11PYSCSPO3

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 Coefficient 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet nécessite du 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

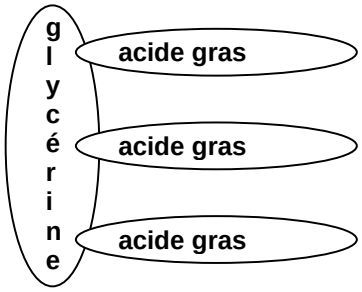
11PYSCSPO3

EXERCICE I : PRODUCTION DU SAVON (6 POINTS)

On peut trouver sur internet les informations suivantes à propos de la fabrication d'un savon :

La saponification est définie comme la réaction entre un alcali (la lessive) et un corps gras (huile ou graisse). Les composés formés sont le savon et la glycérine.

Schéma d'un corps gras *(extrait d'un document à vocation économique) :*



D'après http://www.atol.be/docs/publ/fabrication_savon.pdf

L'objectif de cet exercice est d'apporter quelques précisions.

PARTIE A : La réaction de saponification

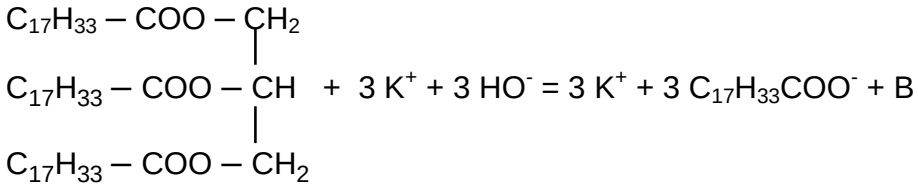
1. Généralités

1.1. Donner le nom et la formule de l'espèce chimique qu'il est possible d'utiliser en travaux pratiques pour la préparation du savon et qui correspond à "l'alcali" du texte.

1.2. À quelle famille de composés chimiques, le corps gras appartient-il ?

2. Le trioléate de glycéryle

On fait l'hypothèse que le corps gras précédent est du trioléate de glycéryle et qu'il réagit avec l'hydroxyde de potassium.
Dans l'équation ci-dessous, modélisant la transformation, l'espèce appelée glycérine dans le texte est notée "B".



corps gras (huile)

2.1. D'après l'équation ci-dessus, écrire la formule semi-développée de B. Donner la formule du savon ainsi préparé.

2.2. Écrire la formule de l'acide gras qui permet d'obtenir le trioléate de glycéryle.

2.3. Le schéma du corps gras proposé dans le texte d'introduction ci-dessus vous paraît-il rigoureux d'un point de vue scientifique ? Justifier.

PARTIE B : Indice de saponification de l'huile d'olive

Données :

- Masse molaire du trioléate de glycéryle (noté G) : 885 $g.mol^{-1}$
- Masse molaire de l'hydroxyde de potassium : 56,1 $g.mol^{-1}$
- Définition de l'indice de saponification d'un corps gras : dans les conditions de l'exercice, c'est la masse d'hydroxyde de potassium exprimée en mg, nécessaire pour saponifier 1 g de corps gras.
- La réaction de saponification sera considérée comme totale.

Lors d'une séance de travaux pratiques, on mélange 0,50 g *d'huile d'olive, supposée uniquement constituée de trioléate de glycéryle, avec* 50,0 mL *d'une solution d'hydroxyde de potassium de concentration* 0,250 $mol.L^{-1}$ *en solution dans l'éthanol. On chauffe à reflux pendant trente minutes, puis on laisse refroidir le contenu du ballon, qu'on verse ensuite dans* 250 mL *d'une solution saturée en chlorure de sodium.*
Le trioléate de glycéryle est ***noté* G** *dans l'équation du tableau d'avancement donné* ***en annexe à rendre avec la copie***

1. Détermination de l'indice de saponification

1.1. Faire un schéma annoté du dispositif de chauffage à reflux.

1.2. Étude de la réaction

1.2.1. Calculer les quantités de matière initiales n_{01} et n_{02} des réactifs puis compléter le tableau descriptif de l'évolution de la réaction donné **en annexe à rendre avec la copie**.

