dans l'éthanol) ;
- on introduit la poudre obtenue dans un becher et on ajoute environ 40 mL d'eau distillée ;
- le titrage est effectué à l'aide d'une burette graduée contenant une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire apportée $c_b = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$. Le titrage est suivi par pH-métrie (les courbes obtenues sont tracées dans le document 8 ci-après).

3.1. Réaliser un schéma du montage permettant d'effectuer le titrage.

3.2. Définir l'équivalence d'un titrage.

3.3. On rentre dans un tableur-grapheur les différentes valeurs du pH mesurées en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée. On utilise les fonctionnalités du tableur-grapheur pour dériver le pH par rapport à V_b , la grandeur obtenue est notée $\frac{dpH}{dV_b}$. Les

courbes tracées suite au titrage pH-métrique sont $\text{pH} = f(V_b)$ et $\frac{dpH}{dV_b} = g(V_b)$ (document 8).



3.3.1. Parmi les courbes 1 et 2, quelle est celle qui représente $\text{pH} = f(V_b)$ et celle qui représente $\frac{d\text{pH}}{dV_b} = g(V_b)$? Justifier.

3.3.2. Déterminer la valeur du volume équivalent V_E par une méthode de votre choix.

On note, à présent, l'ibuprofène R-COOH .

3.4. À quel couple acide / base appartient l'ion hydroxyde HO^- ?

3.5. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

3.6. Quelles caractéristiques doit posséder une réaction chimique pour être utilisée lors d'un titrage ?

3.7. Le pK_A du couple auquel appartient l'ibuprofène est, à 25°C , $\text{pK}_A = 4,5$.
Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces du couple $\text{R-COOH} / \text{R-COO}^-$.
En utilisant le document 8, déterminer quelle espèce prédomine en début de titrage.

3.8. La solution d'hydroxyde de sodium (de concentration c_b) est initialement placée dans la burette. Calculer le pH de cette solution aqueuse dans l'hypothèse d'une solution diluée.
Quelles précautions d'utilisation convient-il de prendre ? Justifier.

3.9. À l'aide des questions 3.3.2. et 3.5., déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde $n_E(\text{HO}^-)$ versée à l'équivalence et en déduire la quantité de matière $n_i(\text{ibu})$ d'ibuprofène titré.

3.10. Déduire des résultats précédents la masse m d'ibuprofène titré et comparer cette dernière à la valeur attendue.

3.11. On souhaite évaluer l'incertitude $U(m)$ sur la masse m liée aux différentes sources d'erreurs avec un niveau de confiance de 95 %. Dans ces conditions :

- l'incertitude sur la mesure du volume versé par cette burette est $U_{\text{vol}} = 0,16 \text{ mL}$;
- l'incertitude sur la concentration en hydroxyde de sodium est $U_{\text{Cb}} = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'incertitude $U(m)$ sur la masse est alors telle que : $\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{vol}}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{Cb}}}{C_b}\right)^2}$.

Présenter le résultat de la valeur de la masse m sous la forme $m = m \pm U(m)$.

3.12. Parmi les indicateurs colorés acido-basiques proposés dans le tableau ci-après, quel est celui qui est le mieux adapté au titrage précédent ? Justifier.

Indicateur coloré	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique
Vert de bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu
Phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10	rose
Jaune d'alizarine	jaune	10,1 – 12,0	rouge-orangé

Données :

Masse molaire de l'ibuprofène : $M(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) = 206 \text{ g.mol}^{-1}$.

Produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$ à 25°C .

EXERCICE 3 – DE HUBBLE A JAMES WEBB – 5 POINTS

Dès 1923, Hermann Oberth mentionne l'intérêt d'un télescope spatial. En effet, un télescope terrestre reçoit des radiations filtrées par l'atmosphère terrestre qui absorbe des radiations électromagnétiques dans le domaine de l'infrarouge notamment. Par ailleurs un télescope spatial n'est pas sensible aux turbulences atmosphériques.

Le télescope spatial Hubble, du nom de l'astronome américain Edwin Hubble, a été lancé en 1990. Celui-ci souffrait au départ d'un défaut de courbure du miroir, non détecté avant la mise en orbite, qui provoquait des images floues. Après modification grâce à une mission spatiale, Hubble put enfin fournir ses premières images de l'Univers dans le domaine du spectre ultraviolet, visible et proche infrarouge. Le télescope Hubble, d'une masse $m = 11$ tonnes, est positionné sur une « orbite basse » à une altitude quasi constante $h = 600$ km de la surface de la Terre.

Le télescope spatial James Webb, du nom d'un administrateur de la NASA, doit succéder au télescope Hubble en 2018. Il sera lancé par une fusée Ariane 5. Le télescope spatial James Webb, d'une masse de 6200 kg, sera en orbite à une distance proche de 1,5 millions de kilomètres de la Terre en un point dénommé « point de Lagrange L2 » (voir documents 9 à 11).

D'après www.wikipedia.fr, www.hubblesite.org et <http://www.jwst.nasa.gov>

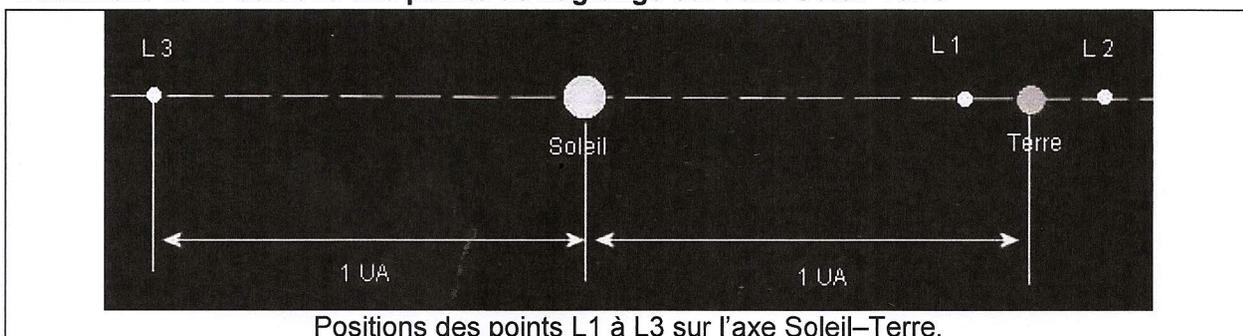
Document 9 : Points de Lagrange

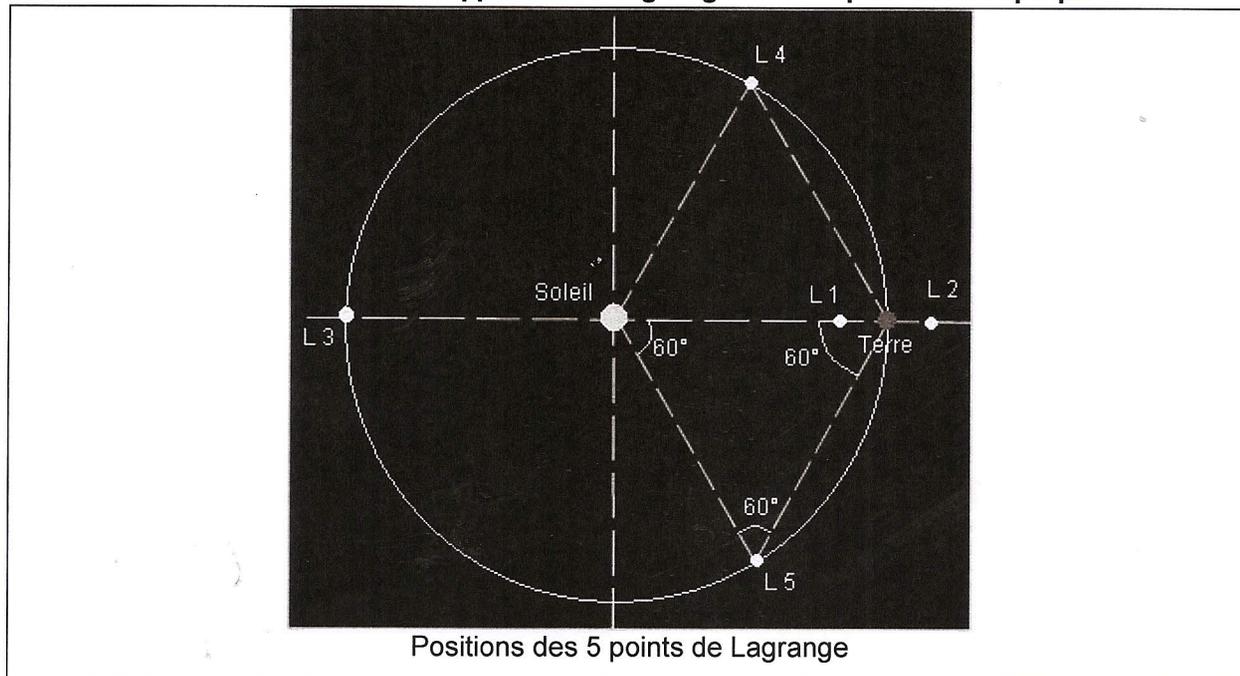
En mécanique céleste, il est un sujet qui a passionné de nombreux mathématiciens : c'est le problème dit « des trois corps ». Joseph-Louis Lagrange étudia le cas d'un petit corps, de masse négligeable, soumis à l'attraction de deux plus gros : le Soleil et, par exemple, une planète. Il découvrit qu'il existait des positions d'équilibre pour le petit corps.

Un point de Lagrange (il en existe 5, notés L1 à L5) est une position de l'espace où les champs de gravité de deux corps très massifs en orbite l'un autour de l'autre fournissent exactement la force centripète requise pour que ce point de l'espace accompagne simultanément la rotation des deux corps.

