

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 8

SPÉCIALITÉ**L'usage de la calculatrice électronique est autorisé****Ce sujet nécessite deux feuilles de papier millimétré.**

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

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

I – Le chrome sous différentes formes

II – Le saut à l'élastique

III – Bon ou mauvais tuyau ?

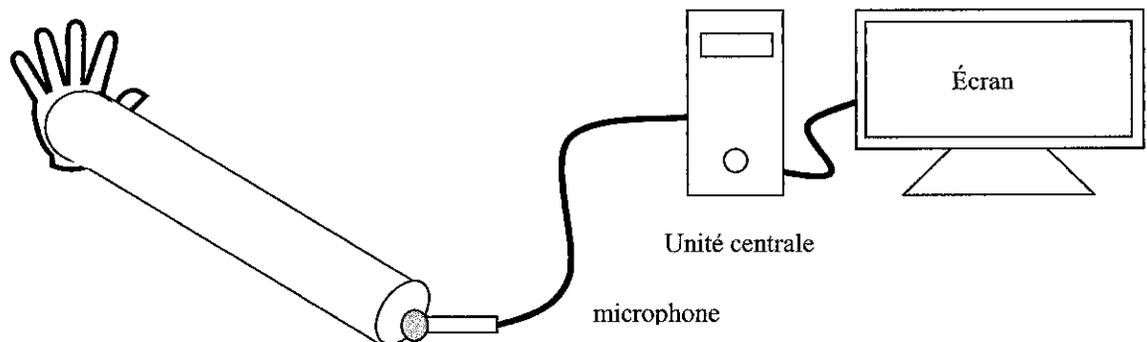
EXERCICE 3 : Bon ou mauvais tuyau ? (4 points)

Le plomb est un métal mou, malléable, peu oxydable, et utilisé très tôt pour de nombreuses applications, telles que les conduites d'eau.

On connaît à présent sa toxicité et tout particulièrement son effet inhibiteur de certaines enzymes qui provoque des troubles cérébraux chez les jeunes enfants.

L'eau de boisson dans les habitations vétustes où *la tuyauterie* est en plomb implique un niveau d'exposition dangereux.

- 3.1 Nommer un autre métal très toxique, autrefois utilisé dans les thermomètres et interdit désormais à la vente.
- 3.2 Si le tuyau est placé à proximité d'une conduite mal isolée de chauffage central, une forte augmentation des teneurs en plomb peut être observée. Quel facteur influant sur la solubilité d'une espèce chimique est ici mis en évidence ?
- 3.3 Le propriétaire d'une maison ancienne a décidé de remplacer les tuyaux en plomb de son installation par des tuyaux en PVC. Il ne résiste pas néanmoins au plaisir de faire quelques expériences d'acoustique avec quatre tuyaux en plomb cylindriques de même diamètre et de longueurs différentes. A l'aide de la carte son d'un ordinateur et d'un microphone, il enregistre le son émis par chacun d'eux lorsqu'il tape avec la main à l'une des extrémités du tuyau, l'autre extrémité étant ouverte.



Parmi les propositions suivantes, cocher celles qui sont exactes ?

- Dans l'expérience menée, la colonne d'air :
 - A) vibre librement.
 - B) est soumise à une excitation forcée.
- Au cours de cette expérience :
 - C) différents modes propres sont excités simultanément.
 - D) seul le mode fondamental est excité.
- L'onde sonore se propageant dans l'air est :
 - E) transversale.
 - F) longitudinale.
- Pour chacun des quatre tuyaux, la hauteur de la note est :
 - G) différente.
 - H) identique.

3.4 Le propriétaire poursuit ses investigations en utilisant cette fois quatre tuyaux en P.V.C, de diamètre identique mais de longueurs différentes. Il renouvelle l'expérience menée à la question 3.3.

A partir des oscillogrammes et des spectres du document « résultats expérimentaux » (pages 9/12, 10/12, 11/12) indiquer en justifiant, la hauteur des notes émises par les tuyaux 1, 2, 3 et 4.

Reporter vos réponses dans le tableau : **annexe n° 3 à rendre avec votre copie.**

3.5 Le propriétaire se propose alors de retrouver la célérité v des ondes sonores à la température et à la pression de son habitation ; il se souvient d'un résultat remarquable :

Pour **le premier harmonique** repéré dans le spectre après le fondamental, la longueur d'onde λ est liée à la longueur L du tuyau par la relation : $\lambda = \frac{4}{3} \cdot L$

3.5.1 Rappeler la relation liant v , λ et F où F est la fréquence du premier harmonique.

3.5.2 A partir de l'étude du spectre du tuyau 3 (document « résultats expérimentaux »), donner la relation liant la fréquence F du premier harmonique à celle F_0 du fondamental.

3.5.3 Sachant que cette dernière relation est vérifiée pour chaque tube, en déduire la relation liant L et F_0 .

Représenter L en fonction de $\frac{1}{F_0}$ **sur une feuille de papier millimétré, à rendre avec votre copie.**

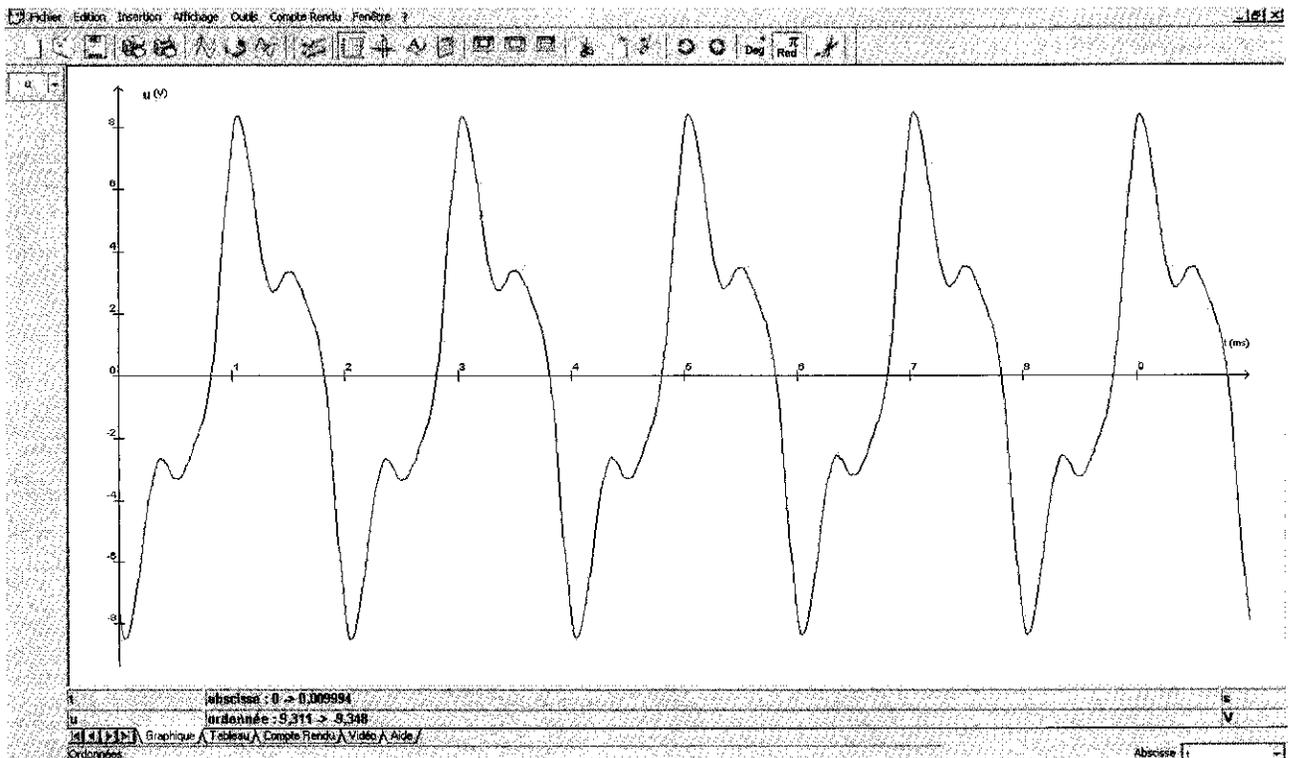
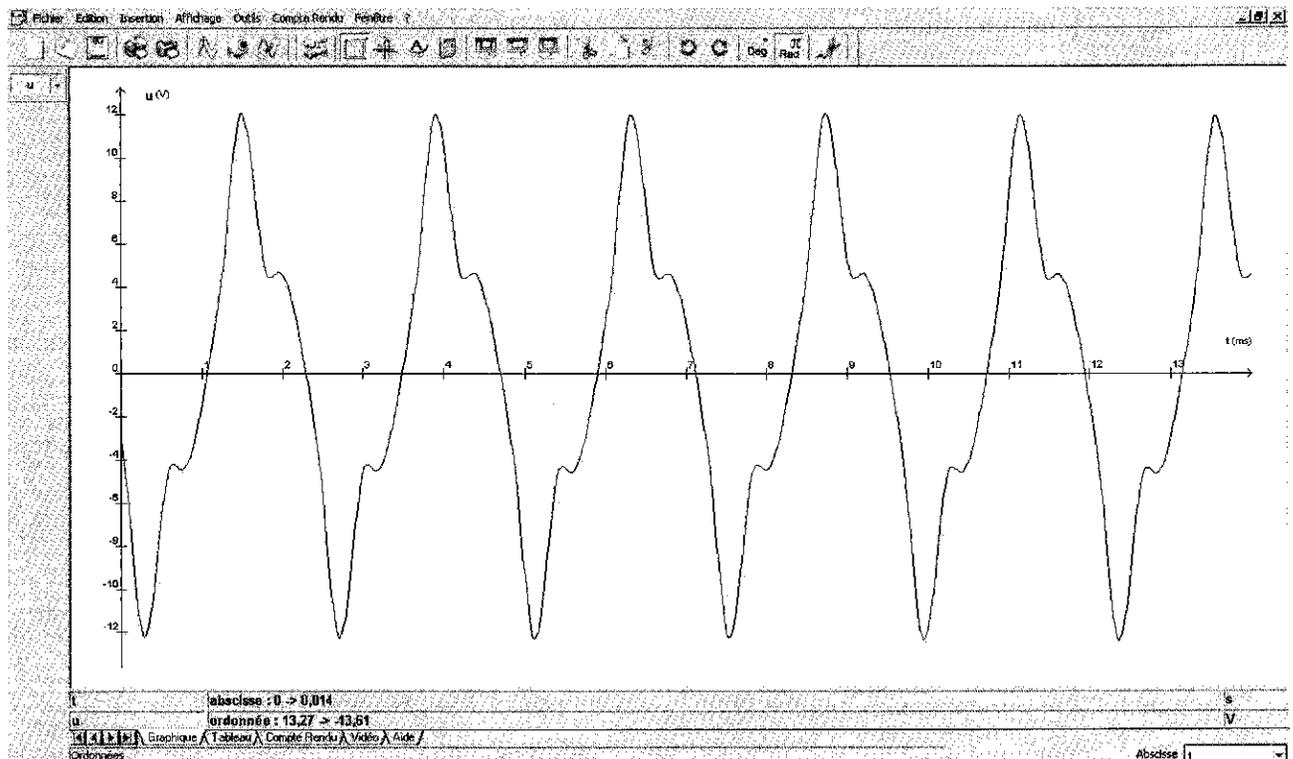
Choix des échelles :