1.2.2. Déterminer la valeur de x_f.

1.2.3. Calculer la quantité finale d'hydroxyde de potassium.

1.3. Indice de saponification

1.3.1. Calculer la quantité de matière d'hydroxyde de potassium qui a réagi.

1.3.2. En déduire la masse correspondante.

1.3.3. En utilisant la définition donnée ci-dessus, calculer l'indice de saponification de l'huile d'olive.

2. Détermination expérimentale de l'indice de saponification

L'indice de saponification précédemment calculé est un indice théorique. Une détermination expérimentale de cet indice est réalisée de la façon suivante : on effectue un titrage acido-basique de l'hydroxyde de potassium en excès dans la réaction étudiée en 1.2, par une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{aq}$ + Cl^-_{aq}) de concentration 0,500 mol.L^{-1} en présence de bleu de bromothymol.

2.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage.

2.2. Le volume solution d'acide chlorhydrique nécessaire pour obtenir l'équivalence est égal à 22,0 mL.

2.2.1. Définir l'équivalence.
2.2.2. Calculer la quantité de matière d'ions HO^- titrés.
2.2.3. En déduire la quantité de matière d'ions HO^- ayant réagi lors de la réaction étudiée en 1.2 puis l'indice de saponification expérimental de l'huile d'olive.

2.3. Comparer cet indice expérimental avec l'indice théorique obtenu en 1.3.3. Proposer une explication.

11PYSCSPO3

EXERCICE II : UNE PETITE HISTOIRE DE LA SECONDE (6 POINTS)

Cet exercice comporte trois parties indépendantes.

Première partie : la seconde au XVII^{e} siècle

Observant dans la cathédrale de Pise une lampe se balançant sous la voûte, Galilée eut l'idée d'utiliser un pendule pour mesurer le temps. Il remarqua que les oscillations de ce pendule étaient isochrones. La période, c'est à dire la durée d'un aller et retour complet du pendule, semblait être remarquablement constante pour un pendule donné.

1. À quelle condition « les oscillations de ce pendule étaient-elles isochrones » ?

2. Pour un amortissement faible, la pseudo-période d'un pendule simple est voisine de la période propre dont l'expression est : $T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, avec g, accélération de pesanteur ($g = 9{,}81\ m.s^{-2}$).
   Que représente la grandeur ℓ dans l'expression de la période propre du pendule ?

3. *Des élèves d'une classe de Terminale S procèdent à une série de mesures. Le protocole donné par le professeur est le suivant.*
   - *Écarter le pendule de sa position d'équilibre et faire osciller le pendule avec une amplitude initiale égale ou inférieure à 20°.*
   - *À l'aide d'un chronomètre, mesurer la durée Δt de 10 oscillations, c'est-à-dire 10 allers et retours.*

   Les résultats expérimentaux sont les suivants :

ℓ (m)	45×10^{-2}	30×10^{-2}	20×10^{-2}	10×10^{-2}
Δt (s)	13,4	11,0	9,0	6,4

   3.1. Expliquer pourquoi il est préférable de mesurer 10 oscillations et non pas une seule.

   3.2. Tracer, **sur la feuille de papier millimétré fournie**, la courbe $T_0 = f(\sqrt{\ell})$ en utilisant les échelles : 1 cm pour 0,10 $m^{1/2}$ et 1 cm pour 1,0 s.

   3.3. À partir de la courbe, montrer que l'expression théorique de la période propre d'un pendule simple est vérifiée.

4. Pour mesurer le temps, on utilise un pendule qui « bat la seconde », c'est-à-dire qu'un aller dure une seconde.
   Quelle doit-être la longueur du pendule utilisé ?

Deuxième partie : la seconde au début du XX^{e} siècle

L'avènement des semi-conducteurs et des circuits intégrés, dans les années 1950, a permis la miniaturisation des horloges à quartz.
Le principe de l'horloge à quartz est le suivant : un oscillateur électrique force les vibrations d'un cristal de quartz. La fréquence de l'oscillateur est réglée pour que le quartz entre en résonance : elle est alors égale à la fréquence propre du quartz.