Dans le cas où les deux corps sont en orbite circulaire, ces points représentent les endroits où un troisième corps de masse négligeable resterait immobile par rapport aux deux autres : il accompagnerait à la même vitesse angulaire leur rotation autour de leur centre de gravité commun sans que sa position par rapport à eux n'évolue. La sonde d'observation SoHO, destinée à observer le Soleil, a par exemple été placée au point L1.

Document 10 : Positions des points de Lagrange sur l'axe Soleil-Terre



Document 11 : Positions des cinq points de Lagrange dans le plan de l'écliptique**Données :**

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse du Soleil : $M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Distance moyenne Soleil-Terre : $d = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$ équivaut à 1 UA (unité astronomique)

Rayon de la Terre : $R_T = 6370 \text{ km}$

Durée d'une année terrestre : 365,25 jours

Les deux parties sont indépendantes**1. Première partie : étude de l'orbite du télescope spatial Hubble**

On étudie le système {télescope spatial Hubble} dans le référentiel géocentrique en négligeant l'interaction gravitationnelle du Soleil avec le télescope.

- 1.1. Quelle est la trajectoire du télescope Hubble dans ce référentiel ?
- 1.2. À partir de la deuxième loi de Newton, montrer que, dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement du télescope Hubble est uniforme.
- 1.3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse v du satellite dans le référentiel géocentrique est : $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}$
- 1.4. Établir l'expression de sa période de révolution T en fonction de R_T , h et v .
- 1.5. Rappeler la troisième loi de Kepler.

Montrer que dans le cas du télescope spatial Hubble on a la relation : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T}$ où $r = R_T + h$ représente la distance entre le centre de la Terre et le télescope spatial.

- 1.6. Calculer la période de révolution T du télescope spatial Hubble, exprimée en minutes.

2. Deuxième partie : étude de la mise en orbite du télescope spatial James Webb

Le télescope spatial James Webb sera mis en orbite par le lanceur européen Ariane 5 depuis la base de lancement située à Kourou en Guyane. Dans cette partie on étudie tout d'abord le système {Ariane 5} (incluant tout son équipement y compris le télescope) dans le référentiel terrestre que l'on suppose galiléen pendant la durée de l'étude. Initialement le système {Ariane 5} est situé sur sa base de lancement. Le repère d'espace choisi est un axe vertical Oz orienté vers le haut. L'origine O est initialement confondue avec le centre d'inertie de la fusée de sorte que $z(0) = z_0 = 0$.

2.1. Lors de son décollage, la fusée Ariane 5 et son équipement possèdent une masse totale proche de $M = 780$ tonnes. La valeur F de la force de poussée générée par ses propulseurs est de l'ordre de $14,0 \times 10^6$ N.

2.1.1. Déterminer la valeur P du poids de la fusée Ariane 5 au moment de son décollage. Donnée : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ (intensité de la pesanteur).

2.1.2. Dédurre de la deuxième loi de Newton l'expression de la coordonnée a_z du vecteur accélération \vec{a} du lanceur Ariane 5 au moment de son décollage en fonction de M , F et g .

2.1.3. L'accélération reste constante si l'on peut négliger les forces de frottement fluide et si le champ de gravitation reste constant. On montre que l'altitude $z(t)$ du lanceur Ariane 5 est alors donnée par la relation :

$$z(t) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{F}{M} - g \right) \cdot t^2$$

Calculer la valeur de l'altitude z du lanceur Ariane 5 au bout de 10 s dans ces conditions.

2.1.4. En réalité, l'altitude d'Ariane 5 est nettement plus faible au bout de 10 s. Proposer une explication énergétique.

On envisage à présent le cas où le télescope James Webb aura atteint le point de Lagrange L2.

2.2. Pourquoi le point L2 a-t-il été choisi pour l'orbite du télescope James Webb plutôt que le point L1, alors qu'il est envisageable de placer plusieurs satellites au même point de Lagrange ?

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage d'une calculatrice EST autorisé**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12 y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (page 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

**EXERCICE I - LES FOURMIS DÉTIENNENT-ELLES LA CLÉ
DU CARBURANT DU FUTUR ? (5 points)**

D'après le communiqué de presse de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) du 30 novembre 2010 (Journaliste : Lionel Pousaz)

L'hydrogène est souvent désigné comme le futur remplaçant des carburants fossiles. Il est facilement produit à partir d'énergie électrique. Écologique et performant, il n'en présente pas moins de nombreux inconvénients. Extrêmement inflammable, il doit être stocké dans d'encombrantes bouteilles pressurisées. Autant d'obstacles à son utilisation, que les scientifiques de l'EPFL et leurs confrères du Leibniz-Institut für Katalyse ont levés, en stockant l'hydrogène sous la forme d'acide formique. Grâce à un catalyseur et au CO_2 présent dans l'atmosphère, les scientifiques ont transformé l'hydrogène en acide formique.

Plutôt qu'une lourde bouteille de fonte remplie d'hydrogène sous pression, ils obtiennent ainsi une substance très peu inflammable et liquide à température ambiante. Une solution pour accumuler l'énergie des sources renouvelables comme le solaire ou l'éolien, ou alimenter la voiture de demain.

En novembre 2010, seconde étape. Les laboratoires sont parvenus à provoquer le phénomène inverse : par le biais d'une catalyse, l'acide formique retourne de manière totale à l'état de CO_2 et d'hydrogène, lequel peut ensuite être transformé en énergie électrique. Un prototype fonctionnel, peu encombrant et d'une puissance de deux kilowatts est d'ores et déjà au point.

Stocker les énergies renouvelables

«Imaginez par exemple que vous ayez des cellules solaires sur votre toit, explique Gabor Laurency, professeur au Laboratoire de chimie organométallique et médicinale et chef de Groupe de catalyse pour l'énergie et l'environnement. Par mauvais temps ou durant la nuit, votre pile à combustible (H_2 , O_2) vous restitue le trop-plein d'énergie accumulé quand le soleil brillait.» Dans une telle configuration, le procédé permet de restituer plus de 60% de l'énergie électrique de départ.

Cette solution est extrêmement sûre. L'acide formique libère de manière continue de très petites quantités d'hydrogène, «juste ce dont vous avez besoin sur le moment pour votre consommation électrique», relève le chercheur.

Autre avantage par rapport au stockage conventionnel, le procédé permet de stocker presque le double d'énergie à volume égal. En effet, un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes d'hydrogène, contre à peine 28 grammes pour un même volume d'hydrogène pur pressurisé à 350 bars.

Enfin, les chercheurs ont travaillé sur un procédé de catalyse basé sur le fer, métal facilement disponible et peu coûteux en comparaison des métaux « nobles » comme le platine ou le ruthénium.

De l'acide formique à la pompe

C'est sans doute dans le domaine automobile que l'invention présente les potentiels les plus intéressants. Actuellement, les prototypes produits par certaines grandes marques stockent l'hydrogène sous forme classique, avec les problèmes que l'on sait : danger d'explosion, volume important occupé par le réservoir pressurisé, difficultés pour faire le plein rapidement...

Les véhicules du XXI^{ème} siècle pourraient rouler à l'acide formique. Cette solution permet un stockage de l'hydrogène non seulement plus sûr, mais également plus compact et plus simple à remplir à la pompe – l'acide formique est liquide à température ambiante. «Techniquement, c'est tout à fait faisable. D'ailleurs, de grands constructeurs nous ont contactés en 2008, quand le baril du pétrole a atteint des sommets, confie Gabor Laurency. À mon sens, le seul obstacle est économique.» Il s'écoulera encore quelques années avant de peut-être pouvoir faire le plein à la première fourmière croisée sur le chemin.

Toutes les questions sont indépendantes.

1. L'acide formique dans de nouvelles chaînes énergétiques

Données

- formule développée de l'acide formique : $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{H}$;
- densité de l'acide formique par rapport à l'eau : $d_{\text{AH}} = 1,22$;
- masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- masse molaire atomique de l'hydrogène : $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- masse molaire atomique de l'oxygène : $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- masse molaire atomique du carbone : $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1.1. Donner trois arguments qui indiquent que l'acide formique serait plus avantageux que l'hydrogène dans les véhicules du futur.

1.2. Démontrer que l'affirmation du texte « un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes d'hydrogène » est vraie.

1.3. Compléter la chaîne des conversions d'énergie et des transformations chimiques en **ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE** avec les termes suivant : CO_2 , énergie électrique, O_2 , HCO_2H .

2. L'acide formique en milieu biologique

Dans la dernière phrase de l'article, le journaliste évoque la possibilité de faire le plein de carburant à la première fourmilière croisée sur le chemin. Depuis très longtemps les scientifiques s'intéressent à l'acide formique. En 1671, le naturaliste anglais John Ray a isolé, par distillation d'un grand nombre de fourmis mortes, un liquide incolore à forte odeur âcre et au caractère acide nommé acide formique.

2.1. Piqûre de fourmi

Les fourmis se défendent en mordant avec leurs mandibules et, pour certaines espèces, en projetant de l'acide formique dans la morsure. La réaction avec l'eau des tissus occasionne des brûlures.



Mandibules



Abdomen dirigé vers la zone de morsure

D'après www.desinfestation.ch

2.1.1. Pourquoi l'acide formique est-il un acide selon la théorie de Brønsted ? ..

2.1.2. Écrire l'équation de la réaction chimique à l'origine des brûlures.

2.2. L'estomac du tamanoir

La digestion des aliments dans l'estomac nécessite un milieu acide de pH environ égal à 2. Chez la plupart des mammifères, ce pH est atteint grâce à la production d'acide chlorhydrique dans l'organisme. En revanche, l'appareil digestif du tamanoir est différent en raison de son régime alimentaire : il mange jusqu'à 30 000 fourmis par jour !