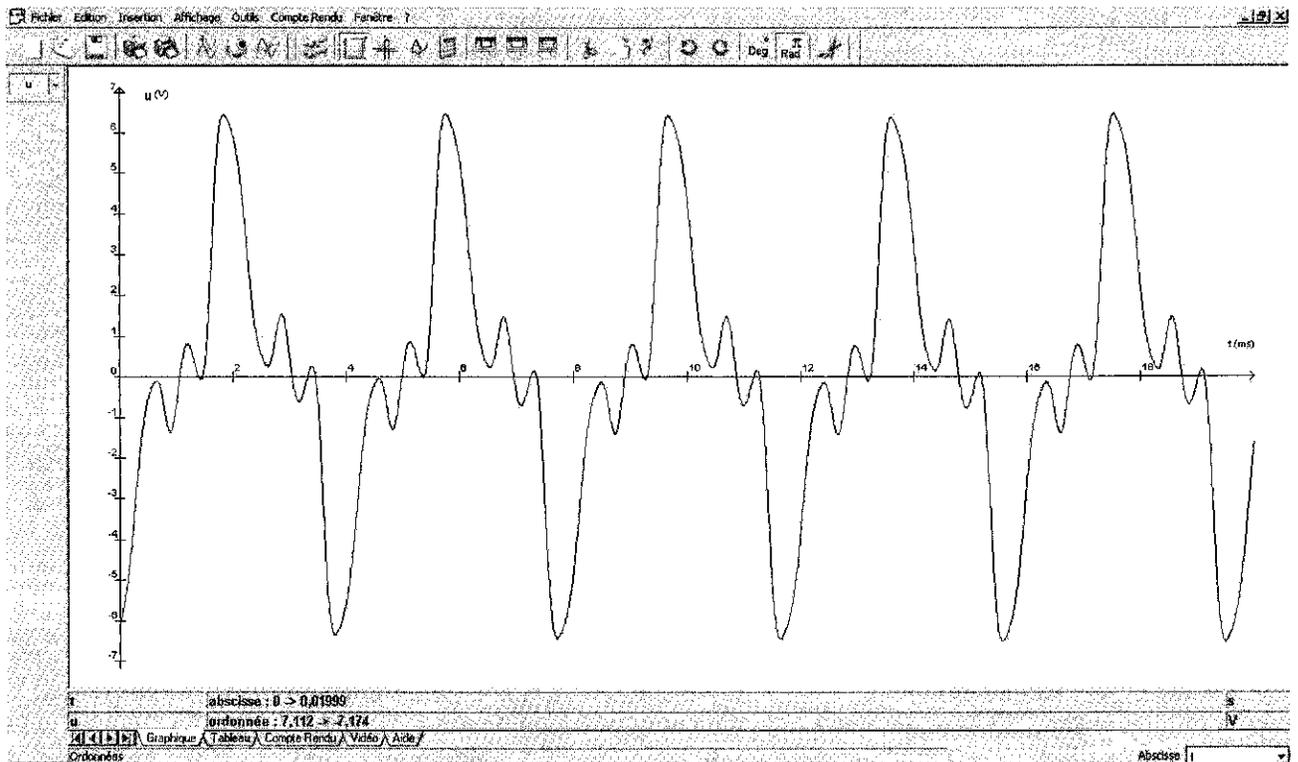
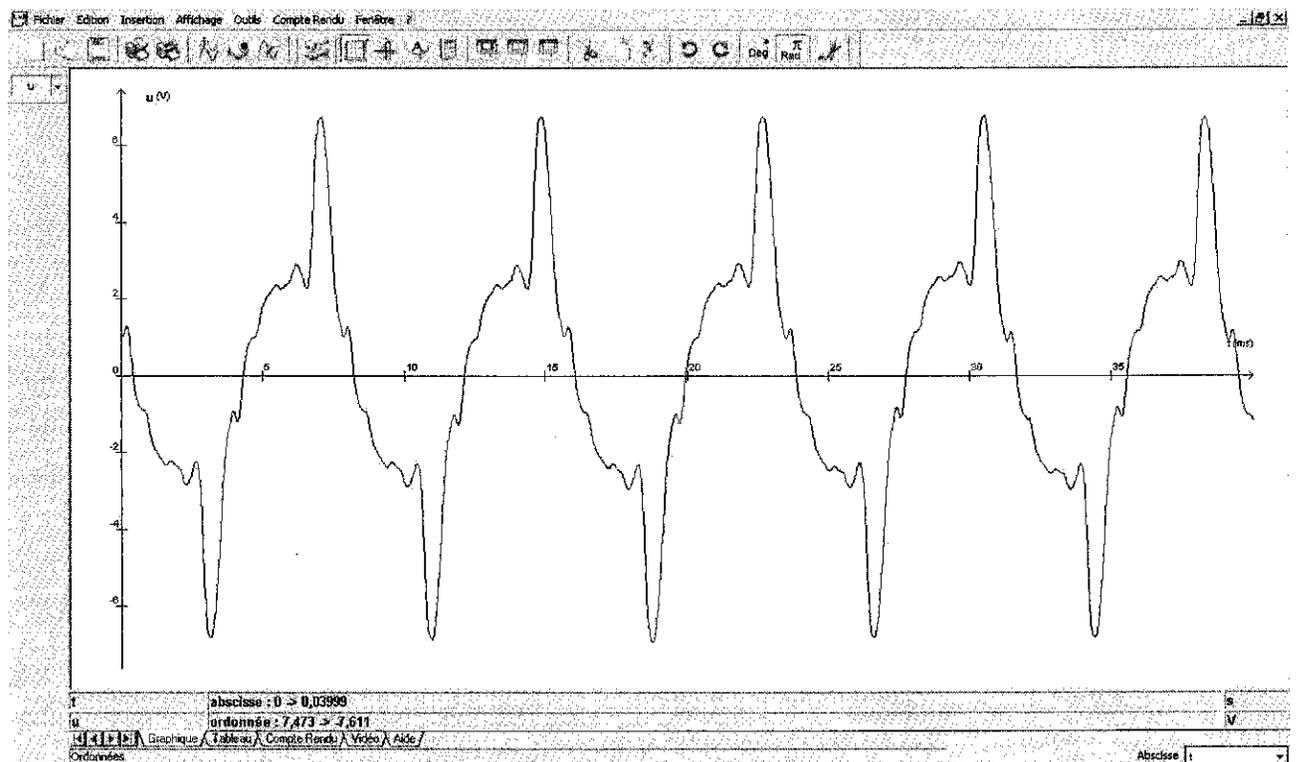
Echelle des abscisses : 1cm représente $1,0 \cdot 10^{-3}$ s

Echelle des ordonnées : 1cm représente 0,10 m

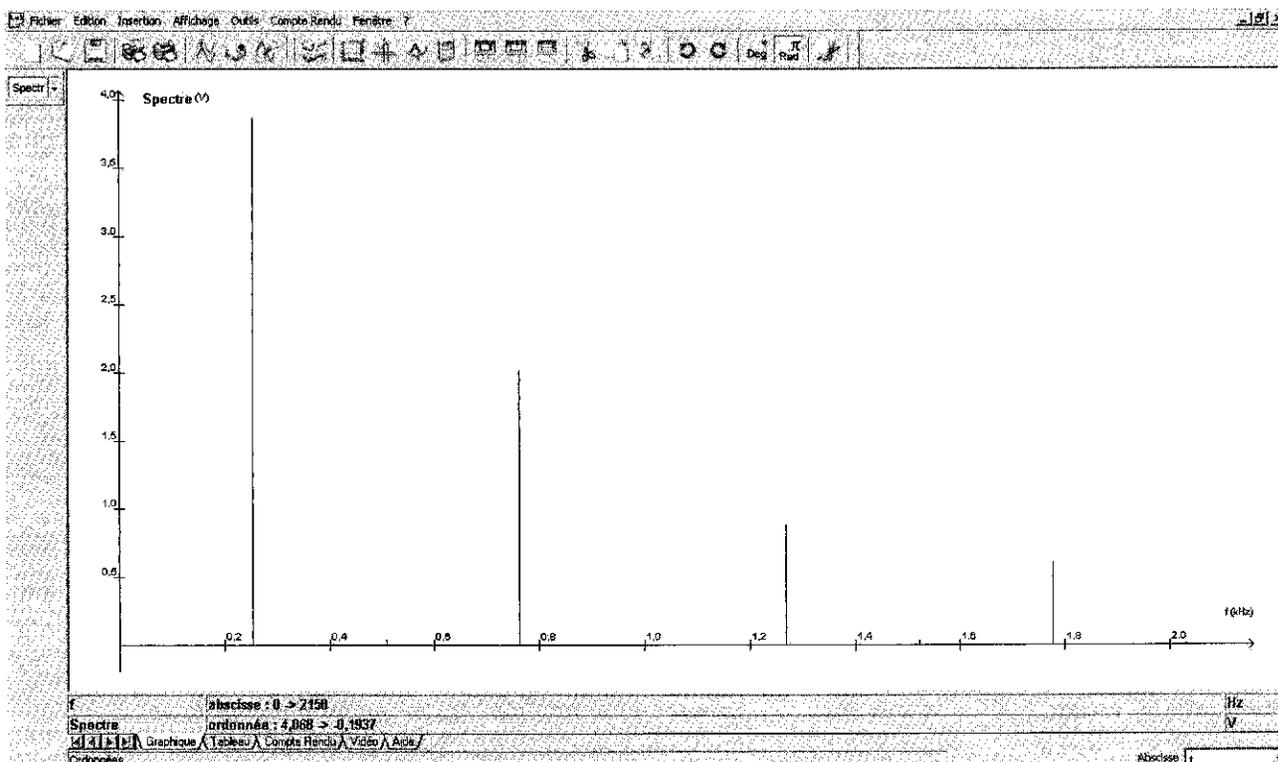
3.5.4 Exploiter le graphique obtenu pour déterminer la valeur numérique de la célérité v des ondes sonores à la température et la pression de son habitation.

Justifier la méthode utilisée.

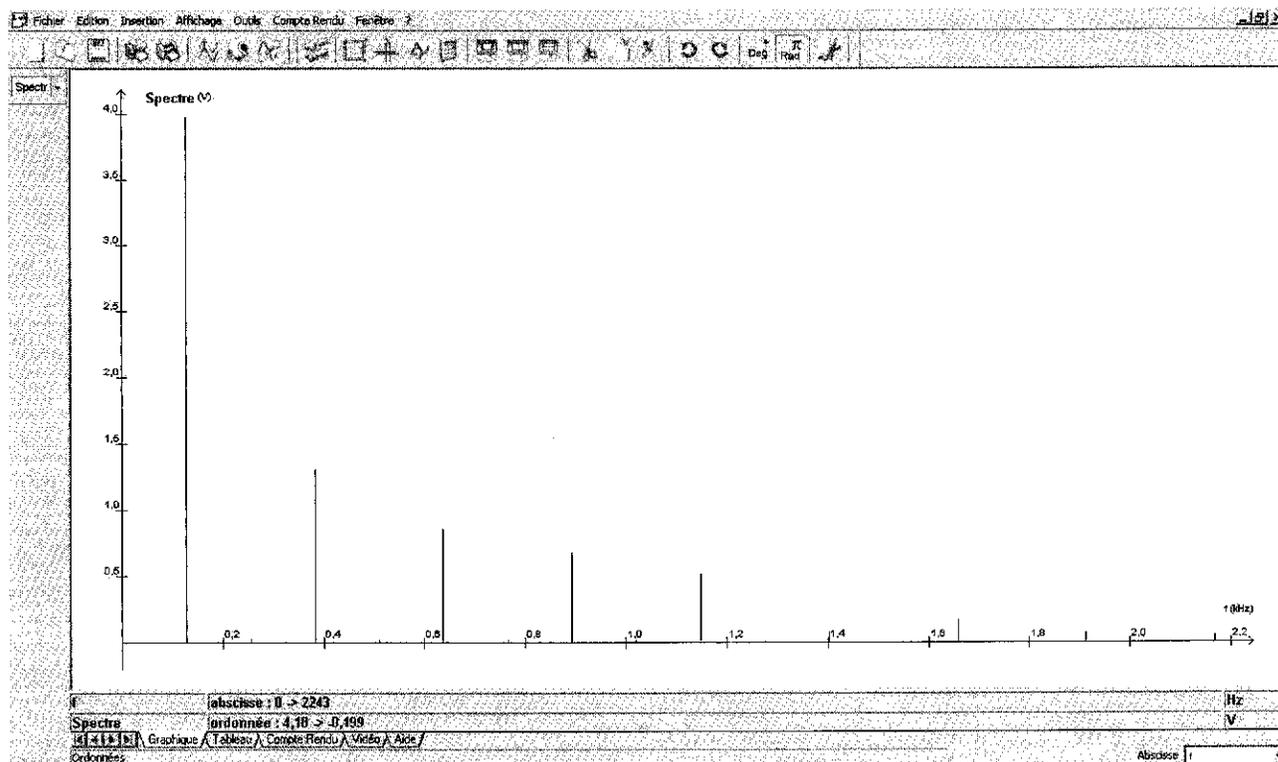
DOCUMENT : Résultats expérimentaux – Exercice 3**TUYAU 1** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 1 ms)**TUYAU 2** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 1 ms)

DOCUMENT : Résultats expérimentaux – Exercice 3**TUYAU 3** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 2 ms)**TUYAU 4** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 5 ms)

DOCUMENT : Résultats expérimentaux – Exercice 3



TUYAU 3 spectre (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 0,2 kHz)



TUYAU 4 spectre (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 0,2 kHz)

Document réponse à rendre avec votre copie

EXERCICE 3 : Bon ou mauvais tuyau ?**Annexe n° 3 : Question 3.4**

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4
L (cm)	16,6	22,1	33,2	66,4
$T_0 = \frac{1}{F_0}$ (s)				
F_0 (Hz)				

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 ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11

Les feuilles d'annexes (pages 10/11 et 11/11)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE

EXERCICE III : REALISATION D'UNE MODULATION D'AMPLITUDE (4 points)

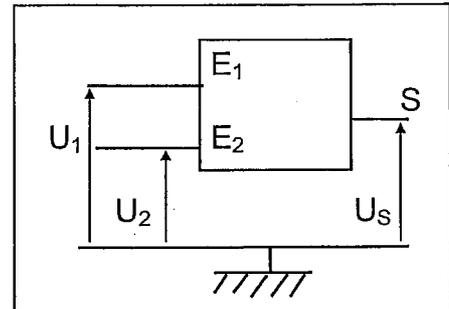
Des élèves de terminale S doivent mettre en œuvre un montage permettant de simuler une modulation d'amplitude. Au laboratoire, ils disposent du matériel suivant :

- deux générateurs basse fréquence (GBF) délivrant une tension sinusoïdale réglable en fréquence ;
- un oscilloscope bicourbe : voies Y_1 et Y_2 ;
- des fils de connexion ;
- un circuit multiplieur (schéma ci-contre).

Le multiplieur est un circuit intégré, à deux entrées E_1 , E_2 et une sortie S , tel que :

$$U_s = k.U_1.U_2$$

où k est la constante caractéristique du multiplieur.


1. Principe de la modulation d'amplitude

- 1.1. Pourquoi n'est-il pas possible de transmettre une onde sonore sur de grandes distances ?
- 1.2. Pourquoi est-il possible d'utiliser une porteuse de grande fréquence ?

2. Réalisation du montage

- 2.1. Compléter le schéma de la figure 1 en **annexe II à rendre avec la copie** en y ajoutant les deux GBF et les flèches tensions notées $u_p(t)$ pour la porteuse, $u_1(t)$ pour le signal modulant et $s(t)$ pour le signal modulé.
- 2.2. Sur le même schéma, représenter les fils de connexion à l'oscilloscope permettant de visualiser $u_1(t)$ sur la voie 1 et $u_p(t)$ sur la voie 2.
- 2.3. *Étude de l'onde porteuse*

Pour simuler l'onde porteuse, le GBF délivre la tension sinusoïdale $u_p(t)$ d'amplitude $U_p = 2,5$ V et de fréquence $f_p = 3000$ Hz. L'oscilloscope est réglé pour visualiser la voie 1 avec une sensibilité horizontale de $0,1$ ms.div⁻¹ et une sensibilité verticale de 1 V.div⁻¹.

Cette tension a pour expression : $u_p(t) = U_p \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$.

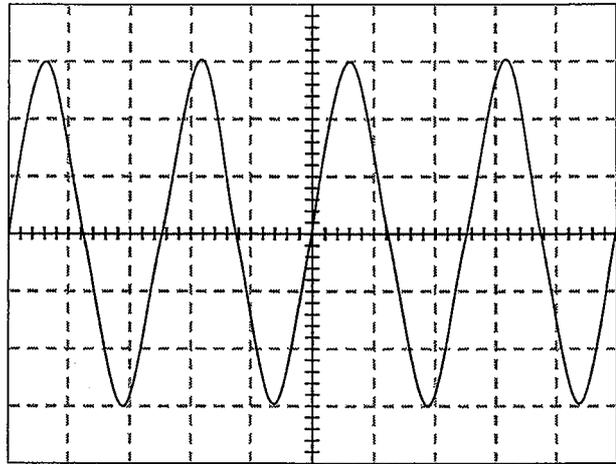
2.3.1. Calculer la période T_p de la porteuse.