1. *Il est possible, en utilisant un dispositif approprié, d'étudier les oscillations du quartz en fonction de la fréquence imposée par l'oscillateur électrique. On obtient le graphique de la* **figure 1** *ci-dessous, sur lequel est indiquée la grandeur β, appelée largeur de la bande passante.*

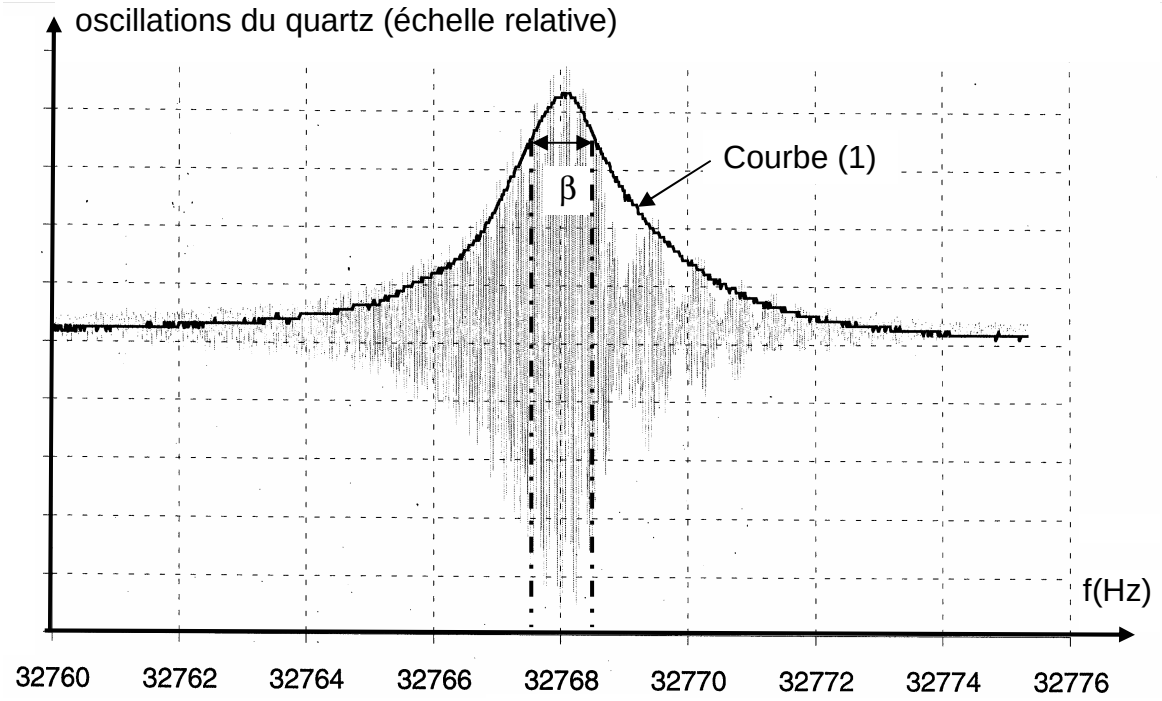


Figure 1

1.1. Quel est le phénomène physique illustré par la courbe (1) de la **figure 1** ci-dessus ?

1.2. À l'aide de la **figure 1**, déterminer la fréquence propre f_0 d'oscillations du quartz.

1.3. *Le facteur de qualité, noté Q et défini par : $Q = \frac{f_0}{\beta}$, permet de caractériser l'amortissement des oscillations.*
- Si Q est grand devant 1 (Q > 10), alors la courbe de résonance est pointue et l'amortissement est considéré comme faible.
- Si Q est de l'ordre de l'unité ou inférieur à 1, alors la courbe de résonance est aplatie et l'amortissement est considéré comme fort.
Calculer Q, puis indiquer si l'amortissement est faible ou fort pour le phénomène observé.

2. *Le quartz peut être modélisé par un circuit RLC série. Un condensateur initialement chargé est relié aux bornes d'une bobine, il subit une décharge oscillante.*

2.1. Parmi les courbes proposées ci-après, reconnaître celle correspondant à la tension aux bornes du condensateur lors d'une décharge oscillante.