Tamanoir

Données

- l'acide formique est un acide faible dans l'eau ;
- pK_A du couple acide formique / ion formiate ($\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq}) / \text{HCO}_2^-(\text{aq})$) : 3,8 ;
- pK_A du couple eau / ion hydroxyde ($\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$) : 14,0 ;
- pK_A du couple ion oxonium / eau ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$) : 0 ;
- $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$ avec $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en mol.L^{-1} ;
- $\text{pH} > -\log(c)$ pour une solution aqueuse d'acide faible de concentration c (en mol.L^{-1}) en soluté apporté.

2.2.1. Quelle est l'espèce prédominante du couple acide formique / ion formiate dans l'estomac des tamanoirs ? Justifier.

2.2.2. La concentration en acide formique apporté dans l'estomac du tamanoir est-elle égale, inférieure ou supérieure à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$? Justifier.

2.2.3. Proposer une hypothèse justifiant le fait que les tamanoirs n'ont pas besoin de produire d'acide chlorhydrique pour leur digestion.

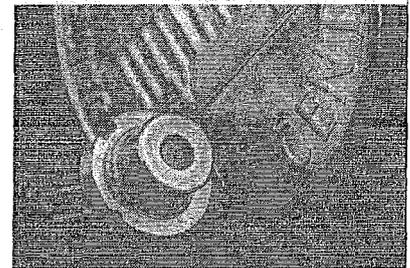
EXERCICE II - LASER ET STOCKAGE OPTIQUE (10 points)

La découverte du laser il y a cinquante ans a révolutionné les domaines industriel, médical, technologique,... Si le principe fondamental du laser a été décrit dès 1917 par Albert Einstein, le premier laser a été fabriqué en 1960 par Théodore Maiman. Depuis les lasers sont très présents dans notre quotidien.

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'apport de la diode laser dans le stockage optique.

Document 1 - Diode laser

« Les diodes lasers sont des lasers qui utilisent comme milieu amplificateur un solide obtenu à partir de matériaux semi-conducteurs, matériaux qui n'existent pas à l'état naturel. Elles permettent d'obtenir pour un coût réduit des lasers très efficaces : ces lasers semi-conducteurs ont aujourd'hui pris une très grande importance et représentent une grande partie du marché total des lasers. On les utilise pour transporter l'information échangée par téléphone ou internet, ils lisent les DVD ou les code-barres dans les supermarchés.



Comment ces lasers ont-ils pris tant d'importance ? La possibilité d'en fabriquer des milliers en même temps a conduit à un faible coût de fabrication. À cela s'ajoute leur excellent rendement et leur compacité : ces lasers s'étendent sur quelques dixièmes de millimètres et leur épaisseur est de l'ordre du micron, soit environ vingt fois moins que l'épaisseur d'une feuille d'aluminium.»

D'après « Introduction : Le laser » de F. Bretenaker, N. Treps

« L'émission de lumière a lieu dans une zone de jonctions de semi-conducteurs, lorsqu'on applique une tension électrique. En régime d'émission spontanée, on a une diode électroluminescente (DEL), composant de base de nombreux afficheurs. Mais si le courant électrique injecté dans la jonction augmente, on peut atteindre le régime où l'émission stimulée est prédominante : on obtient une diode laser. »

D'après « Introduction aux lasers et à l'optique quantique » de G. Grynberg, A. Aspect, C. Fabre

Document 2 - Disque optique et principe de lecture

Sur un disque optique (CD, DVD, disque blu-ray), les données sont inscrites sur une surface ayant la forme d'une couronne de rayon intérieur $R_{\text{int}} = 2,5$ cm et de rayon extérieur $R_{\text{ext}} = 5,8$ cm. Les données sont gravées sous forme de minuscules cuvettes, placées sur des sillons le long de la piste. Les espaces entre les cuvettes sont appelés plateaux (voir figures 1.a et 1.b).

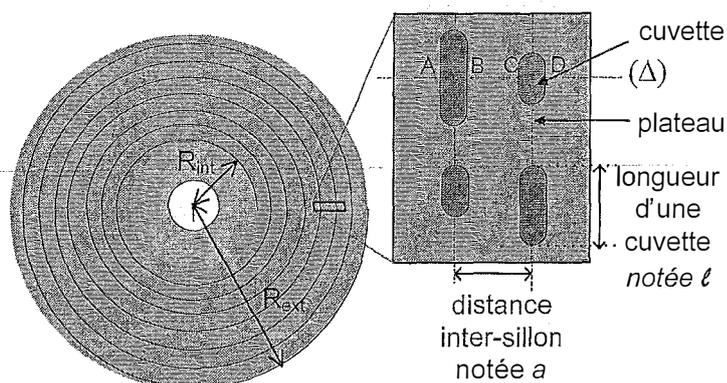


Figure 1.a - Vue de dessous des sillons d'un disque optique

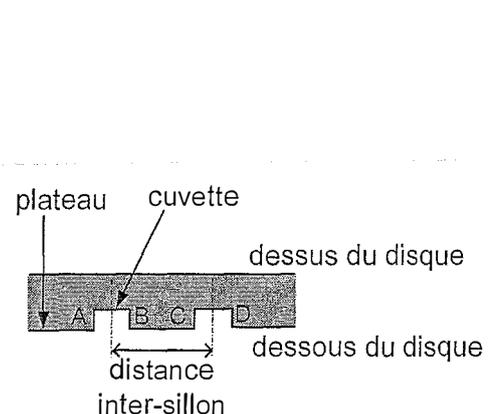


Figure 1.b - Vue en coupe suivant l'axe (Δ) de deux sillons d'un disque

Afin de lire les données du disque, un faisceau lumineux issu d'une diode laser est focalisé par une lentille sur le disque optique. Un chariot déplace le dispositif de façon à permettre au faisceau laser de balayer l'intégralité du disque optique (voir figure 2).

Une fois focalisé, le spot laser apparaît sur le disque sous forme d'une tache de diamètre :

$$d = \frac{1,22 \lambda}{\sin \alpha}$$

où λ est la longueur d'onde du faisceau laser et $\sin \alpha$ la valeur de l'Ouverture Numérique (O.N. = $\sin \alpha$) de la lentille utilisée.

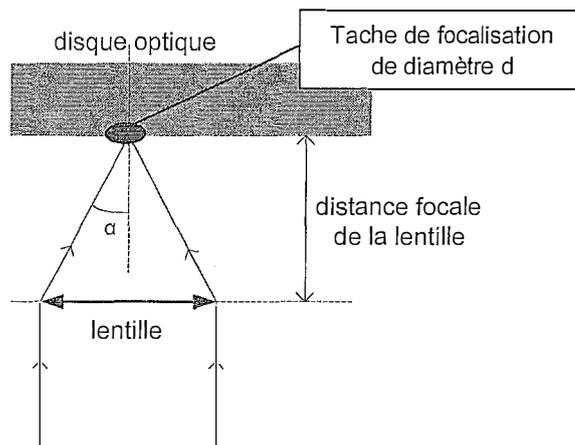
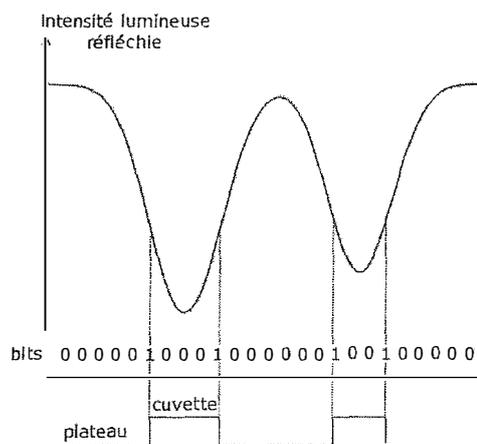


Figure 2 - Dispositif de focalisation du faisceau laser sur le disque optique



Le faisceau se réfléchit sur le disque optique puis est renvoyé vers un capteur de lumière (photodiode) qui détecte l'intensité lumineuse. L'intensité est ensuite codée sous forme binaire, le code binaire étant directement lié au profil de la piste lue (figure 3).

Figure 3 - Allure de l'intensité lue et codage binaire associé pour un profil de piste

Données

- célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- domaine fréquentiel du son audible pour l'oreille humaine : entre 20 Hz et 20 kHz ;
- caractéristiques des différents types de supports (CD, disque blu-ray) :

	CD ou CD-ROM	blu-ray
Longueur d'onde λ du faisceau laser	780 nm	405 nm
Ouverture numérique de la lentille O.N.	0,45	0,85
Distance inter-sillon sur le disque a	1,67 μm	0,32 μm
Longueur minimale d'une cuvette l	0,83 μm	0,15 μm

- Spectre de la lumière visible :

λ (nm)	400-445	445-475	475-510	510-570	570-590	590-600	600-800
couleur	violet	indigo	bleu	vert	jaune	orange	rouge

Données sur l'échantillonnage

- 1 octet = 8 bits ;
- Théorème de Shannon relatif à l'échantillonnage :
La fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de le numériser correctement ;
- Pas en tension électrique p d'un convertisseur analogique-numérique : il correspond au plus petit écart de tension entre deux points du signal numérisé. Il est relié au nombre de bits n et à la tension maximale U_{max} du convertisseur par la relation : $p = \frac{U_{max}}{2^n - 1}$.

Les trois parties sont indépendantes les unes des autres.

1. Lecture d'un disque optique

1.1. Les diodes lasers utilisées dans les lecteurs blu-ray émettent une lumière de longueur d'onde $\lambda = 405 \text{ nm}$. Calculer l'énergie d'un photon associé à cette radiation.