2.3.2. Représenter cette tension sur la figure 2 en **annexe II à rendre avec la copie**.

2.4. Étude du signal modulant

Pour simuler le signal modulant, le GBF délivre une tension $u_1(t)$ représentée ci-dessous.

Sensibilité verticale : 0,5 V/div.



2.4.1. Choisir, en justifiant la réponse, l'expression de la tension $u_1(t)$:

$$u_1(t) = U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) \text{ ou } u_1(t) = U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + U_0$$

2.4.2. Choisir, en justifiant la réponse, la fréquence f_1 que doit délivrer le GBF :

$$f_1 = 10000 \text{ Hz} \text{ ou } f_1 = 100 \text{ Hz.}$$

2.4.3. Déterminer l'amplitude U_1 de la tension.

2.5. Étude du signal modulé en amplitude

Le signal modulé en amplitude $s(t)$ est représenté sur la figure 3 en **annexe II à rendre avec la copie**. L'amplitude de la tension modulée, notée U_m , varie entre deux valeurs extrêmes, notées U_{\min} et U_{\max} .

On admettra que le taux de modulation m s'exprime par : $m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}$.

2.5.1. Faire apparaître U_{\min} et U_{\max} sur l'oscillogramme de la figure 3 en **annexe II à rendre avec la copie**.

2.5.2. Calculer m .

2.5.3. Quelle condition sur m permet d'éviter une surmodulation ?

3. Onde modulée réelle

Les valeurs des fréquences utilisées précédemment ne correspondent pas à celles utilisées dans la réalité car elles nécessiteraient d'utiliser des antennes beaucoup trop grandes. Les ondes hertziennes kilométriques, appelées "grandes ondes", ont une longueur d'onde λ comprise dans l'intervalle [1052 m ; 2000 m]. La célérité des ondes électromagnétiques dans l'air, c , a pour valeur : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Calculer l'ordre de grandeur de fréquence des ondes hertziennes.

ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice III question 2.1

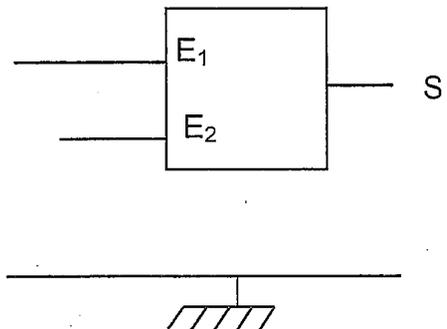
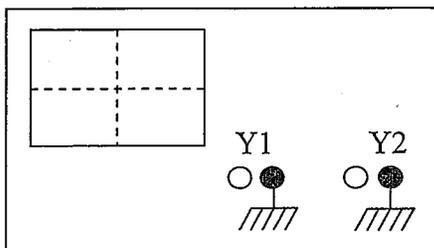
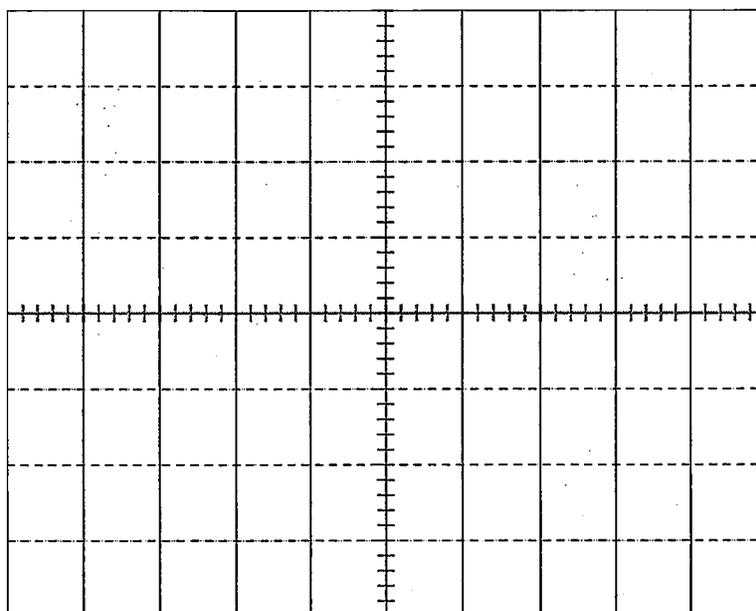


Figure 1

Exercice III
question 2.3.2

Figure 2

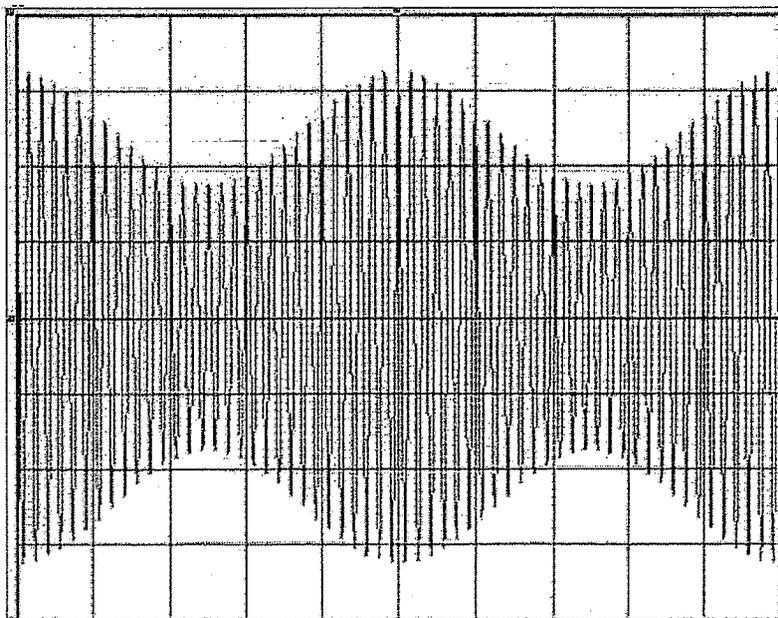


Exercice III
question 2.5.2

Figure 3

Sensibilité verticale :
 2 V.div^{-1} .

Sensibilité horizontale :
 2 ms.div^{-1} .



EXERCICE 3 : UN CONSERVATEUR ALIMENTAIRE DANS UN SODA (4 points)

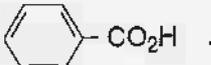
Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

« Les conservateurs limitent, ralentissent ou stoppent la croissance des micro-organismes (bactéries, levures, moisissures) présents ou susceptibles d'entrer dans l'aliment et préviennent donc l'altération des produits ou les intoxications alimentaires.

L'acide benzoïque, par exemple, et ses sels de calcium, de sodium et de potassium sont utilisés comme antibactériens et antifongiques dans les denrées alimentaires».

D'après le site www.eufic.org

L'acide benzoïque est un conservateur qui figure dans de nombreuses boissons sans alcool, comme les sodas. Son code européen est E 210.

La formule de l'acide benzoïque est $C_6H_5 - COOH$ ou encore .

Données :

- l'acide benzoïque est un solide blanc à température ordinaire
- masse molaire de l'acide benzoïque : $M = 122 \text{ g.mol}^{-1}$
- pK_A du couple acide benzoïque / ion benzoate : $pK_A (C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) = 4,2$

Espèce chimique	Solubilité dans l'eau (g/L)	Solubilité dans le toluène (g/L)
Acide benzoïque	3,4	110
Ion benzoate	400	insoluble
Acide phosphorique	très bonne	insoluble
Acide citrique	très bonne	insoluble

- masses volumiques : ρ (toluène) = $0,867 \text{ g/cm}^3$ et ρ (eau) = $1,000 \text{ g/cm}^3$

- le toluène et l'eau ne sont pas miscibles.
- l'acide phosphorique et l'acide citrique sont solubles dans l'eau.

1. Extraction de l'acide benzoïque

On souhaite connaître la quantité d'acide benzoïque présente dans une boisson au cola en réalisant un titrage acido-basique. En dehors de l'acide benzoïque, la boisson contient également de l'acide phosphorique et de l'acide citrique, ainsi que de l'eau. Il s'agit donc, dans un premier temps, de séparer l'acide benzoïque, que l'on souhaite titrer, des autres acides.

Dans un bécher on place un volume $V = 100 \text{ mL}$ de boisson et on laisse sous agitation magnétique pendant une heure afin d'éliminer le dioxyde de carbone dissous. On ajoute alors environ 100 mL de toluène dans le bécher. On verse ensuite le mélange dans une ampoule à décanter.

- 1.1. Représenter l'ampoule à décanter après agitation en précisant et en justifiant la position et la composition de chaque phase.
- 1.2. On élimine la phase aqueuse. On ajoute un excès de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium dans l'ampoule à décanter contenant la phase organique puis on agite.
Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde HO^- .
- 1.3. On sépare les deux phases obtenues après l'ajout de la solution d'hydroxyde de sodium. On récupère alors la phase aqueuse contenant les ions benzoate et on ajoute une solution concentrée d'acide chlorhydrique au milieu réactionnel afin de diminuer le pH jusqu'à environ 3. On voit alors apparaître des cristaux blancs.
 - 1.3.1. Construire le diagramme de prédominance mettant en jeu l'acide benzoïque et sa base conjuguée.
 - 1.3.2. Justifier l'apparition des cristaux blancs.
 - 1.3.3. Citer un dispositif efficace utilisé au laboratoire pour récupérer les cristaux.

2. Préparation d'une solution d'acide benzoïque

On désire connaître la quantité d'acide pur $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ présent dans les cristaux récupérés. Après lavage et séchage, on pèse les cristaux ; leur masse est $m = 0,38 \text{ g}$. On prépare alors une solution S_0 par dissolution de la totalité des cristaux dans de l'eau distillée afin d'obtenir $V_0 = 250,0 \text{ mL}$ de solution.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'acide benzoïque et l'eau.
- 2.2. Écrire l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à l'équation de réaction. Calculer sa valeur.

3. Titrage de la solution S_0 préparée

On prélève un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_0 préparée dans la partie précédente. On se propose de faire un titrage colorimétrique de la solution d'acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de phénolphaléine. Le virage de l'indicateur coloré s'observe pour $V_E = 17,2 \text{ mL}$.

- 3.1. Déterminer la concentration C_0 de la solution S_0 préparée.
- 3.2. En déduire la masse m_0 d'acide pur correspondant.
- 3.3. Déterminer le pourcentage d'acide benzoïque pur contenu dans les cristaux extraits de la boisson au cola.

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2011
—**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 un exercice de CHIMIE, deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 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 III - CONCERT DE VIOLONS (4 points)

Avant de débiter un concert, les instrumentistes doivent accorder leurs instruments.
 Le chef d'orchestre dispose de repères techniques simples mais efficaces pour vérifier la justesse des sons émis par l'orchestre



L'objet de cet exercice porte sur l'étude des sons émis par des violons, la vérification de l'accord entre deux violons et la participation du chef d'orchestre à ces réglages.

Pour tout l'exercice, on considère la célérité v du son dans l'air, à 20°C, égale à 340 m.s^{-1} .

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Le violon

La **figure 5** représente les enregistrements réalisés dans les mêmes conditions, de sons de fréquence $f_1 = 440 \text{ Hz}$ (la_3) émis par un violon d'une part et par un diapason d'autre part.

1.1. Parmi les caractéristiques physiques d'un son musical figurent la hauteur et le timbre. En analysant les deux oscillogrammes de la **figure 5**, préciser la caractéristique qui différencie les sons des deux émetteurs.

1.2. Quel nom donne-t-on à la fréquence f_1 ?

1.3. Calculer les valeurs des fréquences f_2 et f_3 présentes dans le spectre fréquentiel du violon.

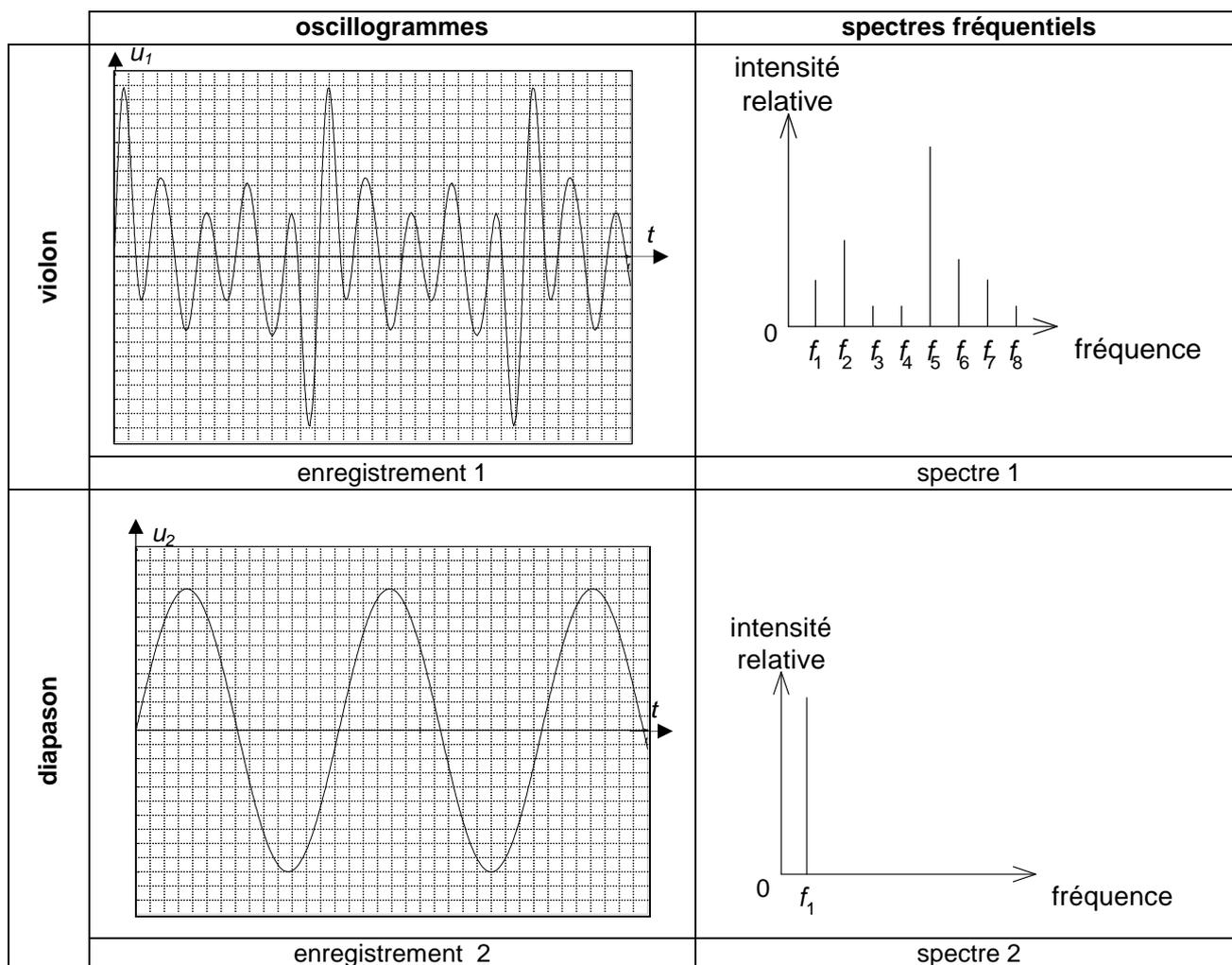


Figure 5. Enregistrements et spectres fréquentiels des deux émetteurs sonores

2. L'ensemble des violons

2.1. Les battements

Avant le concert, les violonistes cherchent à accorder leur instrument en jouant la note la_3 de fréquence égale à 440 Hz. La fréquence émise par chaque instrument n'étant pas rigoureusement égale à 440 Hz, le son résultant est alternativement plus ou moins intense : on entend des battements qui sont des variations périodiques de l'amplitude sonore.