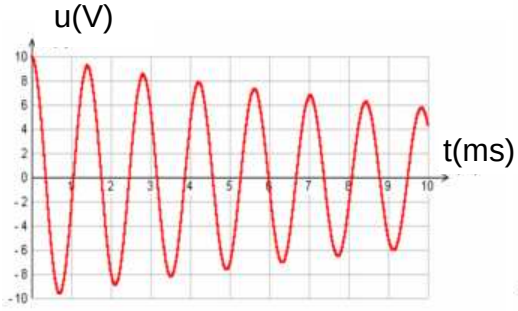


Figure 2.a

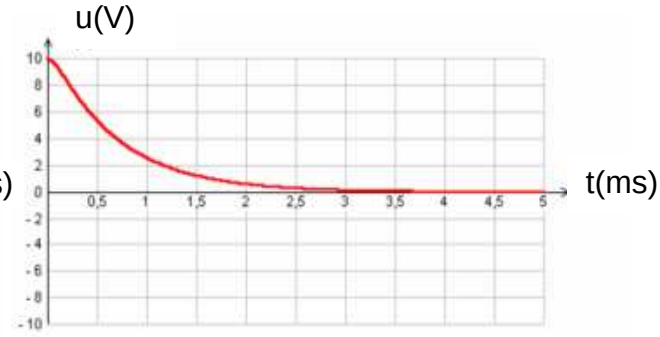


Figure 2.b

2.2. Quelle est l'influence de la valeur de la résistance R sur le phénomène d'oscillations ?

2.3. Rappeler l'expression de la période propre T_0 des oscillations électriques dans un circuit LC série.
Les valeurs de L, C et R permettant de modéliser le quartz sont :

$$L = 7\,860 \text{ H}, C = 3{,}001 \times 10^{-15} \text{ F et } R = 32 \text{ k}\Omega.$$

En déduire la fréquence propre f_0 des oscillations de ce circuit.

3. *Un dispositif appelé « diviseur de fréquence », placé après le quartz, permet d'obtenir un signal de fréquence égale à 1 Hz alimentant un petit moteur animant la trotteuse d'une montre (aiguille indiquant les secondes). La fréquence* f_0 *est divisée par* 2^n*, où n est un entier positif.*
Déterminer n pour obtenir un signal de fréquence égale à 1Hz.

Troisième partie : la seconde « atomique »

Depuis 1968, la seconde est « la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133, au repos et à 0 K ».

1. Un atome passant d'un état d'énergie excité E_p à un autre état d'énergie plus faible E_n émet un photon de fréquence ν.
Donner la relation entre les énergies E_p, E_n et la fréquence ν.

2. Donner la valeur de la fréquence ν correspondant à la transition électronique définissant la seconde.

3. Calculer la variation d'énergie $E_p - E_n$ correspondant à la valeur de ν obtenue à la question précédente. Exprimer le résultat en joule et en électron-volt.

Données : constante de Planck $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ; 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

11PYSCSPO3

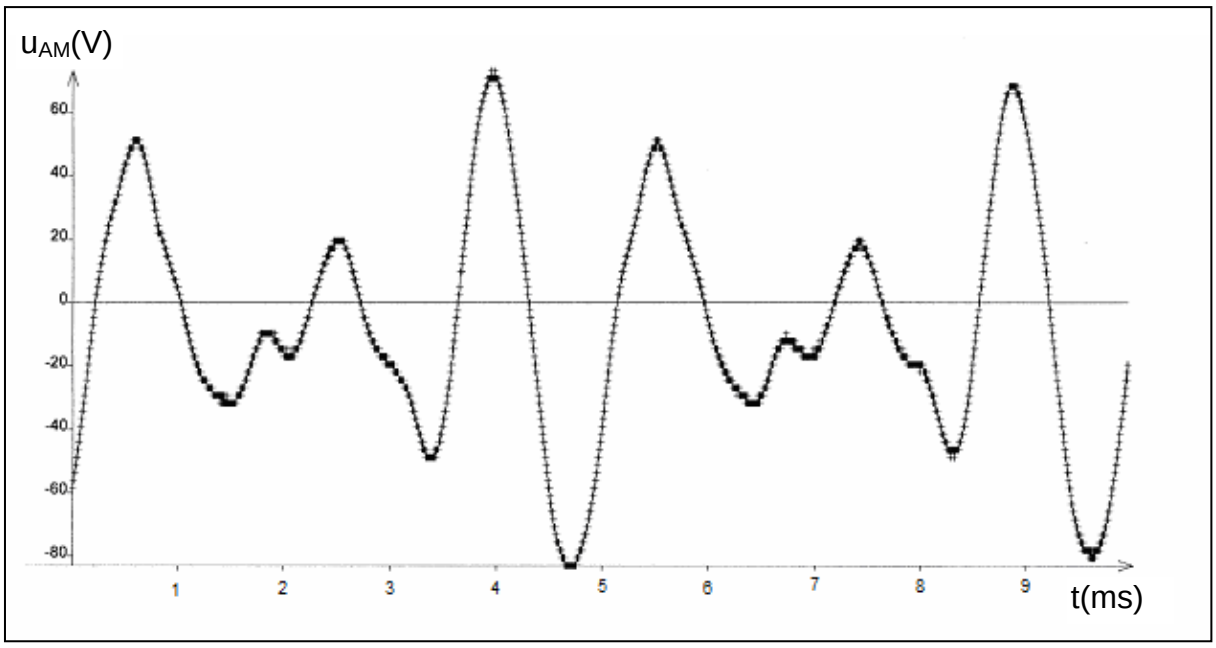
EXERCICE III : L'ENREGISTREMENT EN STUDIO D'UN GROUPE DE MUSIQUE (4 POINTS)