1.2. Indiquer les processus d'émission d'une DEL et d'un laser et indiquer au moins deux caractéristiques de la lumière émise par le laser.

1.3. On admet que la profondeur d'une cuvette est égale à $\lambda/4$, où λ est la longueur d'onde du faisceau laser utilisé. Pour chacun des cas (a) et (b) du **document 3**, calculer la distance supplémentaire δ parcourue par le rayon (2) par rapport au rayon (1).

Document 3 - Modèle de réflexion du faisceau laser sur la surface d'un disque optique

cas (a)

Vue de dessous

Vue en coupe

cas (b)

Vue de dessous

Vue en coupe

Le faisceau laser se réfléchit totalement sur un plateau.

Le faisceau laser est positionné en face d'une cuvette : le rayon (1) situé au bord du faisceau se réfléchit sur un plateau, tandis que le rayon (2) situé au centre du faisceau se réfléchit dans une cuvette.

1.4. Le dispositif optique précédent permet aux rayons (1) et (2) d'interférer après réflexion sur le disque optique.

1.4.1. Comparer l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi sur un plateau avec celle du faisceau réfléchi dans une cuvette.

1.4.2. Préciser dans chacun des deux cas précédents la nature des interférences (constructives ou destructives).

1.5. Comment les variations d'intensité lumineuse sont-elles associées aux « bits » (de valeur 0 ou 1) ?

2. Traitement de l'information numérique

Sur la documentation technique d'un CD-ROM audio, on lit les informations suivantes :

Document 4 - Notice technique

Le son est enregistré sous forme d'échantillons à 44,1 kHz avec 16 bits par canal. Sachant qu'il y a deux canaux de son stéréophonique, le débit binaire est donc de 176 ko.s^{-1} (kilo-octets par seconde).
Le CD-ROM de capacité de 780 Mo, peut contenir 74 minutes de son.

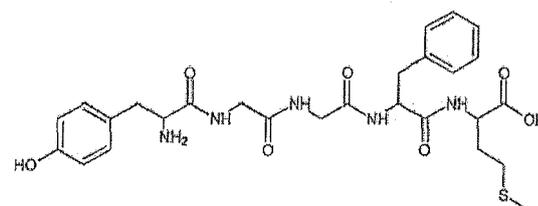
- 2.1. Justifier la valeur de la fréquence d'échantillonnage utilisée pour numériser le son.
- 2.2. On suppose que le convertisseur analogique-numérique utilisé pour l'échantillonnage fonctionne avec une tension maximale $U_{\text{max}} = 10 \text{ V}$. Calculer le pas en tension de ce convertisseur.
- 2.3. À partir de la valeur de la fréquence d'échantillonnage, retrouver par le calcul la valeur du débit binaire mentionné dans la notice technique.
- 2.4. Retrouver la capacité de stockage exprimée en Mo (méga-octets) d'un CD-ROM audio pouvant contenir 74 minutes de son.
- 2.5. Si on enregistrerait un signal purement audio de même débit binaire sur un disque blu-ray affichant une capacité de 22 Go, quelle serait la durée de lecture en heures ?

3. Capacité de stockage d'un disque optique

- 3.1. Proposer une justification à l'appellation « blu-ray ».
- 3.2. Calculer la capacité de stockage (nombre de bits stockés) d'un CD-ROM. Cette capacité devra être exprimée en Mo (méga-octets).
 - Surface d'une couronne : $S_c = (R_{\text{ext}}^2 - R_{\text{int}}^2) \times \pi$;
 - En première approximation, on considère qu'un bit de donnée occupe sur le disque optique une surface effective estimée à $s = \ell \cdot a$.
- 3.3. À partir de vos connaissances et des documents fournis, rédigez un paragraphe argumenté répondant à la question suivante (10 lignes environ) :
Quels paramètres physiques du lecteur et du disque blu-ray permettent d'obtenir une capacité de stockage du disque blu-ray bien supérieure à celle du CD-ROM ?

EXERCICE III - STRATÉGIE DE SYNTHÈSE (5 points)

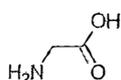
La Met-enképhaline (aussi appelée Tyr-Gly-Gly-Phe-Met) est un petit polypeptide, c'est-à-dire une molécule construite à partir de cinq acides α -aminés. Elle appartient à la famille des enképhalines, molécules ayant une action au niveau des neurones nociceptifs. Ces neurones interviennent dans le mécanisme de déclenchement de la douleur ; la capacité des enképhalines à inhiber ces neurones, c'est-à-dire à diminuer leur activité, leur confère une activité analgésique.



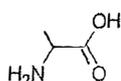
Formule topologique de la Met-enképhaline

Le but de cet exercice est de montrer la complexité de la synthèse d'un polypeptide, même court, et de mettre en place une stratégie pour la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline.

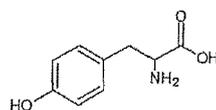
Document 1 - Exemples d'acides α -aminés présents dans l'organisme.



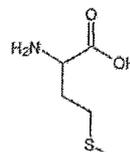
glycine



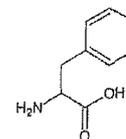
alanine



tyrosine



méthionine



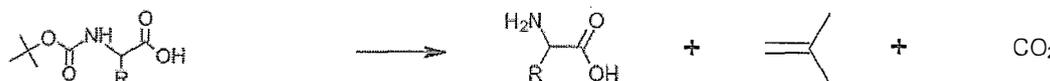
phénylalanine

Document 2 - Exemple de séquence de protection/déprotection d'une fonction amine

Protection d'une fonction amine par le tert-butylcarbamate :

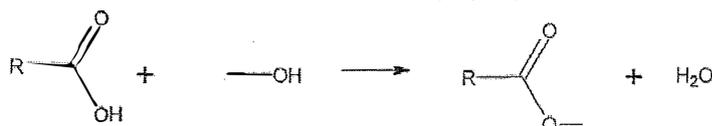


La déprotection qui permet de retrouver la fonction amine est assurée par la décomposition du produit obtenu en milieu acide à 25°C.



Document 3 - Exemple de séquence de protection/déprotection d'une fonction acide carboxylique

Protection d'une fonction acide carboxylique par estérification :



Cette réaction est équilibrée. Afin d'obtenir un bon rendement, et pour que la réaction puisse être considérée comme totale, il est nécessaire d'éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation, par exemple à l'aide d'un montage de Dean-Stark.

La déprotection de la fonction est assurée par la réaction inverse, appelée hydrolyse, à l'aide d'un catalyseur acide. Celle-ci est également équilibrée, et on utilise un grand excès d'eau afin de la réaliser avec un bon rendement.

1. Mise en évidence de la difficulté de la synthèse peptidique

1.1. À quoi reconnaît-on que les molécules du document 1 sont bien des acides aminés ?

1.2. Identifier les 4 acides α -aminés différents nécessaires à la synthèse de la Met-enképhaline.

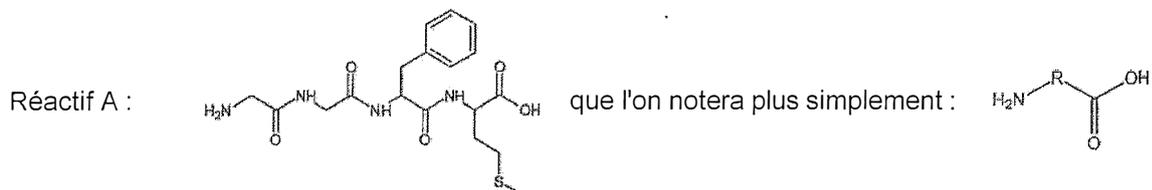
1.3. Sur la copie, recopier et compléter l'équation de réaction ci-dessous entre un acide carboxylique et une amine. Entourer et nommer le nouveau groupe fonctionnel.



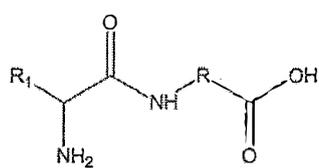
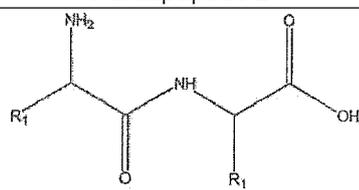
1.4. En déduire s'il est possible d'obtenir un seul dipeptide en faisant réagir deux acides α -aminés différents ensemble sans précaution particulière. Justifier simplement.