Pour rendre compte de ce phénomène, on simule à l'aide d'un ordinateur des signaux dont les fréquences f_a (courbe 1 de la **figure 6**) et f_b (courbe 2 de la **figure 6**) diffèrent légèrement : $f_a = 420$ Hz et $f_b = 460$ Hz. Ensuite, on effectue l'addition de ces deux signaux (courbe 3 de la **figure 6**).

Les courbes obtenues sont rassemblées **figure 6** ci-dessous.

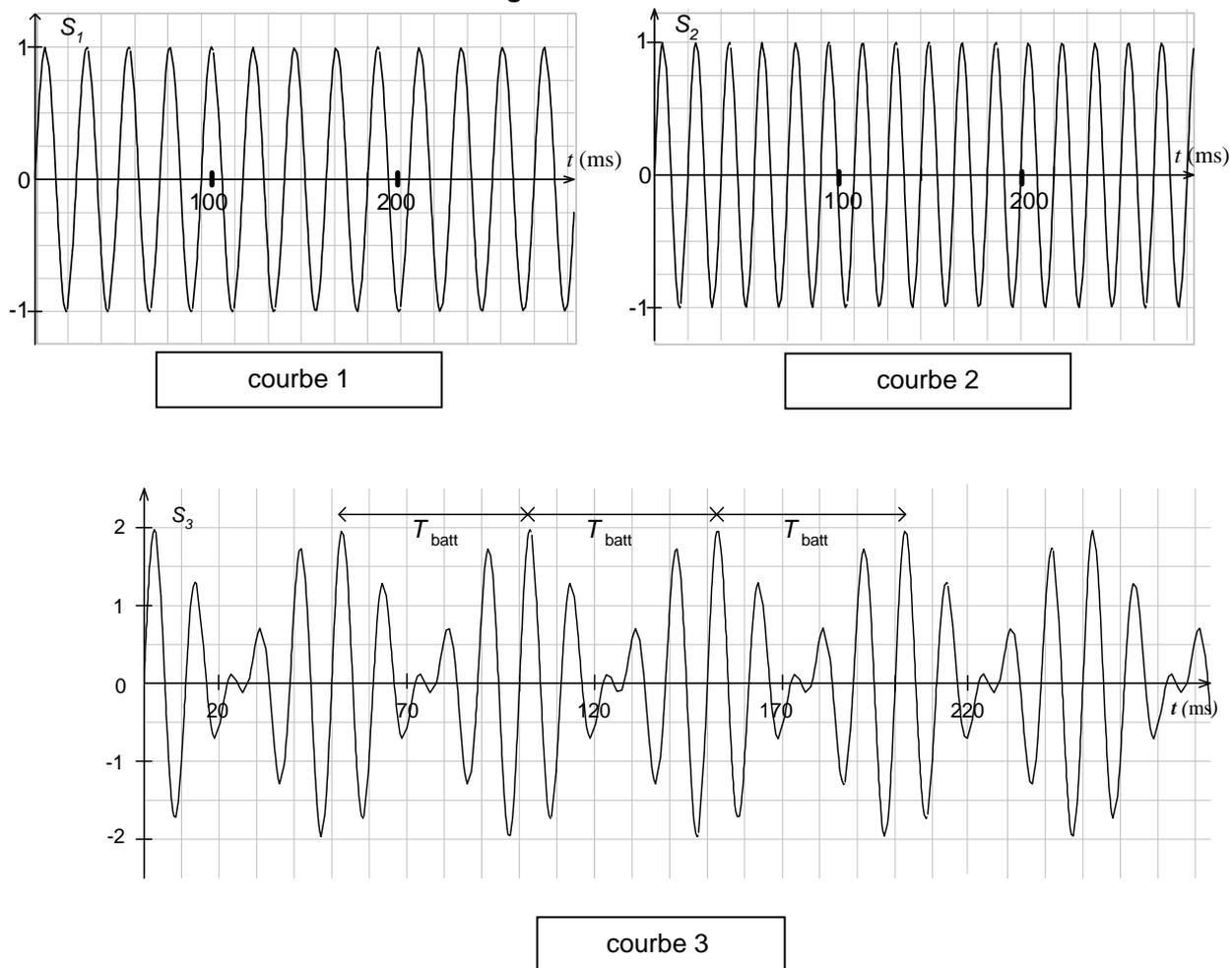


Figure 6. Courbes simulant les signaux sonores

2.1.1. La période des variations d'amplitude, encore appelées battements, est notée T_{batt} (voir courbe 3

de la **figure 6**). On souhaite vérifier que $f_{\text{batt}} = \frac{1}{T_{\text{batt}}} = \frac{f_b - f_a}{2}$. Pour cela, déterminer la valeur de

f_{batt} à partir de la courbe 3 et la comparer à celle de $\frac{f_b - f_a}{2}$.

2.1.2. Lorsque le musicien constate l'arrêt des battements, que peut-il en conclure ?

2.2. Comment accorder les violons ?

2.2.1. On considère une corde de violon. On note L la distance entre les deux points d'attache sur l'instrument. Excitée dans son mode fondamental à la fréquence f_0 , la corde est le siège d'ondes stationnaires, on observe un fuseau. Donner la relation entre L et la longueur d'onde λ .

2.2.2. Les ondes stationnaires résultent de la superposition d'ondes progressives de célérité v . Exprimer v en fonction de f_0 et L .

2.2.3. On donne $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ avec F la valeur de la tension de la corde et μ sa masse linéique. Vérifier l'homogénéité de cette équation.

2.2.4. Donner une expression de la fréquence f_0 en fonction de F , μ et L .

2.2.5. Si la corde d'un violon émet un son de fréquence 460 Hz, comment doit-on agir sur la corde pour retrouver la note la_3 de fréquence 440 Hz ?

2.3. Niveau sonore et intensité

Au début du concert, un groupe musical comportant dix violons se produit.

On rappelle que le niveau sonore, exprimé en décibels (dB) d'une source sonore est donné par la formule :

$$L_1 = 10 \times \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

Avec : I_0 : Intensité de référence correspondant à l'intensité minimale audible : $1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$;
 I_1 : Intensité sonore donnée par une source sonore en W.m^{-2} .

Soit pour n sources sonores : $L_n = 10 \times \log \left(\frac{n \cdot I_1}{I_0} \right)$

On rappelle : $\log (a \times b) = \log a + \log b$

2.3.1. Vérifier que le niveau sonore minimal perceptible est de 0 dB.

2.3.2. On estime à 70 dB le niveau sonore produit par un seul violon à 5 m. Calculer le niveau sonore produit par le groupe musical. On considère que tous les violons sont à 5 m de l'auditeur.

2.3.3. L'exposition à une intensité sonore $I = 1,0 \times 10^{-1} \text{ W.m}^{-2}$ peut endommager l'oreille de l'auditeur. Combien de violons doivent jouer pour atteindre cette intensité pour un auditeur situé à 5 m ? Conclure.

3. Conduite d'un orchestre à l'oreille

L'octave entre deux notes, obtenue historiquement en divisant la longueur d'une corde d'instrument par deux, pour obtenir ainsi une fréquence double, est devenue le support des gammes en musique.

Dans la gamme dite tempérée, l'octave est divisée en douze intervalles de fréquences appelés demi-tons tels que le rapport des fréquences de deux notes successives soit le même.

Si on note $f_1, f_2, \dots, f_i, f_{i+1}, \dots, f_{12}$ les fréquences successives séparées par un demi-ton, on obtient $\frac{f_{i+1}}{f_i} = 2$ par définition de l'octave.

3.1. Vérifier que pour deux fréquences successives f_i et f_{i+1} séparées par un demi-ton le rapport constant des deux fréquences $\frac{f_{i+1}}{f_i}$ est égal à $2^{\frac{1}{12}}$.

3.2. Un chef d'orchestre dispose de capacités auditives développées qui lui permettent de distinguer et reconnaître précisément et en particulier la note la_3 et la note si_3 située deux demi-tons au-dessus. Calculer la fréquence de la note si_3 sachant que celle du la_3 est égale à 440 Hz.

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 ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10

EXERCICE III : DU CLAIRON À LA TROMPETTE (4 points)

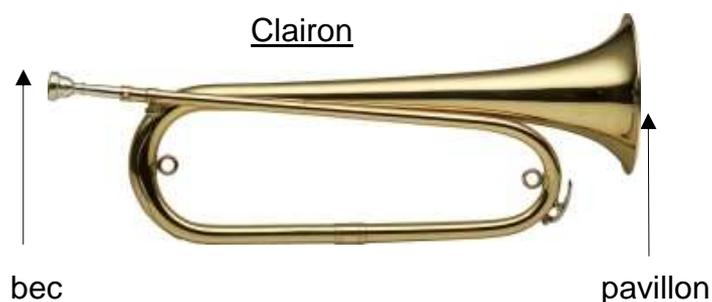
Les deux textes encadrés s'inspirent d'extraits tirés du livre « La physique buissonnière » de Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik.

Données : quelques notes et leur fréquence.

Note	do	ré	mi	fa	sol	la	si
Fréquence (Hz)	262	294	330	349	392	440	494

1. Le clairon.

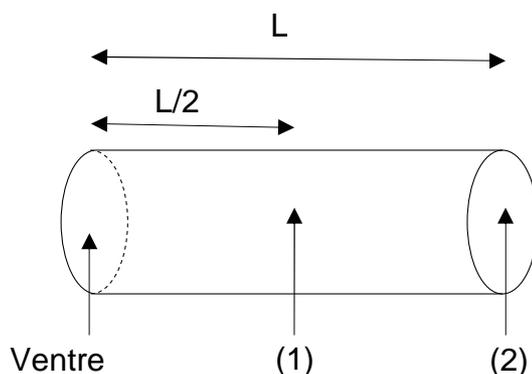
Le clairon est un tube conique replié sur lui-même, long d'environ 1,2 m. Sa fréquence fondamentale est de 131 Hz, mais la note correspondante est difficile à produire. En ajustant la tension de ses lèvres, le musicien peut en revanche jouer les harmoniques successifs à 262 Hz, 393 Hz ...



1.1. Modes de vibration du clairon :

- 1.1.1. Quelles sont les deux premières notes que l'on peut aisément jouer avec le clairon ?
- 1.1.2. Comment peut-on qualifier les modes de vibrations correspondants ?

1.2. On peut représenter le clairon par un tuyau ouvert aux deux extrémités (voir schéma ci-dessous). Les effets du bec et du pavillon sont alors à prendre en compte.



La fréquence fondamentale f est égale à $\frac{v}{2L}$, où v est la vitesse de propagation du son dans l'air et L la longueur du tuyau.

- 1.2.1. Déterminer la longueur L du tuyau équivalent au clairon étudié.
On prendra $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.
- 1.2.2. Dans le cas où la fréquence est égale à la fréquence fondamentale f , préciser pour chacune des positions (1) et (2) dans ce tuyau, s'il s'agit d'un nœud de vibration ou d'un ventre de vibration.
- 1.2.3. En déduire la longueur d'onde λ correspondant à la fréquence fondamentale f .