Un groupe de musique composé d'un chanteur, de deux guitaristes, d'un violoniste, d'un bassiste et d'un batteur se prépare à un enregistrement en studio.

Lors de la « balance » (moment préalable à un enregistrement ou à un concert) l'ingénieur du son réalise séparément pour chaque instrument des enregistrements à l'aide de micros reliés à un système informatisé.

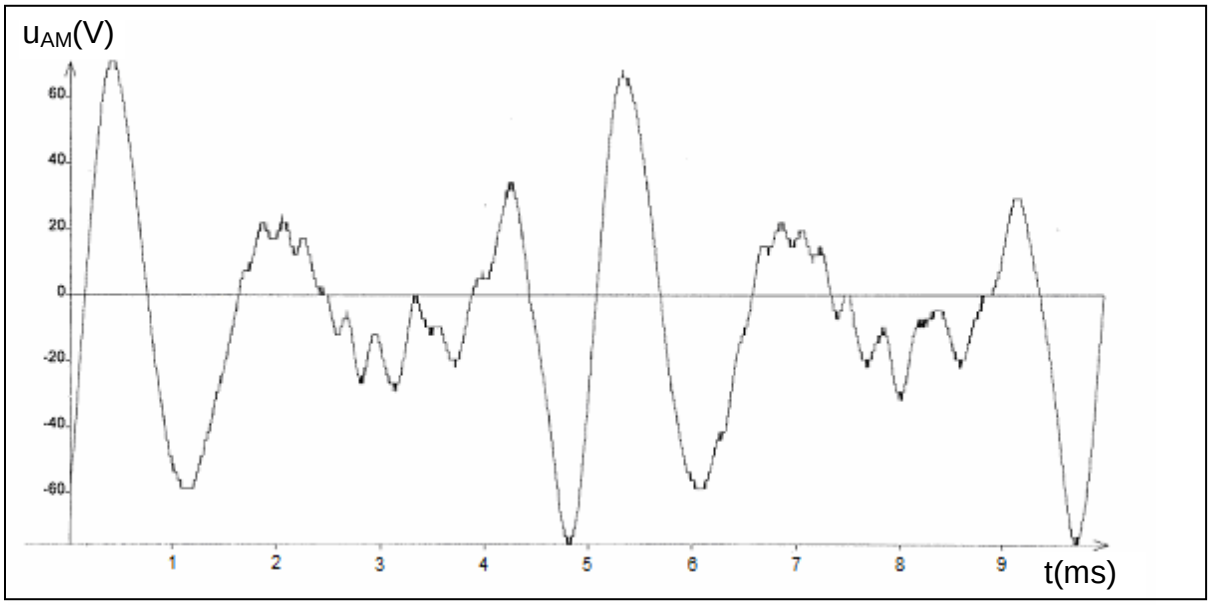
La tension électrique notée u_{AM} *en mV, détectée au niveau de l'interface informatique, est proportionnelle à la pression acoustique du son ou encore à l'intensité sonore. Cette tension en fonction du temps est représentée ci-dessous.*

Préambule : compte tenu de l'imprécision des graphiques, une certaine incertitude sera acceptée pour les résultats.
Une différence de un à deux hertz ne doit pas être comptabilisée comme un écart significatif lors d'une comparaison de fréquences par exemple.