2. Dernière étape de synthèse de la Met-enképhaline

On envisage la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline à partir des deux réactifs suivants :



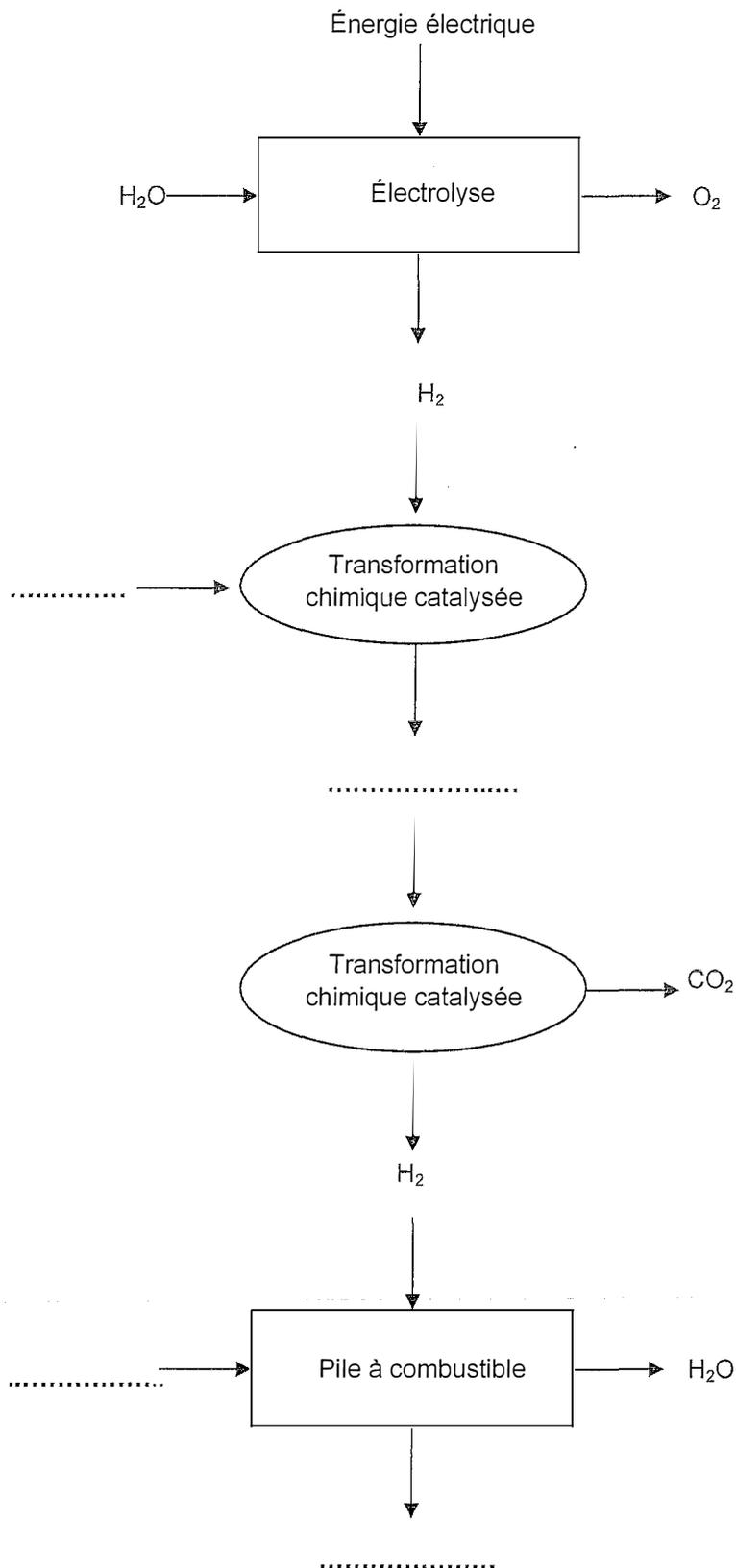
2.1. Il est possible d'obtenir 4 pentapeptides à partir de ces deux réactifs. Les formules topologiques de deux d'entre eux sont données ci-dessous. Donner celles des deux autres.

Pentapeptide 1 (Met-enképhaline)	Pentapeptide 2
	

2.2. Déduire de la question précédente quelle fonction de chacun des réactifs A et B doit être protégée afin d'obtenir uniquement la Met-enképhaline.

2.3. À l'aide des documents, compléter l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE** présentant la suite de transformations chimiques à mettre en place afin de réaliser la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline.

ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE

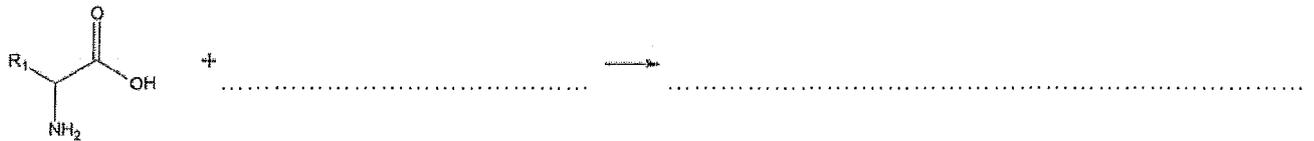
ANNEXE DE L'EXERCICE I :
Chaîne des conversions d'énergie et des transformations chimiques

ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III :

Suite de transformations chimiques de la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline

1- Protection du réactif B :



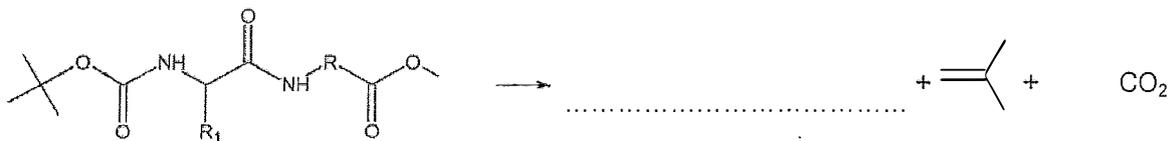
2- Protection du réactif A :



3- Réaction entre le réactif A protégé et le réactif B protégé



4- Déprotection de la fonction amine :



5- Déprotection de la fonction acide carboxylique :



**EXERCICE I - LES FOURMIS DÉTIENNENT-ELLES LA CLÉ
DU CARBURANT DU FUTUR ? (5 points)**

D'après le communiqué de presse de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) du 30 novembre 2010 (Journaliste : Lionel Pousaz)

L'hydrogène est souvent désigné comme le futur remplaçant des carburants fossiles. Il est facilement produit à partir d'énergie électrique. Écologique et performant, il n'en présente pas moins de nombreux inconvénients. Extrêmement inflammable, il doit être stocké dans d'encombrantes bouteilles pressurisées. Autant d'obstacles à son utilisation, que les scientifiques de l'EPFL et leurs confrères du Leibniz-Institut für Katalyse ont levés, en stockant l'hydrogène sous la forme d'acide formique. Grâce à un catalyseur et au CO₂ présent dans l'atmosphère, les scientifiques ont transformé l'hydrogène en acide formique.

Plutôt qu'une lourde bouteille de fonte remplie d'hydrogène sous pression, ils obtiennent ainsi une substance très peu inflammable et liquide à température ambiante. Une solution pour accumuler l'énergie des sources renouvelables comme le solaire ou l'éolien, ou alimenter la voiture de demain.

En novembre 2010, seconde étape. Les laboratoires sont parvenus à provoquer le phénomène inverse : par le biais d'une catalyse, l'acide formique retourne de manière totale à l'état de CO₂ et d'hydrogène, lequel peut ensuite être transformé en énergie électrique. Un prototype fonctionnel, peu encombrant et d'une puissance de deux kilowatts est d'ores et déjà au point.

Stocker les énergies renouvelables

«Imaginez par exemple que vous ayez des cellules solaires sur votre toit, explique Gabor Laurency, professeur au Laboratoire de chimie organométallique et médicinale et chef de Groupe de catalyse pour l'énergie et l'environnement. Par mauvais temps ou durant la nuit, votre pile à combustible (H₂, O₂) vous restitue le trop-plein d'énergie accumulé quand le soleil brillait.» Dans une telle configuration, le procédé permet de restituer plus de 60% de l'énergie électrique de départ.

Cette solution est extrêmement sûre. L'acide formique libère de manière continue de très petites quantités d'hydrogène, «juste ce dont vous avez besoin sur le moment pour votre consommation électrique», relève le chercheur.

Autre avantage par rapport au stockage conventionnel, le procédé permet de stocker presque le double d'énergie à volume égal. En effet, un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes d'hydrogène, contre à peine 28 grammes pour un même volume d'hydrogène pur pressurisé à 350 bars.

Enfin, les chercheurs ont travaillé sur un procédé de catalyse basé sur le fer, métal facilement disponible et peu coûteux en comparaison des métaux « nobles » comme le platine ou le ruthénium.

De l'acide formique à la pompe

C'est sans doute dans le domaine automobile que l'invention présente les potentiels les plus intéressants. Actuellement, les prototypes produits par certaines grandes marques stockent l'hydrogène sous forme classique, avec les problèmes que l'on sait : danger d'explosion, volume important occupé par le réservoir pressurisé, difficultés pour faire le plein rapidement...

Les véhicules du XXI^{ème} siècle pourraient rouler à l'acide formique. Cette solution permet un stockage de l'hydrogène non seulement plus sûr, mais également plus compact et plus simple à remplir à la pompe – l'acide formique est liquide à température ambiante. «Techniquement, c'est tout à fait faisable. D'ailleurs, de grands constructeurs nous ont contactés en 2008, quand le baril du pétrole a atteint des sommets, confie Gabor Laurency. À mon sens, le seul obstacle est économique.» Il s'écoulera encore quelques années avant de peut-être pouvoir faire le plein à la première fourmilière croisée sur le chemin.

Toutes les questions sont indépendantes.

1. L'acide formique dans de nouvelles chaînes énergétiques

Données

- > formule développée de l'acide formique : $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{H}$;
- > densité de l'acide formique par rapport à l'eau : $d_{\text{AH}} = 1,22$;
- > masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$;
- > masse molaire atomique de l'hydrogène : $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- > masse molaire atomique de l'oxygène : $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- > masse molaire atomique du carbone : $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

1.1. Donner trois arguments qui indiquent que l'acide formique serait plus avantageux que l'hydrogène dans les véhicules du futur.

1.2. Démontrer que l'affirmation du texte « un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes d'hydrogène » est vraie.

1.3. Compléter la chaîne des conversions d'énergie et des transformations chimiques en **ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE** avec les termes suivant : CO_2 , énergie électrique, O_2 , HCO_2H .

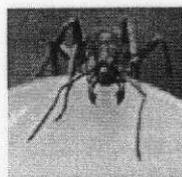
2. L'acide formique en milieu biologique

Dans la dernière phrase de l'article, le journaliste évoque la possibilité de faire le plein de carburant à la première fourmilière croisée sur le chemin. Depuis très longtemps les scientifiques s'intéressent à l'acide formique. En 1671, le naturaliste anglais John Ray a isolé, par distillation d'un grand nombre de fourmis mortes, un liquide incolore à forte odeur âcre et au caractère acide nommé acide formique.