2. La trompette.

*Dans une trompette, un piston actionné bouche le tuyau principal et ouvre une dérivation vers une coulisse. L'onde sonore doit ainsi parcourir une longueur de tube supplémentaire, ce qui abaisse la hauteur de la note jouée. La trompette a trois pistons, qui libèrent des coulisses de longueurs égales respectivement à environ 6, 12 et 18 pour cent de la longueur du corps principal.
[...] Par combinaisons, on produit six notes supplémentaires (d'un demi-ton à trois tons), les six notes qui manquaient à notre clairon entre la première et la seconde !*



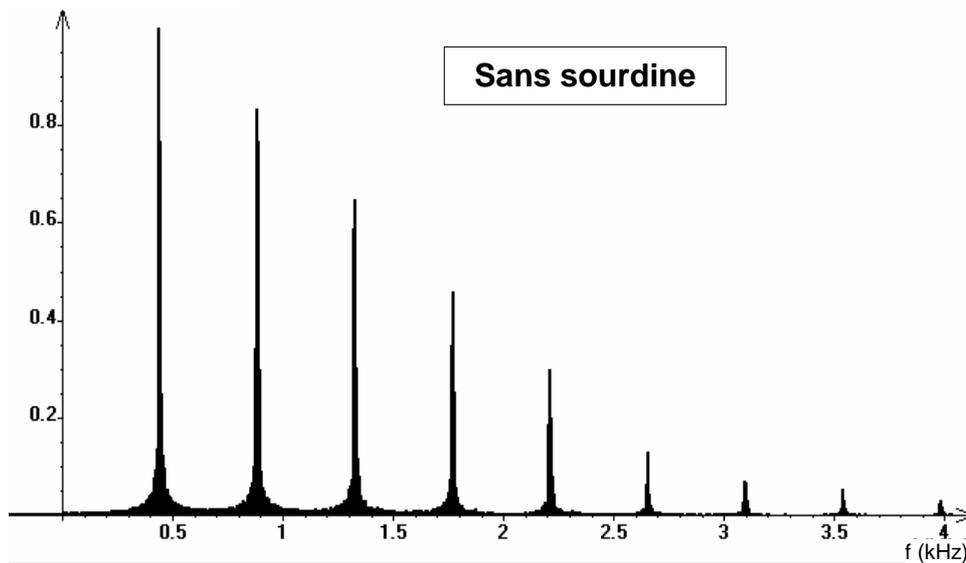
- 2.1. Longueur du tube et note jouée :
 - 2.1.1. Nommer la grandeur physique qui mesure la hauteur d'un son.
 - 2.1.2. Dans le texte ci-dessus on précise le lien entre la longueur du tube et la hauteur de la note jouée. Cette information est-elle cohérente avec la relation fournie dans la question 1.2. ? Justifier.
 - 2.1.3. Sans agir sur aucun piston, on joue un sol. En enfonceant l'un des pistons, la nouvelle longueur L' de la colonne d'air est liée à sa longueur initiale L par la relation $L' = 1,12.L$.
Quelle est alors la fréquence f' du son émis ? À quelle note correspond-elle ?

2.2. Une trompette peut être munie d'une sourdine. Cette dernière réduit la transmission d'énergie à l'air ambiant.

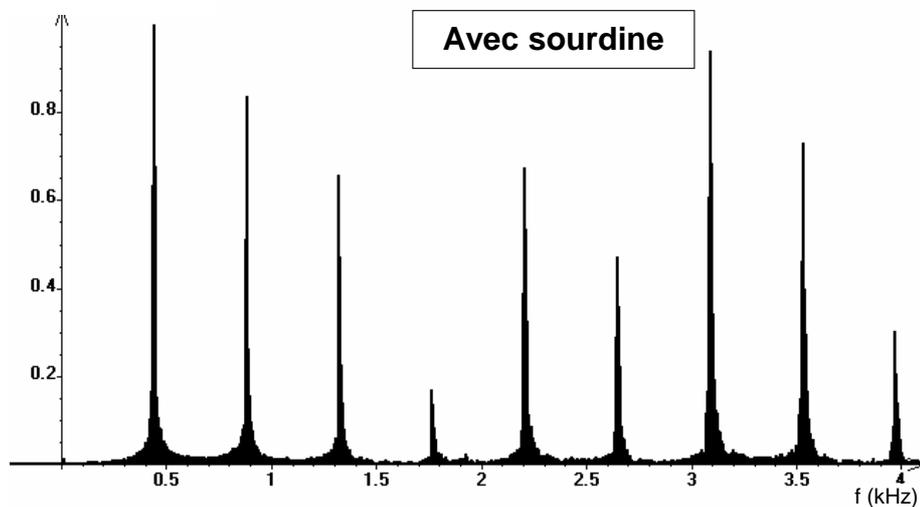
2.2.1. Quelle grandeur caractéristique du son émis par la trompette voit sa valeur alors diminuée ?

2.2.2. On propose ci-dessous les spectres de deux sons émis par une trompette avec et sans sourdine.

Amplitude relative



Amplitude relative



En comparant les deux spectres, préciser en justifiant :

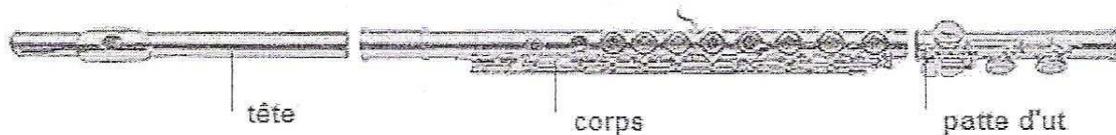
- si la trompette émet la même note dans les deux cas ;
- quelle autre grandeur caractéristique d'un son est également modifiée par la sourdine.

EXERCICE III : LA FLÛTE TRAVERSIÈRE (4 points)

Un élève de terminale se passionne pour la flûte traversière.

La flûte traversière est un instrument à vent, de la famille des bois, composé d'un « corps », d'une « tête » et d'une « patte ». Une plaque percée d'un trou ovale située sur la tête constitue l'embouchure. Lorsque le musicien émet un filet d'air fin en pinçant les lèvres au niveau de l'embouchure, il crée une perturbation qui fait vibrer la colonne d'air du tuyau de la flûte et produit ainsi un son.

On obtient différentes notes en ouvrant ou en fermant les trous à l'aide des clés actionnées par les doigts.



On rappelle que le passage d'une octave à une autre immédiatement inférieure correspond à une division de la fréquence par 2.

1^{ère} partie : Étude d'un son produit par une flûte traversière

Cet élève décide dans un premier temps d'étudier une note produite par son instrument de musique.

III.1 Comment un instrument de musique produit-il un son ?

III.2 À l'aide d'un dispositif d'acquisition, l'élève effectue un enregistrement de la tension électrique $u_f(t)$ aux bornes d'un microphone placé devant sa flûte traversière, il obtient également l'analyse spectrale de la note produite (**documents 1 et 2 de l'ANNEXE 3, page 10/11**).

III.2.1 À l'aide du **document 1 ANNEXE 3 page 10/11**, déterminer la période T_1 puis calculer la fréquence f_1 du mode fondamental.

III.2.2 À l'aide du **document 2 ANNEXE 3 page 10/11** qui donne l'analyse spectrale de la note produite :

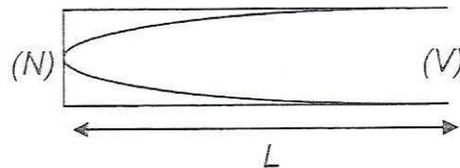
III.2.2.1 Donner un encadrement de la fréquence du mode fondamental. La valeur trouvée à la question **III.2.1** est-elle cohérente avec cet encadrement ?

III.2.2.2 Déterminer les valeurs approchées des fréquences f_2 et f_3 des deux premières harmoniques.

III.2.3 Écrire les relations théoriques existant entre f_2 et f_1 d'une part, puis entre f_3 et f_1 d'autre part.

III.3 On cherche à déterminer la longueur de la colonne d'air qui vibre pour une note jouée. Pour cela, on assimilera la flûte traversière à un tuyau sonore fermé à une extrémité et ouvert à l'autre. La longueur de la colonne d'air sera notée L . On admettra qu'il y a toujours un nœud (N) de vibration à l'extrémité fermée et un ventre (V) de vibration à l'extrémité ouverte.

Pour le mode fondamental de vibration, les positions du ventre et du nœud sont données sur le schéma ci dessous :



Donnée : vitesse de propagation du son dans l'air : $V = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

III.3.1 À quel type d'ondes appartient le mode de vibration de la colonne d'air ?

III.3.2 Définir les termes nœud et ventre de vibration.

III.3.3 L'expression de la fréquence f_1 du mode fondamental en fonction de la longueur L de la colonne d'air s'écrit : $f_1 = \frac{V}{4L}$.

III.3.3.1 Comment le joueur peut-il modifier la longueur de la colonne d'air ?

III.3.3.2 Comment varie la longueur de la colonne d'air, lorsque l'on passe à l'octave inférieure ? Justifier sans calcul.

III.3.3.3 Déterminer la longueur L' de la colonne d'air pour cette octave inférieure.

2^{ème} partie : Des sons différents pour une même note

Cet élève curieux se demande pourquoi une même note produite par sa flûte traversière ou par son synthétiseur ne donne pas le même son.

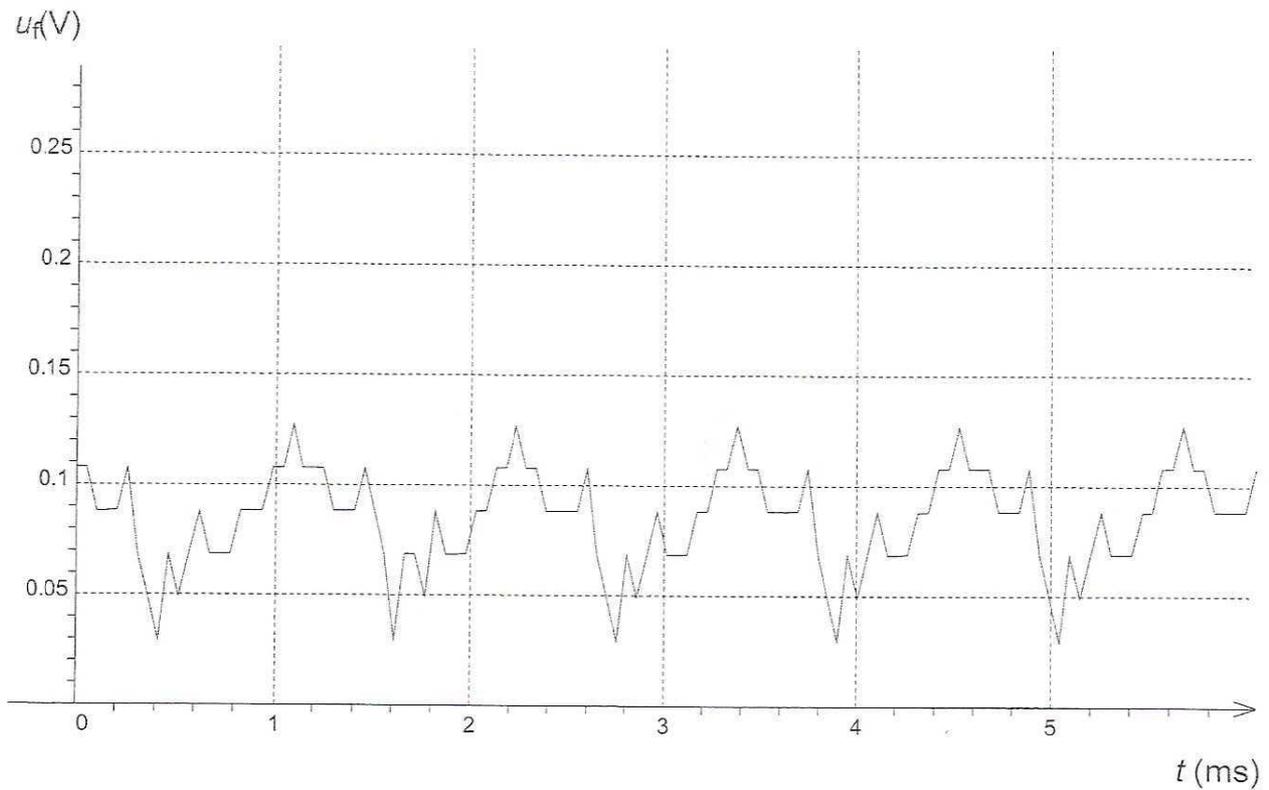
Il effectue un nouvel enregistrement en utilisant le même mode d'acquisition. Il enregistre le son émis par son synthétiseur lorsqu'il joue la même note de musique que celle étudiée précédemment avec sa flûte.

La tension $u_s(t)$ et l'analyse spectrale sont données par les documents 3 et 4 de l'ANNEXE 3, page 11/11.

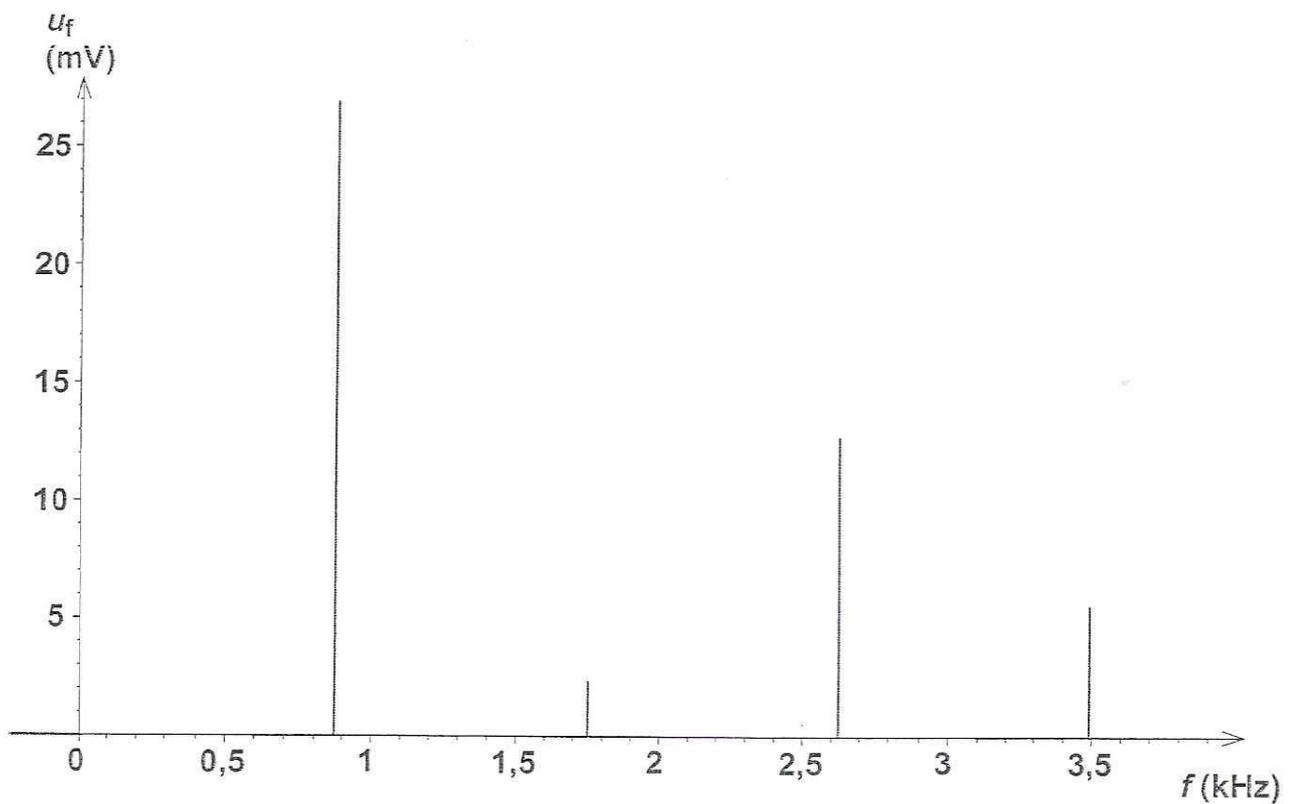
III.4 Quelle grandeur physique est commune aux deux cas ? À quelle caractéristique du son cela correspond-il ?