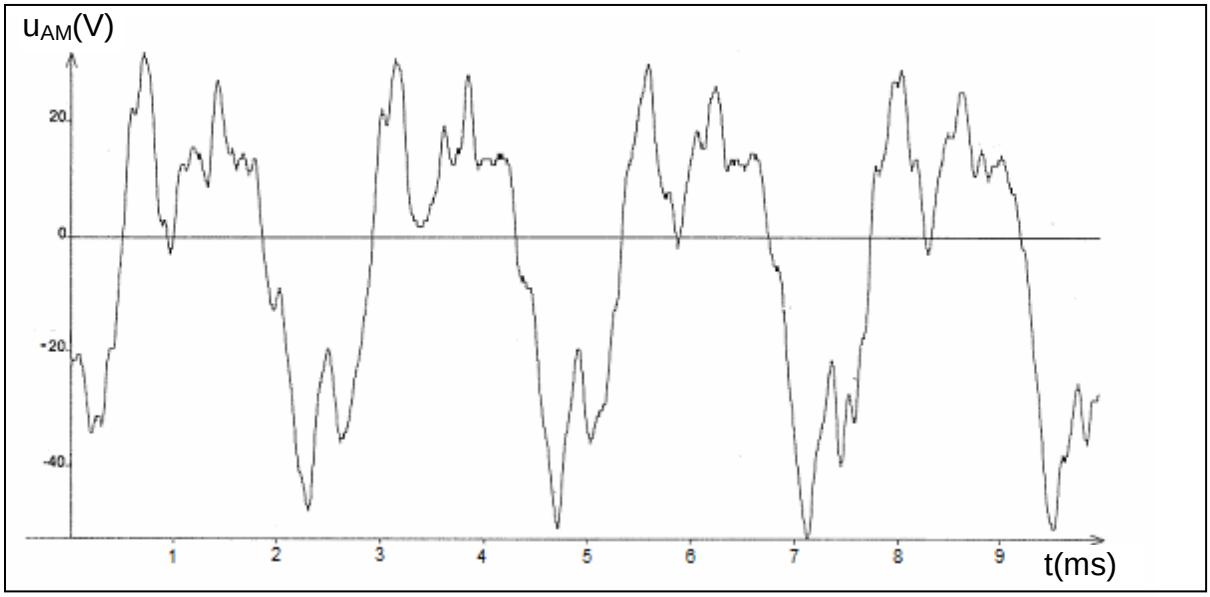


Document 1 : enregistrement numérique d'un son de la guitare.