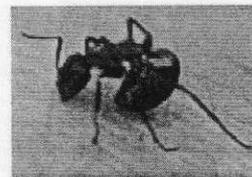
2.1. Piqûre de fourmi

Les fourmis se défendent en mordant avec leurs mandibules et, pour certaines espèces, en projetant de l'acide formique dans la morsure. La réaction avec l'eau des tissus occasionne des brûlures.

D'après www.desinfestation.ch



Mandibules



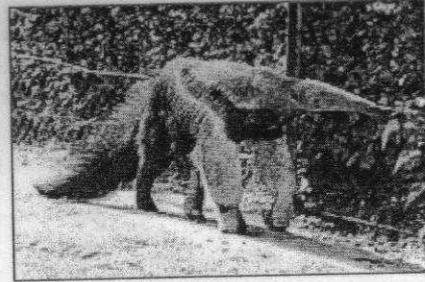
Abdomen dirigé vers la zone de morsure

2.1.1. Pourquoi l'acide formique est-il un acide selon la théorie de Brønsted ?

2.1.2. Écrire l'équation de la réaction chimique à l'origine des brûlures.

2.2 L'estomac du tamanoir

La digestion des aliments dans l'estomac nécessite un milieu acide de pH environ égal à 2. Chez la plupart des mammifères, ce pH est atteint grâce à la production d'acide chlorhydrique dans l'organisme. En revanche, l'appareil digestif du tamanoir est différent en raison de son régime alimentaire : il mange jusqu'à 30 000 fourmis par jour !



Tamanoir

Données

- l'acide formique est un acide faible dans l'eau ;
- pK_A du couple acide formique / ion formiate ($\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq}) / \text{HCO}_2^-(\text{aq})$) : 3,8 ;
- pK_A du couple eau / ion hydroxyde ($\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$) : 14,0 ;
- pK_A du couple ion oxonium / eau ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$) : 0 ;
- $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$ avec $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en mol.L^{-1} ;
- $\text{pH} > -\log(c)$ pour une solution aqueuse d'acide faible de concentration c (en mol.L^{-1}) en soluté apporté.

- 2.2.1. Quelle est l'espèce prédominante du couple acide formique / ion formiate dans l'estomac des tamanoirs ? Justifier.
- 2.2.2. La concentration en acide formique apporté dans l'estomac du tamanoir est-elle égale, inférieure ou supérieure à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$? Justifier.
- 2.2.3. Proposer une hypothèse justifiant le fait que les tamanoirs n'ont pas besoin de produire d'acide chlorhydrique pour leur digestion.

EXERCICE II - LASER ET STOCKAGE OPTIQUE (10 points)

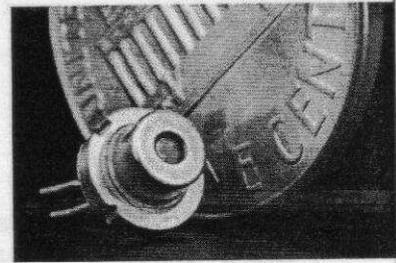
La découverte du laser il y a cinquante ans a révolutionné les domaines industriel, médical, technologique,... Si le principe fondamental du laser a été décrit dès 1917 par Albert Einstein, le premier laser a été fabriqué en 1960 par Théodore Maiman. Depuis les lasers sont très présents dans notre quotidien.

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'apport de la diode laser dans le stockage optique.

Document 1 - Diode laser

« Les diodes lasers sont des lasers qui utilisent comme milieu amplificateur un solide obtenu à partir de matériaux semi-conducteurs, matériaux qui n'existent pas à l'état naturel. Elles permettent d'obtenir pour un coût réduit des lasers très efficaces : ces lasers semi-conducteurs ont aujourd'hui pris une très grande importance et représentent une grande partie du marché total des lasers. On les utilise pour transporter l'information échangée par téléphone ou internet, ils lisent les DVD ou les code-barres dans les supermarchés.

Comment ces lasers ont-ils pris tant d'importance ? La possibilité d'en fabriquer des milliers en même temps a conduit à un faible coût de fabrication. À cela s'ajoute leur excellent rendement et leur compacité : ces lasers s'étendent sur quelques dixièmes de millimètres et leur épaisseur est de l'ordre du micron, soit environ vingt fois moins que l'épaisseur d'une feuille d'aluminium. »



D'après « Introduction : Le laser » de F. Bretenaker, N. Treps

« L'émission de lumière a lieu dans une zone de jonctions de semi-conducteurs, lorsqu'on applique une tension électrique. En régime d'émission spontanée, on a une diode électroluminescente (DEL), composant de base de nombreux afficheurs. Mais si le courant électrique injecté dans la jonction augmente, on peut atteindre le régime où l'émission stimulée est prédominante : on obtient une diode laser. »

D'après « Introduction aux lasers et à l'optique quantique » de G. Grynberg, A. Aspect, C. Fabre

Document 2 - Disque optique et principe de lecture

Sur un disque optique (CD, DVD, disque blu-ray), les données sont inscrites sur une surface ayant la forme d'une couronne de rayon intérieur $R_{int} = 2,5$ cm et de rayon extérieur $R_{ext} = 5,8$ cm. Les données sont gravées sous forme de minuscules cuvettes, placées sur des sillons le long de la piste. Les espaces entre les cuvettes sont appelés plateaux (voir figures 1.a et 1.b).

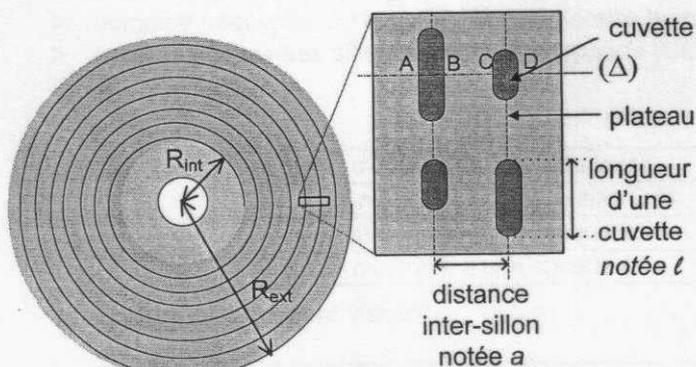


Figure 1.a - Vue de dessous des sillons d'un disque optique

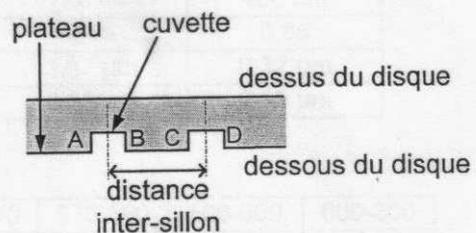


Figure 1.b - Vue en coupe suivant l'axe (Δ) de deux sillons d'un disque

Afin de lire les données du disque, un faisceau lumineux issu d'une diode laser est focalisé par une lentille sur le disque optique. Un chariot déplace le dispositif de façon à permettre au faisceau laser de balayer l'intégralité du disque optique (**voir figure 2**).

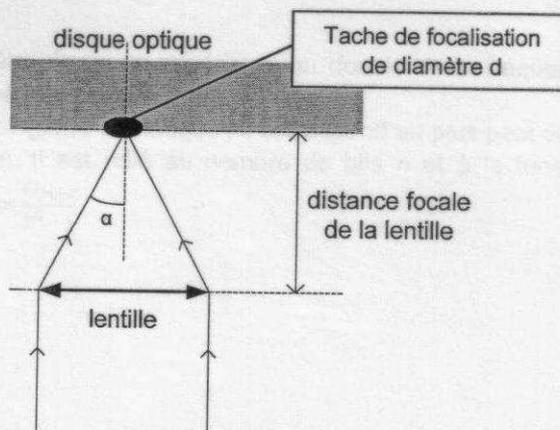


Figure 2 - Dispositif de focalisation du faisceau laser sur le disque optique

Une fois focalisé, le spot laser apparaît sur le disque sous forme d'une tache de diamètre :

$$d = \frac{1,22 \lambda}{\sin \alpha}$$

où λ est la longueur d'onde du faisceau laser et $\sin \alpha$ la valeur de l'Ouverture Numérique (O.N. = $\sin \alpha$) de la lentille utilisée.

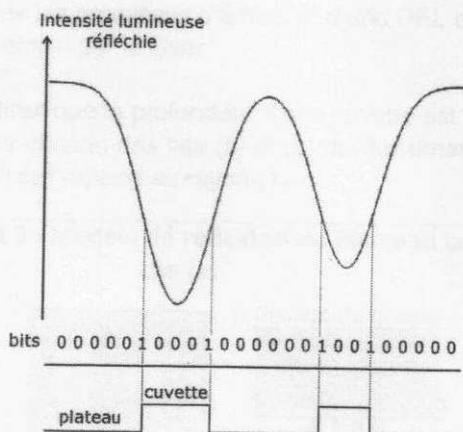


Figure 3 - Allure de l'intensité lue et codage binaire associé pour un profil de piste

Le faisceau se réfléchit sur le disque optique puis est renvoyé vers un capteur de lumière (photodiode) qui détecte l'intensité lumineuse. L'intensité est ensuite codée sous forme binaire, le code binaire étant directement lié au profil de la piste lue (**figure 3**).