III.5 Qu'est-ce qui permet de distinguer ces deux sons ? Justifier.

ANNEXE 3 (EXERCICE III)

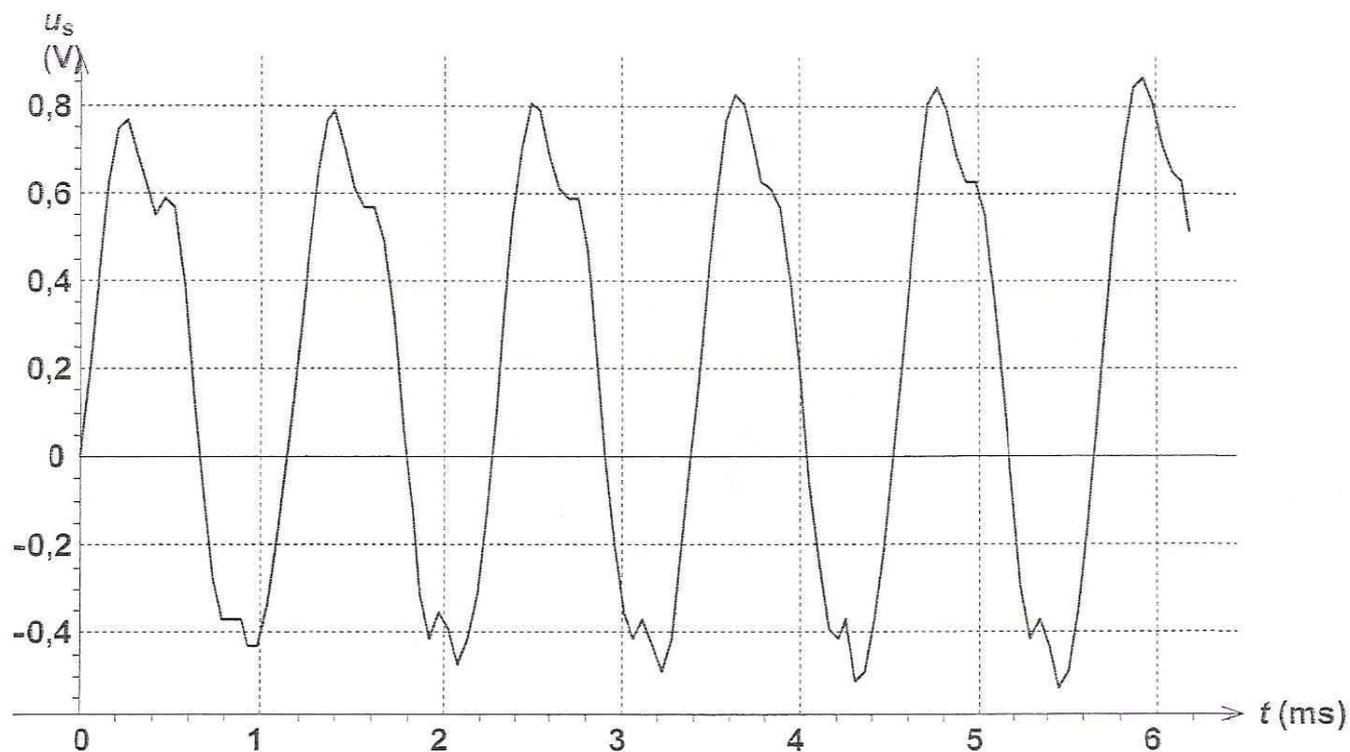


Document 1 : Enregistrement de la note produite par la flûte traversière

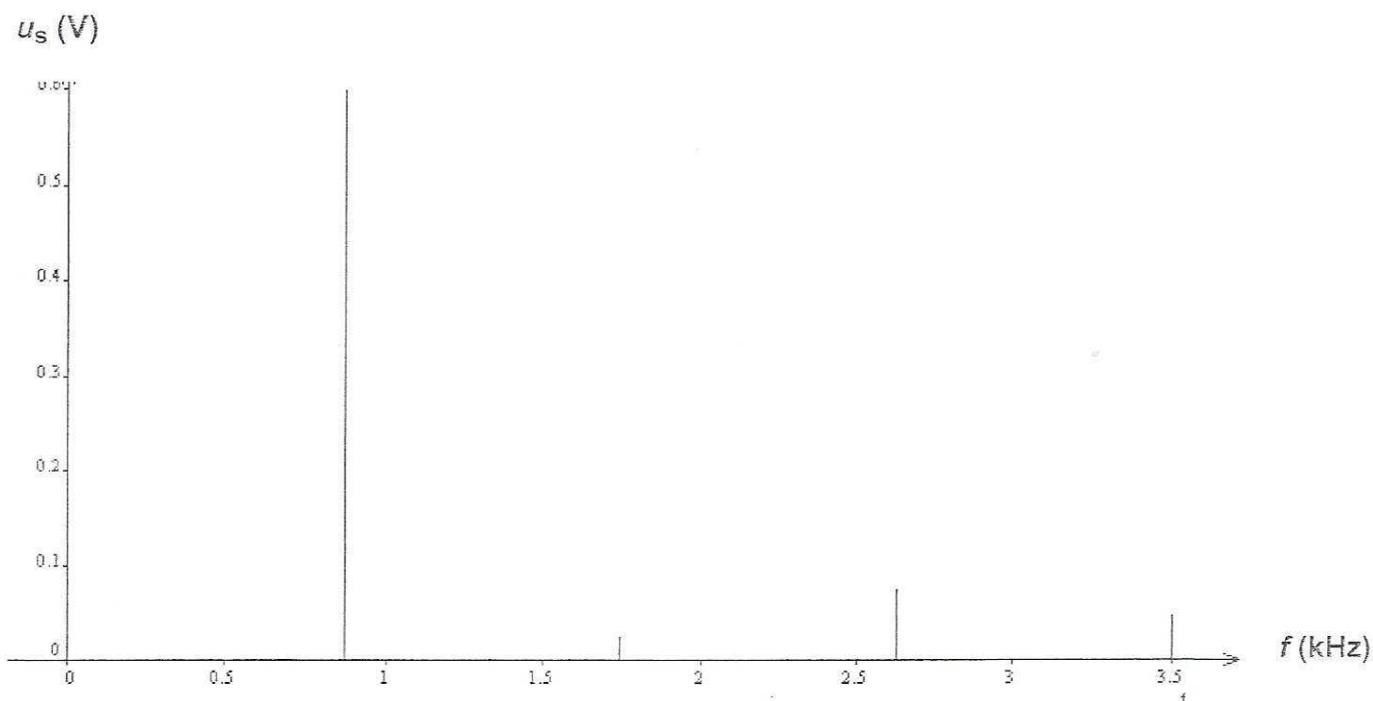


Document 2 : Analyse spectrale de la note produite par la flûte traversière

ANNEXE 3 (EXERCICE III)



Document 3 : Enregistrement de la note produite par le synthétiseur



Document 4 : Analyse spectrale de la note produite par le synthétiseur

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

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 un exercice de CHIMIE, et deux exercices de PHYSIQUE 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.

Peut-on produire un **son très aigu** à la limite du supportable **avec une simple tige en aluminium** ? Grâce à la physique des ondes sonores, c'est parfaitement possible. Cette expérience étonne un grand nombre de personnes, les physiciens eux-mêmes !

Dans une tige métallique, on peut avoir plusieurs mouvements de vibration qui engendrent un son.

- L'onde est transversale : la tige oscille autour de son axe. Déformer une tige selon ce mouvement demande peu de force. La vibration est de faible énergie d'où un son de basse fréquence (note grave). C'est le même phénomène qui se produit quand un marteau frappe une plaque de xylophone.



- L'onde est longitudinale : la tige se contracte et se dilate le long de son axe. Il faut plus d'énergie pour imposer ce mouvement à la tige. La vibration demande plus d'énergie d'où un son de fréquence élevée (note aiguë). C'est le même phénomène qui se produit quand un archet glisse sur la corde d'un violon.



[...] On peut ainsi, à l'aide de plusieurs tiges, fabriquer un instrument de musique à condition de respecter les contraintes imposées par la **gamme tempérée de Bach**.

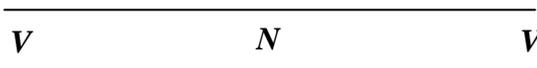
Une gamme musicale est déterminée par les écarts de fréquence entre les notes qui composent la gamme. Il existe un grand nombre de gammes selon leur origine culturelle.

La gamme utilisée dans la musique occidentale est basée sur « la gamme au tempérament égal » ou encore la « gamme tempérée » inventée par Jean-Sébastien Bach.

D'après le site : www.scienceamusante.net

Dans cet exercice, l'onde est longitudinale et se propage à la vitesse v dans la tige. La section des tiges est un paramètre constant dans tout l'exercice.

La tige est le siège d'ondes stationnaires. Elle se comporte comme une colonne d'air de longueur L ouverte aux deux extrémités. Elle oscille à la fréquence f_0 dans son mode fondamental. Son état vibratoire peut alors être représenté de la manière suivante :



1. Une tige qui « siffle »

1.1. La tige est le siège d'ondes stationnaires.

1.1.1. L'onde est longitudinale. Donner une définition de ce type d'onde.

1.1.2. Qu'appelle-t-on onde stationnaire ?

1.1.3. Quelle relation existe-t-il entre le mode fondamental et les autres harmoniques ?

1.1.4. Définir ce qu'on appelle nœud de vibration.

1.1.5. On note λ la longueur d'onde du son de fréquence f . Exprimer λ en fonction de la longueur L de la tige.

1.2. À l'aide d'un microphone, on visualise sur l'écran d'un oscilloscope une tension électrique, image du mouvement vibratoire de la tige.

1.2.1. Qu'appelle-t-on hauteur d'un son ?

1.2.2. La tige est en aluminium

La fréquence du mode fondamental est égale à 2093 Hz.

Parmi les spectres en fréquence proposés en **figure 1** et **figure 2** ci-dessous, lequel correspond au son émis, sachant qu'il s'agit d'un son pur ?

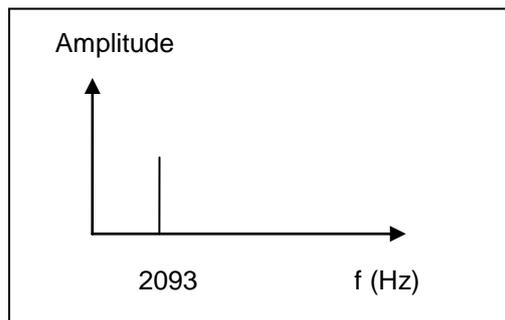


Figure 1

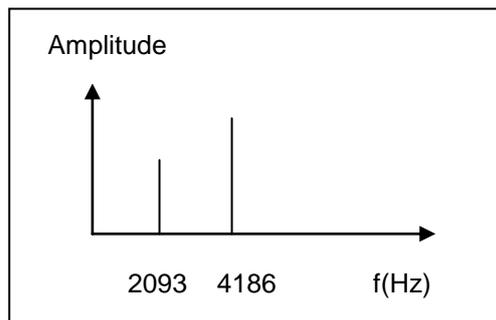


Figure 2

1.3. La vitesse de propagation v du son à l'intérieur d'un matériau dépend de certains paramètres, notamment de la masse volumique de ce matériau.

Répondre par « vrai » ou « faux » aux affirmations ci-dessous, en justifiant son choix.

1.3.1. **Affirmation 1** : Les tiges de même matériau et de longueurs différentes donnent des notes différentes : la note est plus grave quand la tige est plus longue.

1.3.2. **Affirmation 2** : La tige en aluminium donne une note plus aiguë que la tige en laiton de même longueur.

On donne les valeurs de la vitesse du son dans l'aluminium et dans le laiton.

Matériau	v (m/s)
Aluminium	voisine de 4190
Laiton (70% Cu, 30% Zn)	voisine de 3470

2. Des tiges musicales

Dans la gamme de Bach, il y a 12 notes séparées chacune d'un intervalle appelé « demi-ton » (voir **figure 3**, page 8).

La fréquence f_0 est la fréquence de la note « do » donnée par la tige n°0 de longueur L_0 .

La fréquence f_{12} est la fréquence de la même note à l'octave supérieure. Cette note sera donnée par la tige n°12 de longueur L_{12} .

Par définition de l'octave, $f_{12} = 2 f_0$.

Par conséquent, si k est le rapport de fréquences de deux notes consécutives, k est égal à $2^{1/12}$.

k est appelé intervalle ou degré ou demi-ton. Il est indépendant du couple de notes qui se suivent, d'où le nom de « gamme tempérée » ou « tempérament égal » pour cette gamme (tempérament = accord).

1/2 ton 1/2 ton 1/2 ton

Fréquence (Hz)	$f_0=2093$	f_1		2637		2793		3136		3520		3951	4186
Note	do	do #	ré	ré #	mi	fa	fa #	sol	sol #	la	la #	si	do
Numéro de la tige	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Longueur de la tige	L_0	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}

Figure 3 : une octave divisée en douze intervalles ou demi-tons

2.1. Rappeler la relation qui existe entre la longueur L d'une tige, la vitesse v de propagation de l'onde dans la tige et la fréquence f du son émis.

2.2. La tige numéro 0 a pour longueur $L_0 = 1,00$ m.

Elle vibre dans son mode fondamental à la fréquence $f_0 = 2093$ Hz (voir **figure 3**).

Par définition de la gamme tempérée de Bach, la fréquence f_1 de la tige n° 1 de longueur L_1 est donnée par la relation $f_1 = 2^{1/12} f_0$. Montrer que la longueur L_1 s'écrit : $L_1 = L_0 / 2^{1/12}$.