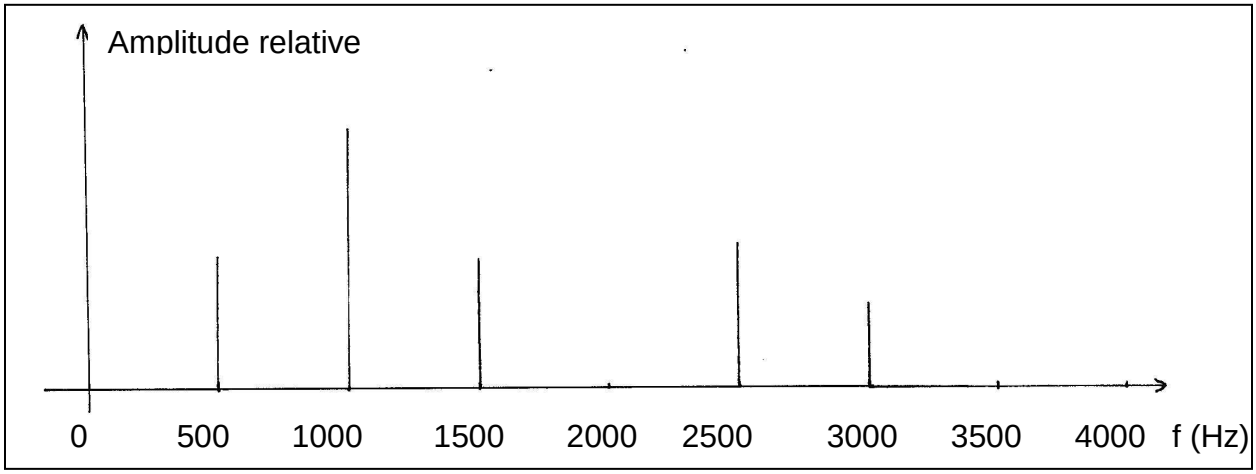
11PYSCSPO3



Document 2 : enregistrement numérique d'un son de la basse.



Document 3 : enregistrement numérique d'un son du violon.



Document 4 : spectre de fréquences d'un son de violon.

11PYSCSPO3

1. Caractéristiques des sonorités instrumentales

1.1. L'enregistrement informatisé d'une note jouée par l'une des guitares du groupe est représentée par le document 1 ci-dessus.

1.1.1. Le son joué par la guitare comporte-t-il des harmoniques ? Justifier.

1.1.2. À partir du **document 1**, déterminer la période de la note jouée par la guitare. En déduire sa fréquence.

1.2. Un son de basse a été enregistré dans les mêmes conditions que celui de la guitare.

1.2.1. Le son émis par la guitare (**document 1**) et celui émis par la basse (**document 2**) ont-ils approximativement la même hauteur ? Justifier.

1.2.2. À quoi reconnaît-on sur les documents que ces deux instruments n'ont pas le même timbre ?

1.3. La note émise par le violon (**document 3**) est-elle plus ou moins aiguë que celle émise par la guitare ? Justifier.

2. Analyse et synthèse des sons

2.1. On a mesuré la fréquence f_1 d'une note émise par le violon : $f_1 = 220$ Hz.
Parmi les fréquences suivantes, indiquer les fréquences qui correspondent à des « harmoniques» de la note émise par le violon :

$f_2 = 110$ Hz $f_3 = 330$ Hz $f_4 = 440$ Hz $f_6 = 660$ Hz

2.2. L'analyse spectrale d'une autre note émise par le violon donne le spectre du **document 4**.

2.2.1. Quelle est la fréquence du fondamental ?

2.2.2. Quelles sont les fréquences des harmoniques présentes dans ce spectre ?

2.3. Pour l'introduction d'un morceau, un son synthétisé est ajouté au début de l'un des enregistrements. Pour synthétiser ce son, on a généré une tension, somme de trois tensions sinusoïdales, transmise ensuite à un haut-parleur.
L'expression de la tension générée est :

$$u(t) = 3 \sin (2\pi \times 200t) + 1{,}5 \sin (2\pi \times 400t) + 0{,}3 \sin (2\pi \times 800t).$$

2.3.1. Quelle est la fréquence du son généré ?

2.3.2. Tous les harmoniques de fréquence strictement inférieure à 1000 Hz sont-ils présents ?

3. Niveau sonore des instruments

3.1. On rappelle que le niveau sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation :

$$L = 10 \log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad \text{avec} \quad I_0 = 10^{-12}\ \text{W. m}^{-2}$$

À quoi correspond l'intensité I_0 ?

3.2. La première guitare joue un premier thème. On enregistre son niveau sonore moyen L_G qui est de 60 dBA (décibel acoustique).
La deuxième guitare se joint à la première pour jouer à l'unisson (c'est à dire strictement le même enchaînement de notes) avec le même niveau sonore (60 dBA).
Quel niveau sonore moyen noté L_{2G} mesure-t-on lors de la prise de son lorsque les deux guitares jouent simultanément, sachant que l'intensité sonore totale est la somme des intensités sonores des deux instruments ?

11PYSCSPO3

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE I :
Partie B, Question 1.2.1.
Tableau descriptif de l'évolution de la réaction

équation chimique		G + 3 HO^- = 3 $C_{17}H_{33}COO^-$ + B			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	n_{01}	n_{02}	0	0
En cours de transformation	x				
État final	x_f				