Données

- célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- domaine fréquentiel du son audible pour l'oreille humaine : entre 20 Hz et 20 kHz ;
- caractéristiques des différents types de supports (CD, disque blu-ray) :

	CD ou CD-ROM	blu-ray
Longueur d'onde λ du faisceau laser	780 nm	405 nm
Ouverture numérique de la lentille O.N.	0,45	0,85
Distance inter-sillon sur le disque a	1,67 μm	0,32 μm
Longueur minimale d'une cuvette l	0,83 μm	0,15 μm

- Spectre de la lumière visible :

λ (nm)	400-445	445-475	475-510	510-570	570-590	590-600	600-800
couleur	violet	indigo	bleu	vert	jaune	orange	rouge

Données sur l'échantillonnage

- 1 octet = 8 bits ;
- Théorème de Shannon relatif à l'échantillonnage :
La fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de le numériser correctement ;
- Pas en tension électrique p d'un convertisseur analogique-numérique : il correspond au plus petit écart de tension entre deux points du signal numérisé. Il est relié au nombre de bits n et à la tension maximale U_{max} du convertisseur par la relation : $p = \frac{U_{max}}{2^n - 1}$.

Les trois parties sont indépendantes les unes des autres.

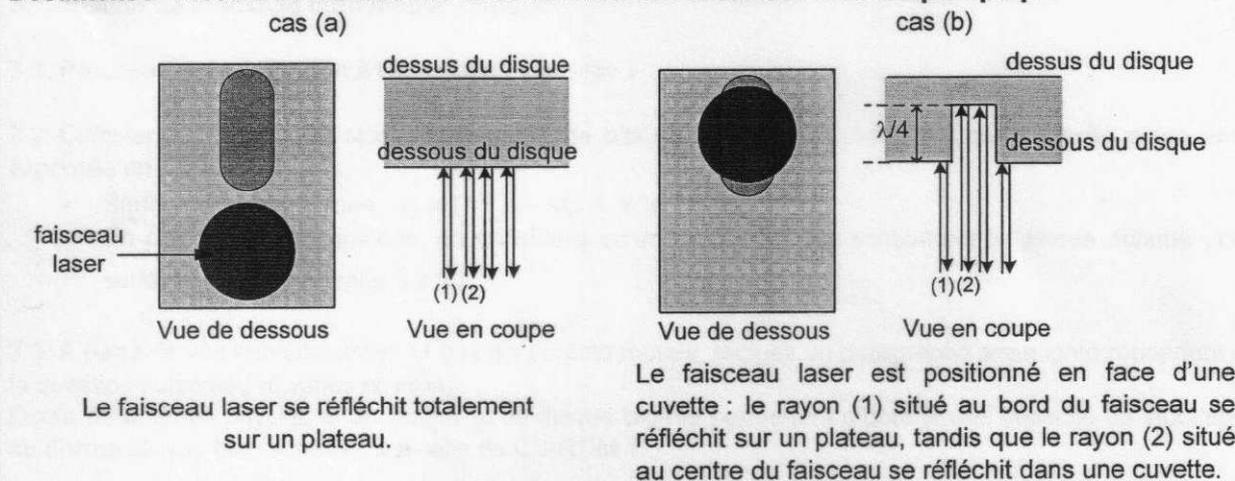
1. Lecture d'un disque optique

1.1. Les diodes lasers utilisées dans les lecteurs blu-ray émettent une lumière de longueur d'onde $\lambda = 405$ nm. Calculer l'énergie d'un photon associé à cette radiation.

1.2. Indiquer les processus d'émission d'une DEL et d'un laser et indiquer au moins deux caractéristiques de la lumière émise par le laser.

1.3. On admet que la profondeur d'une cuvette est égale à $\lambda/4$, où λ est la longueur d'onde du faisceau laser utilisé. Pour chacun des cas (a) et (b) du **document 3**, calculer la distance supplémentaire δ parcourue par le rayon (2) par rapport au rayon (1).

Document 3 - Modèle de réflexion du faisceau laser sur la surface d'un disque optique



1.4. Le dispositif optique précédent permet aux rayons (1) et (2) d'interférer après réflexion sur le disque optique.

1.4.1. Comparer l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi sur un plateau avec celle du faisceau réfléchi dans une cuvette.

1.4.2. Préciser dans chacun des deux cas précédents la nature des interférences (constructives ou destructives).

1.5. Comment les variations d'intensité lumineuse sont-elles associées aux « bits » (de valeur 0 ou 1) ?

2. Traitement de l'information numérique

Sur la documentation technique d'un CD-ROM audio, on lit les informations suivantes :

Document 4 - Notice technique

Le son est enregistré sous forme d'échantillons à 44,1 kHz avec 16 bits par canal. Sachant qu'il y a deux canaux de son stéréophonique, le débit binaire est donc de 176 ko.s^{-1} (kilo-octets par seconde). Le CD-ROM de capacité de 780 Mo, peut contenir 74 minutes de son.

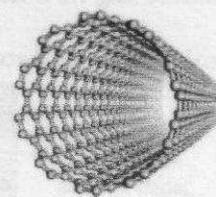
- 2.1. Justifier la valeur de la fréquence d'échantillonnage utilisée pour numériser le son.
- 2.2. On suppose que le convertisseur analogique-numérique utilisé pour l'échantillonnage fonctionne avec une tension maximale $U_{\text{max}} = 10 \text{ V}$. Calculer le pas en tension de ce convertisseur.
- 2.3. À partir de la valeur de la fréquence d'échantillonnage, retrouver par le calcul la valeur du débit binaire mentionné dans la notice technique.
- 2.4. Retrouver la capacité de stockage exprimée en Mo (méga-octets) d'un CD-ROM audio pouvant contenir 74 minutes de son.
- 2.5. Si on enregistrerait un signal purement audio de même débit binaire sur un disque blu-ray affichant une capacité de 22 Go, quelle serait la durée de lecture en heures ?

3. Capacité de stockage d'un disque optique

- 3.1. Proposer une justification à l'appellation « blu-ray ».
- 3.2. Calculer la capacité de stockage (nombre de bits stockés) d'un CD-ROM. Cette capacité devra être exprimée en Mo (méga-octets).
 - Surface d'une couronne : $S_c = (R_{\text{ext}}^2 - R_{\text{int}}^2) \times \pi$;
 - En première approximation, on considère qu'un bit de donnée occupe sur le disque optique une surface effective estimée à $s = \ell \cdot a$.
- 3.3. À partir de vos connaissances et des documents fournis, rédigez un paragraphe argumenté répondant à la question suivante (10 lignes environ) :
Quels paramètres physiques du lecteur et du disque blu-ray permettent d'obtenir une capacité de stockage du disque blu-ray bien supérieure à celle du CD-ROM ?

EXERCICE III - AUTOUR DES NANOTUBES DE CARBONE (5 points)

« Objets les plus résistants connus à ce jour, les nanotubes de carbone présentent également une excellente conduction thermique et électrique les destinant à de nombreuses applications : composites légers, muscles artificiels, textiles intelligents, capteurs... Cependant, pour exploiter ces propriétés, il est nécessaire de les assembler. C'est chose faite par une équipe de chercheurs qui ont mis au point un procédé permettant d'obtenir une fibre macroscopique à base de nanotubes de carbone. Ces fibres possèdent des énergies de rupture (énergie que la fibre est capable d'absorber sous forme de déformation avant de se rompre) égales à cinq fois celles de la soie d'araignée, matériau inégalé jusqu'alors.



Nanotube de carbone

Cette résistance est une propriété recherchée dans les textiles de protection comme les casques, les gants, les vêtements de manutention ou les gilets pare-balles. La conductivité électrique laisse entrevoir la possibilité de réaliser des textiles conducteurs : tissus d'ameublement antistatiques, sièges automobiles ou textiles chauffants, vêtements capteurs de déformation et de mouvement... »

D'après www.cnrs.fr

Cet exercice s'intéresse à une méthode d'obtention par voie chimique des nanotubes de carbone monofeuillés (notés par la suite « SWNT » pour *Single Walled NanoTube*) et à l'évaluation précise de la nature et de la quantité des défauts oxygénés. En effet, les propriétés chimiques, électriques et mécaniques des nanotubes de carbone varient considérablement en présence de groupes fonctionnels (carboxyle, hydroxyle...).

Vous disposez d'un **dossier documentaire** pour construire l'argumentation de vos réponses et la démarche de résolution du problème posé.

Résolution de problème

1. Questions préalables

- Expliquer la nécessité du traitement oxydant des nanotubes bruts. Quel est toutefois l'impact de ce traitement sur les propriétés des nanotubes ?
- Expliquer la présence d'ions métalliques dans le filtrat obtenu suite au traitement oxydant.

2. Quelle démarche pour quantifier des défauts oxygénés (analyse des documents 4 et 5) ?

On admet que les nanotubes de carbone analysés possèdent au moins les deux défauts oxygénés hydroxyle (SWNT-OH) et carboxyle (SWNT-COOH). Il s'agit d'étudier la **démarche à mettre en œuvre** pour déterminer **sélectivement**, par dosage pH-métrique, la quantité de groupes carboxyle dans un échantillon.

Après avoir expliqué pourquoi un titrage direct des groupes carboxyle n'est pas possible, présenter le principe du protocole permettant de mesurer **uniquement** la quantité de matière des groupes carboxyle.

Vous disposez des solutions suivantes :

- une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) ;
- une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$) ;
- une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) ;
- un échantillon de nanotubes de carbone monofeuillés synthétisé par la méthode décrite dans le document 1 et traité par la méthode décrite dans le document 2.

Aucune analyse quantitative n'est attendue.

Lorsque cela s'avère nécessaire :

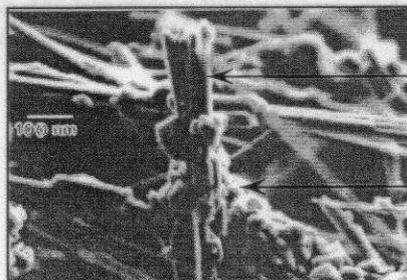
- préciser les équations des réactions qui modélisent les transformations chimiques mises en œuvre tout au long du protocole ;
- justifier le choix des solutions acido-basiques utilisées.