2.3. Ces relations s'écrivent pour la tige n : $f_n = 2^{n/12} f_0$ et $L_n = L_0 / 2^{n/12}$. En s'aidant du tableau ci-dessous, quelle serait la fréquence de la tige la plus courte ? Retrouve-t-on la valeur donnée pour la définition de l'octave, donnée page 7 ?

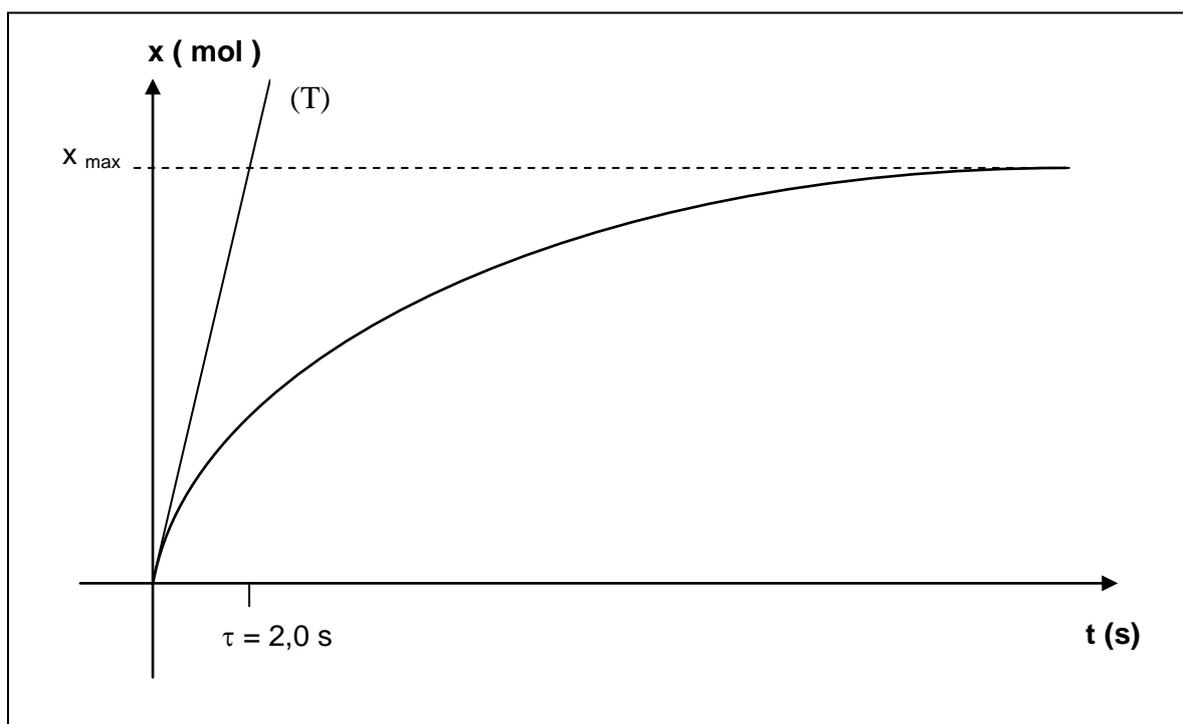
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$2^{n/12}$	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,33	1,41	1,50	1,59	1,68	1,78	1,89	2,00
$2^{-n/12}$	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,71	0,67	0,63	0,60	0,56	0,53	0,50

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE 1 :

Avancement		$2 \text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + \dots = 2 \text{N}_2(\text{g}) + \dots$		
Etat initial	0	$n_1 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$n_2 = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	
Etat intermédiaire	x			
Etat final	x_{max}			

Document 1 : Tableau d'avancement simplifié

Document 2 : Courbe $x = f(t)$

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

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 un exercice de PHYSIQUE, un exercice de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 10) 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 III : LA PHYSIQUE DU VIDE GRENIER ! (4 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Emetteur radiophonique1.1. Étude du signal à transmettre

Au cours d'un vide grenier, un élève achète un diapason dont il veut vérifier la fréquence car il veut l'utiliser pour accorder son instrument de musique. Pour cela, il frappe la fourche du diapason qu'il a placé devant un microphone relié à un système d'acquisition par ordinateur. Il visualise alors, à l'aide d'un logiciel adapté, le signal musical correspondant au son du diapason (cf. figure 1 ci-dessous).

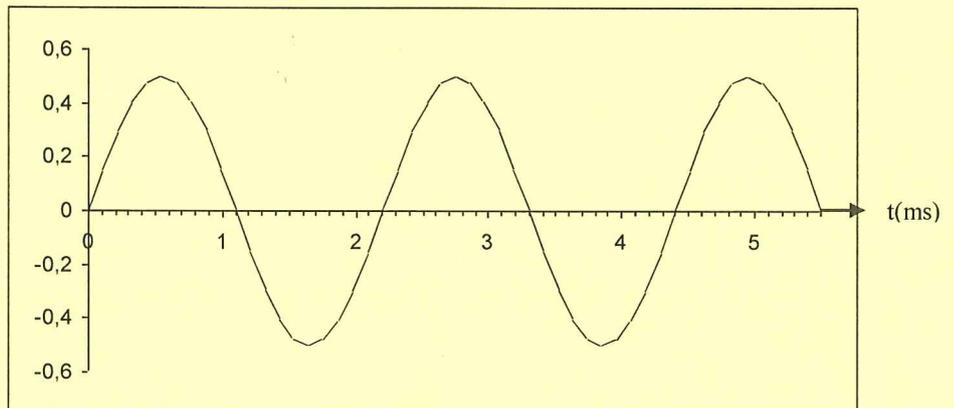
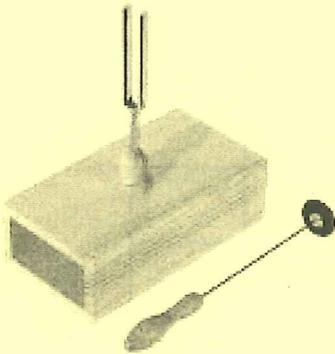


Figure 1

1.1.1. Mesurer la période T sur la **figure 1** et calculer la fréquence f du signal musical.

1.1.2. Le diapason était accordé car la note émise est un La_3 (note de référence pour les musiciens). Ce signal musical est-il un son complexe ou un son pur ? Justifier.

1.2. Étude du signal émis

L'élève décide de transmettre ce signal musical de fréquence $f = 440$ Hz et réalise une modulation d'amplitude à l'aide d'un multiplieur. Il visualise le bon fonctionnement du matériel à l'aide d'un logiciel d'acquisition et obtient l'oscillogramme ci-dessous (**figure 2**) sur lequel il identifie :

- u_m (le signal à transmettre) d'amplitude 0,5 V
- u_s (le signal de l'onde porteuse modulée en amplitude)
- l'enveloppe de u_s

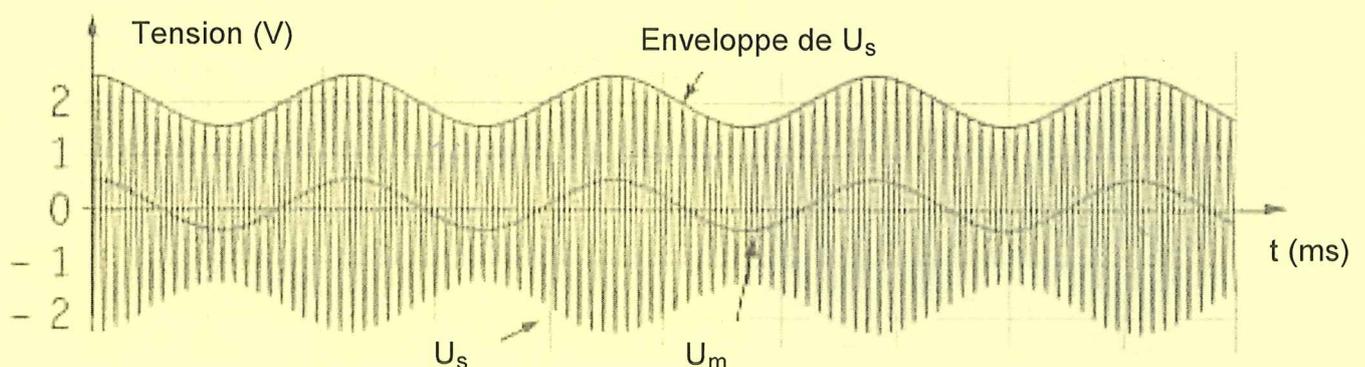


Figure 2 : oscillogramme obtenu lors de la modulation d'amplitude

- 1.2.1. A partir de l'oscillogramme (figure 2 page 7), expliquer pourquoi la modulation est satisfaisante.
- 1.2.2. Pour réaliser la modulation, l'élève a ajouté une tension continue $E = 2 \text{ V}$ au signal à transmettre u_m . En déduire la valeur du taux modulation m du multiplieur défini comme le quotient de l'amplitude de u_m par la tension continue E .
- 1.2.3. Quelle allure aurait eu la modulation si l'élève avait ajouté une tension continue E inférieure à $0,5 \text{ V}$? (On pourra faire un dessin).

1.3. Etude du spectre du signal émis

On réalise le spectre de u_s . On obtient la figure 3 ci-dessous.

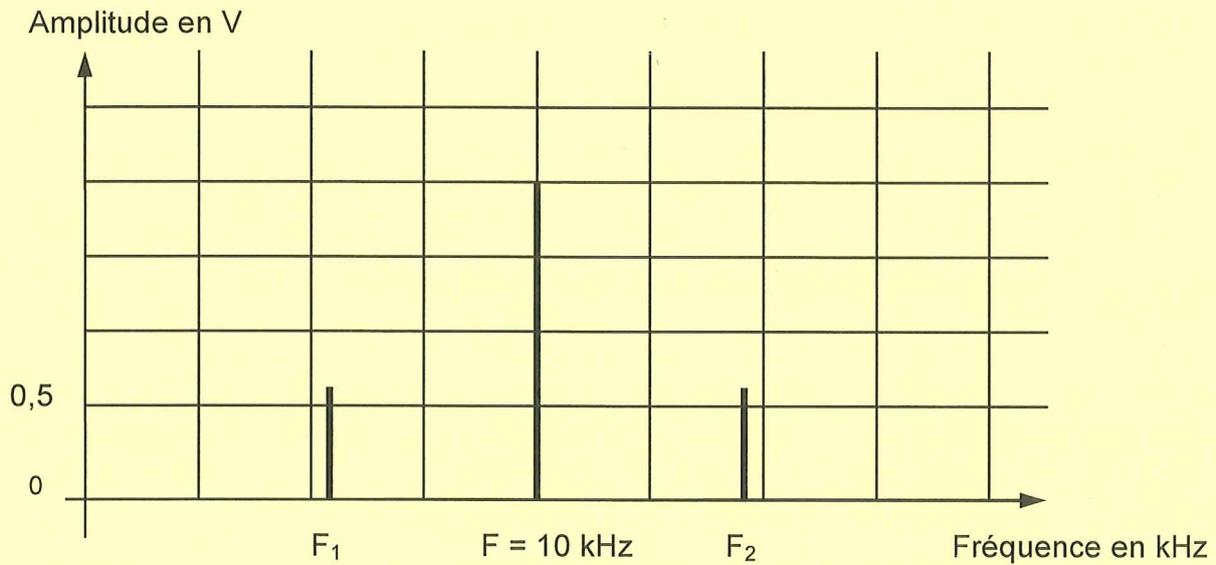


Figure 3 : spectre du signal émis

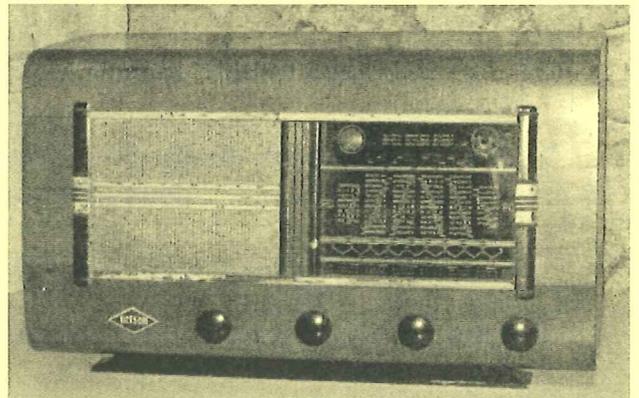
- 1.3.1. Exprimer les fréquences F_1 , F_2 indiquées sur la figure 3. en fonction des fréquences F de la porteuse et f du signal à transmettre.
- 1.3.2. La largeur de la bande passante Δf nécessaire pour transmettre la note émise par le diapason est définie comme la différence entre F_2 et F_1 . Calculer sa valeur.

2. Récepteur radiophonique

Au cours de ce même vide grenier, l'élève a déniché un poste de radio ancien permettant l'écoute des stations émettant en modulation d'amplitude comme France Inter pour un réglage sur 164 kHz .

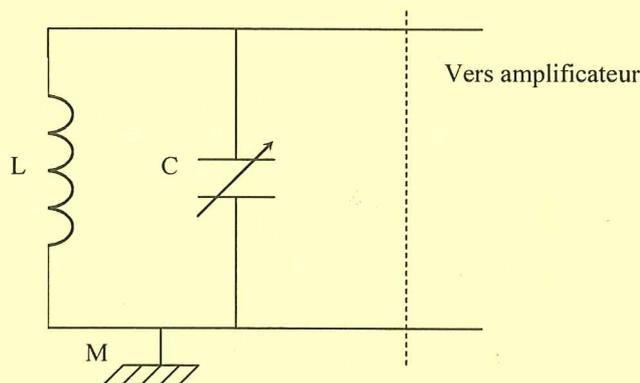
En démontant le poste pour le nettoyer, il a identifié les étages suivants :

- Capteur
- Amplificateur
- Démodulateur
- Haut-parleur.



2.1. Le capteur d'ondes électromagnétiques

Ce capteur est équivalent à une bobine d'inductance L associée en dérivation avec un condensateur de capacité variable C .



2.1.1. Pour une valeur donnée de C , ce circuit permet une bonne écoute de France Inter. Quelle est alors la valeur de la fréquence propre f_0 du circuit (L, C) ?