Documents de l'exercice III

Document 1 - Méthode de synthèse des nanotubes de carbone par décomposition d'un gaz carboné

Un gaz carboné (alcane, alcène) constitue la source de carbone. Ce gaz est décomposé à une température de l'ordre de 750 à 1200 K par un catalyseur métallique pour former du carbone atomique qui, en se recombinaut, conduit progressivement aux nanotubes.

Dans ce procédé, le dépôt obtenu (matériau « brut ») est constitué de nanotubes de carbone mais également d'agrégats carbonés et de particules métalliques de catalyseur.



Ensemble de nanotubes de carbone (fagot)

Agrégat de carbone et de résidus métalliques

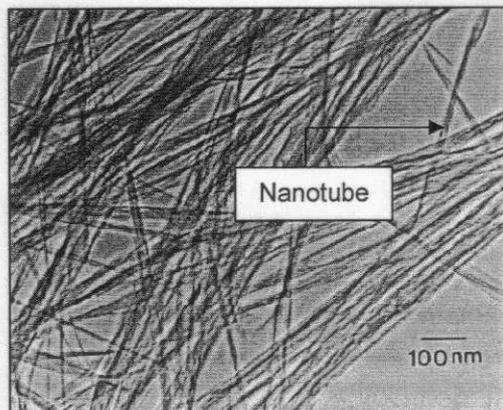
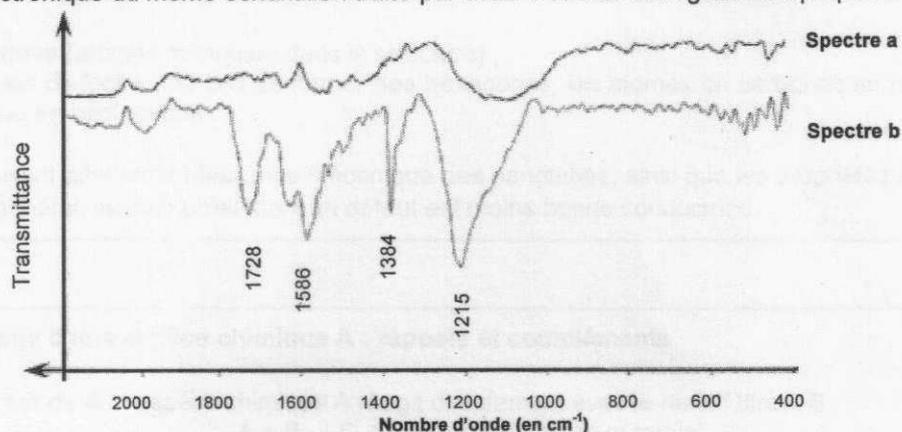
Matériau « brut » obtenu après la synthèse

Document 2 - Traitement du matériau « brut »

Les nanotubes de carbone « bruts » (échantillon obtenu par la technique décrite dans le document 1) sont traités par une solution oxydante concentrée d'acide nitrique et chauffés à reflux pendant 48h. Les agrégats sont dispersés et les résidus métalliques sont oxydés.

La solution est ensuite filtrée. Le filtrat obtenu contient des ions métalliques libres en solution. Les nanotubes sont ensuite lavés avec de l'eau distillée.

Le spectre infrarouge de l'échantillon de nanotubes après traitement par l'acide nitrique (**spectre b**) est proposé ci-après et comparé à celui de l'échantillon « brut » obtenu après la synthèse (**spectre a**). Un cliché de microscopie électronique du même échantillon traité par cette méthode est également proposé.



Matériau obtenu après oxydation et filtration

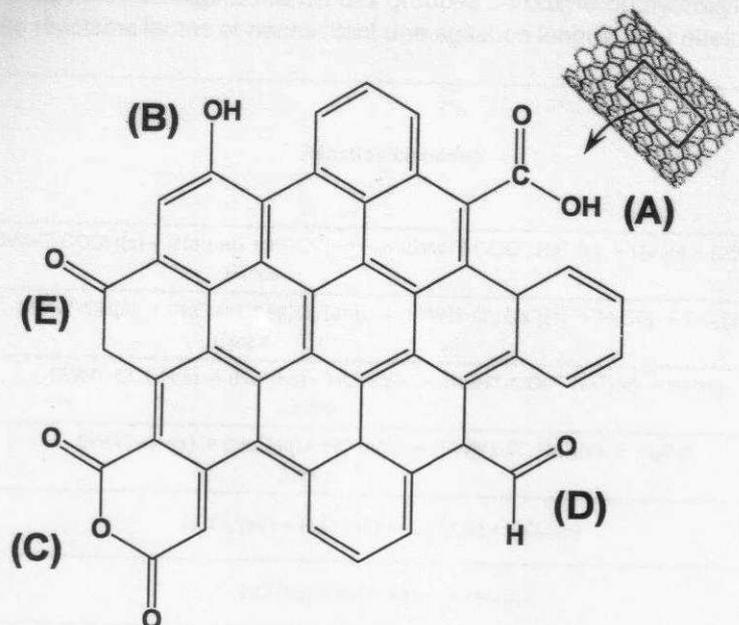
Les bandes d'absorption caractéristiques associées aux groupes d'atomes suivants sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

groupe	Nombre d'onde
C=O	1728 cm^{-1}
C=O (conjuguée)	1586 cm^{-1}
C-O-H	1384 cm^{-1}
C-O-C	1215 cm^{-1}

Document 3 - Défauts rencontrés sur la surface des nanotubes de carbone monofeuillés

Comme dans de nombreux matériaux, l'existence de défauts affecte ses propriétés. Ils peuvent se présenter sous la forme :

- de **groupes fonctionnels** présents à la surface des nanotubes (voir schéma ci-dessous): parmi eux des groupes hydroxyle et carboxyle sont présents régulièrement et en grande quantité ;



Quelques groupes fonctionnels identifiés à la surface des nanotubes :

- (A) carboxyle ;
- (B) hydroxyle ;
- (C) anhydride ;
- (D) aldéhyde ;
- (E) cétone.

- de **vides atomiques** (atomes manquant dans la structure) ;
- de « **Stone Wales Defect** » : au lieu de former des hexagones, les atomes de carbones se réarrangent en pentagones ou en heptagones.

De tels défauts peuvent affecter la résistance mécanique des nanotubes, ainsi que les propriétés électriques et thermiques. En général, la zone présentant un défaut est moins bonne conductrice.

Document 4 - Titrage d'une espèce chimique A : rappels et compléments

- **Titrage direct de A** : l'espèce chimique A réagit directement avec le réactif titrant B :

$$A + B \rightarrow C + D \text{ (réaction rapide et totale)}$$
- **Titrage indirect (en retour) de A** : l'espèce chimique A réagit en premier lieu avec l'espèce chimique B en excès (quantité de matière introduite connue) ; on titre ensuite l'excès restant de B par un nouveau réactif E.

$$A + B \text{ en excès connu} \rightarrow C + D$$

$$B \text{ restant} + E \rightarrow F + G \text{ (réaction rapide et totale)}$$
- **Titrage indirect (par déplacement) de A** : l'espèce chimique A réagit en premier lieu avec l'espèce chimique B en excès (quantité de matière introduite inconnue) ; le produit C formé par cette réaction est titré par un nouveau réactif E.

$$A + B \text{ en excès inconnu} \rightarrow C + D$$

$$C \text{ formé} + E \rightarrow F + G \text{ (réaction rapide et totale)}$$

Document 5 - Notations et précisions concernant quelques transformations chimiques

Les écritures SWNT-COOH et SWNT-OH représentent respectivement les notations des groupes carboxyle et hydroxyle situés en surface des nanotubes de carbone monofeuillés.

Les nanotubes de carbone ne sont pas solubles dans l'eau. Ils restent en suspension dans l'eau, que les groupes carboxyle qu'ils portent soient sous forme protonée (SWNT-COOH) ou ionique (SWNT-COO⁻). Ainsi les réactions de déprotonation des groupes carboxyle ou hydroxyle présents en surface des nanotubes sont des réactions lentes et nécessitant une agitation longue pour atteindre un rendement de 100%.

Réaction chimique	Dans les conditions de l'expérience, on peut considérer que la réaction chimique est :		
	possible	rapide	quasi-totale
$\text{SWNT-COOH(s)} + (\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})) \rightarrow (\text{SWNT-COO}^-, \text{Na}^+(\text{s})) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{CO}_2(\text{aq})$ <i>Excès</i>	Oui	Non	Oui
$\text{SWNT-OH(s)} + (\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})) \rightarrow (\text{SWNT-O}^-, \text{Na}^+(\text{s})) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{CO}_2(\text{aq})$ <i>Excès</i>	Non		
$\text{SWNT-COOH(s)} + (\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})) \rightarrow (\text{SWNT-COO}^-, \text{Na}^+(\text{s})) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$ <i>Excès</i>	Oui	Non	Oui
$\text{SWNT-OH(s)} + (\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})) \rightarrow (\text{SWNT-O}^-, \text{Na}^+(\text{s})) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$ <i>Excès</i>	Oui	Non	Oui
$\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{CO}_2(\text{aq})$	Oui	Oui	Oui
$\text{HO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$	Oui	Oui	Oui
$\text{SWNT-O}^-(\text{s}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{SWNT-OH(s)} + \text{H}_2\text{O}(\ell)$	Oui	Non	Oui
$\text{SWNT-COO}^-(\text{s}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{SWNT-COOH(s)} + \text{H}_2\text{O}(\ell)$	Oui	Non	Oui

ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I :
Chaîne des conversions d'énergie et des transformations chimiques