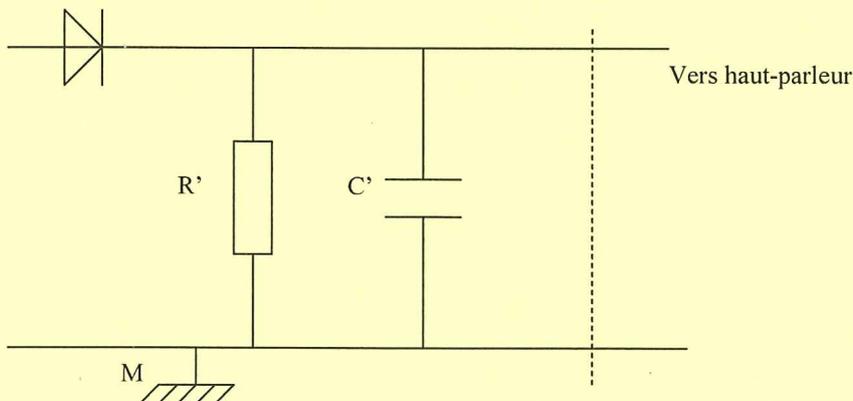
2.1.2. L'expression de la fréquence propre f_0 d'un tel capteur est $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Calculer la valeur de la capacité C du condensateur permettant de capter France Inter si $L = 2,0$ mH.

2.1.3. Lors du nettoyage du poste, l'élève s'aperçoit que le condensateur de capacité variable C est lié mécaniquement au bouton de sélection des stations de radio, justifier cette connexion.

2.2. Le démodulateur

Le démodulateur est constitué d'une diode, d'un conducteur ohmique de résistance R' et d'un condensateur de capacité C' .



2.2.1. Le dipôle (R', C') est un détecteur d'enveloppe. Montrer que le produit $R'.C'$ est homogène à un temps.

2.2.2. Pour avoir une bonne détection, il faut que la constante de temps $\tau = R'.C'$ satisfasse la double inégalité suivante : $T_p \ll \tau < T_m$ avec :

- T_p la période de la porteuse.
- T_m la période du signal sonore.

Le conducteur ohmique a une résistance R' de 15 k Ω , les ondes sonores ont une fréquence moyenne $f = 1,0$ kHz.

Déterminer la valeur de la capacité C' permettant de respecter au mieux la condition indiquée parmi le choix suivant : 50 pF, 50 nF et 50 μ F.

Ce choix sera justifié par un calcul.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Les feuilles annexes (pages 8, 9 et 10) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

EXERCICE III. LE POSTE À GALÈNE (4 points)

Le **poste à galène**, connu sous les noms de récepteur à cristal, de poste à diode ou de poste à pyrite, est un récepteur radio à modulation d'amplitude extrêmement simple qui historiquement, dès le début du XX^e siècle, permit la réception des ondes radioélectriques émises de la tour Eiffel et des premiers postes de radiodiffusion. Le poste à galène équipait les stations de T.S.F. (Transmission **S**ans **F**il) des navires, des ballons dirigeables, des avions... Il joua un rôle important pour la diffusion de messages pendant la première et la seconde guerres mondiales (écoute de Radio Londres) car il fonctionne sans pile : l'énergie fournie par l'onde et convertie en énergie électrique par l'antenne est suffisante pour une écoute sur casque.

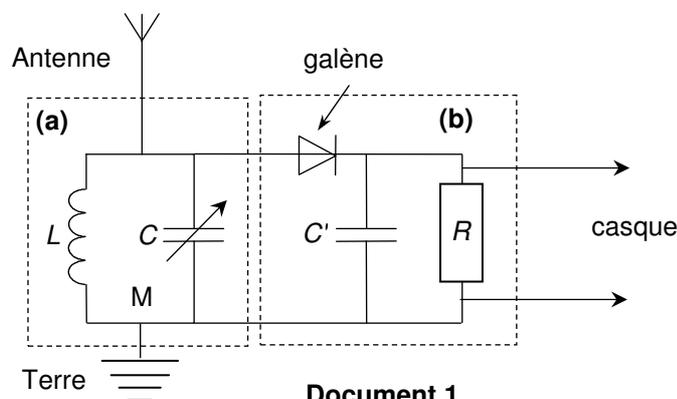


Dès 1911, à l'aide d'un émetteur à arc et d'un poste à galène, les stations côtières effectuaient des liaisons radiotélégraphiques avec les navires. La fréquence $F = 500$ kHz était la fréquence internationale de détresse. C'est sur cette fréquence que Jack Philips envoya le premier SOS lors du naufrage du Titanic le 15 avril 1912.

D'après plusieurs sites Internet

En contact avec une pointe métallique, un cristal de galène (sulfure de plomb) se comporte comme une diode à faible tension de seuil. Sur le document 1 ci-dessous représentant le schéma électrique d'un poste à galène, le cristal de galène est donc représenté par le symbole de la diode.

Du point de vue électrique, le casque est modélisé par un conducteur ohmique de résistance R monté en dérivation aux bornes du condensateur C' .



Document 1

1. Étude des différents modules du poste

1.1. Le module noté (a), délimité par le cadre pointillé de gauche sur le **document 1** est le circuit d'accord.

1.1.1. Quel est son rôle ?

1.1.2. De quel type de filtre s'agit-il ?

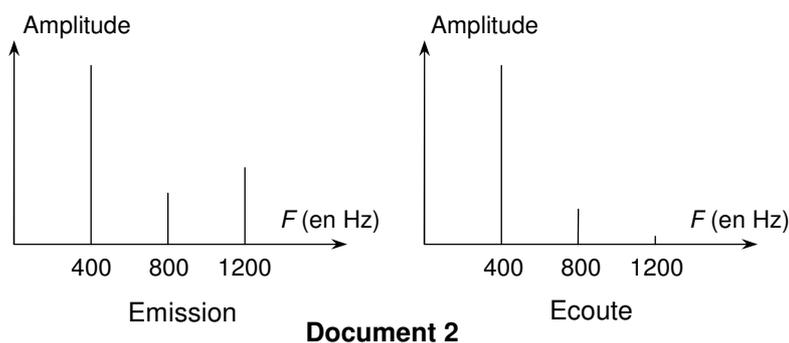
1.1.3. Sur quelle valeur fallait-il régler la capacité du condensateur C pour capter les signaux de détresse des navires ($F = 500$ kHz) ?

Donnée : Inductance de la bobine : $L = 2,0 \times 10^{-4}$ H

1.1.4. Cette fréquence $F = 500$ kHz correspond-elle à la porteuse ou au signal à transmettre ? Justifier.

1.1.5. Suivant les caractéristiques de ses composants, le circuit d'accord est plus ou moins sélectif. Quel est l'inconvénient d'un circuit d'accord pas assez sélectif ?

- 1.1.6. Le **document 2** ci-dessous représente le spectre de fréquences d'une note lors de l'émission puis de l'écoute dans le casque dans le cas d'un circuit d'accord trop sélectif. Quelle est la qualité physiologique du son qui est modifiée ? Justifier.



- 1.2. Le module noté (b), délimité par le cadre pointillé de droite sur le **document 1**, est le détecteur de crête ou détecteur d'enveloppe.
- 1.2.1. Quel est le rôle du cristal de galène dans ce module ?
- 1.2.2. Le **document 3 de la feuille annexe**, à rendre avec la copie, représente l'évolution en fonction du temps de la tension à l'entrée du détecteur de crête (tension modulée). Représenter soigneusement sur ce document l'évolution en fonction du temps de la tension aux bornes du casque à la sortie du détecteur de crête (tension démodulée) dans le cas d'une bonne démodulation. On admettra que la galène se comporte comme une diode idéale (tension de seuil nulle).
- 1.2.3. Indiquer sur ce graphe les parties qui correspondent à la charge du condensateur et celles qui correspondent à la décharge.
- 1.2.4. Que se passe-t-il si la constante de temps du dipôle RC' est trop grande ? (on rappelle que le casque se comporte comme un conducteur ohmique de résistance R).
- 1.2.5. Le casque d'un vieux poste à galène a une résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$. Choisir dans la liste ci-dessous la capacité du condensateur C' qu'il faut associer pour écouter France-Inter dans de bonnes conditions avec ce poste.

Liste des capacités : 100 pF ; $1,0 \text{ nF}$; 10 nF ; 100 nF ; $1,0 \text{ }\mu\text{F}$

Données : Fréquence de France-Inter : $F = 162 \text{ kHz}$

Fréquences des informations vocales à transmettre : $f < 4,5 \text{ kHz}$

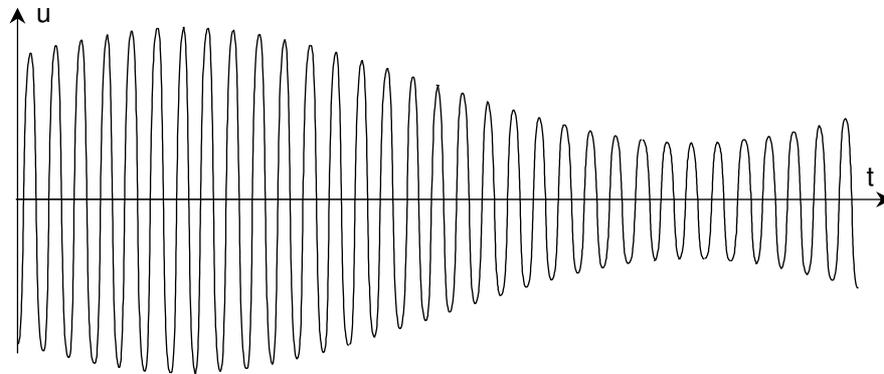
On rappelle que pour une bonne démodulation, la constante de temps du

dipôle RC' doit vérifier la double inégalité : $\frac{1}{F} \ll \tau < \frac{1}{f}$

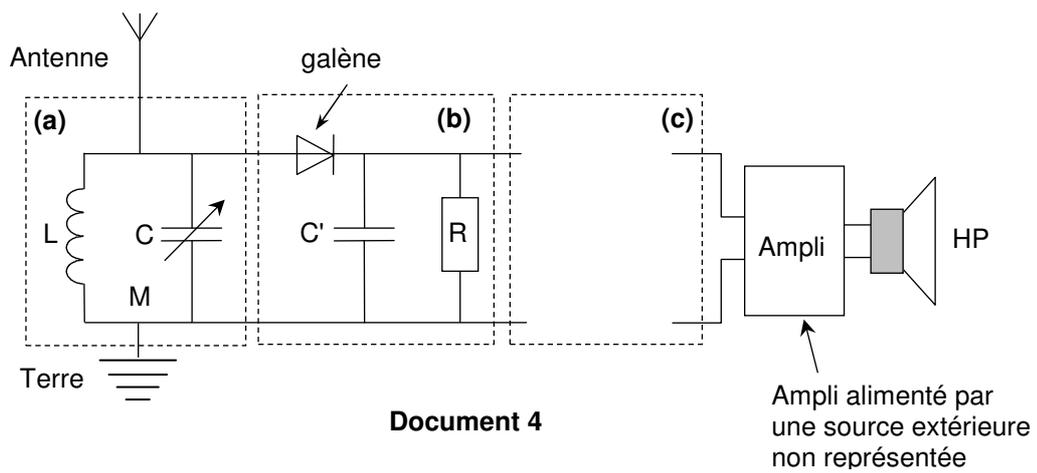
2. Amélioration du montage

- 2.1. Le poste à galène a le gros avantage de fonctionner sans pile. Rechercher dans le texte encadré d'où provient l'énergie nécessaire au fonctionnement.
- 2.2. Cette énergie ne suffit pas pour une écoute sur haut-parleurs. Il faut ajouter un amplificateur de puissance alimenté par une source extérieure (voir **document 4 de la feuille annexe**). La tension à la sortie du détecteur de crête, tracée sur la feuille annexe à la question 1.2.2. possède une composante continue qu'il faut supprimer avant amplification. On intercale pour cela un filtre entre le détecteur de crête (module (b)) et l'ampli.
- 2.2.1. Quel filtre utilise-t-on pour supprimer la tension continue ?
- 2.2.2. Représenter ce filtre dans le cadre (c) du **document 4 de la feuille annexe** à rendre avec la copie.

FEUILLE ANNEXE DE L'EXERCICE III À RENDRE AVEC VOTRE COPIE



Document 3



Document 4

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2011
—**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 un exercice de PHYSIQUE ET CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 10, 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 III - LE SEL DANS LES LARMES ARTIFICIELLES (4 points)

Les larmes artificielles vendues dans le commerce peuvent être fabriquées à partir d'une solution aqueuse de chlorure de sodium. Elles sont fréquemment utilisées en ophtalmologie pour rincer les yeux puisque leur teneur en sel (ou chlorure de sodium NaCl) est équivalente à celle trouvée dans les larmes naturelles. On les trouve sous forme de doses stériles de 5,0 mL à usage unique.

<p>Composition d'une dose Chlorure de sodium 0,045 g Eau purifiée 5,0 mL Solution de chlorure de sodium : à 0,9 % en masse</p>
--

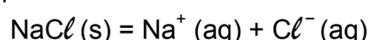
Extrait de l'étiquette d'un fabricant de larmes artificielles

L'objectif de cet exercice est de vérifier, par deux méthodes différentes, la composition indiquée par le fabricant sur les doses de larmes artificielles.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

Données :

- l'équation de la réaction chimique de dissolution du chlorure de sodium dans l'eau s'écrit :



- à la température ambiante, la dissolution est totale aux concentrations utilisées ;
- masses molaires : $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Dans le cas des solutions diluées, la conductivité σ des solutions s'exprime selon la relation $\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$, où $[X_i]$ représente la concentration de l'espèce ionique X_i en solution et λ_i la conductivité molaire ionique de cette espèce.

1. Titrage des ions chlorure par réaction avec des ions argent

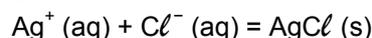
On introduit dans un erlenmeyer :

- 5,0 mL de larmes artificielles (une dose) ;
- 20 mL d'eau distillée ;
- 4 gouttes d'une solution de chromate de potassium ($2 \text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$), indicateur de fin de réaction.

On remplit une burette graduée avec une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$) de concentration $C_0 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On verse progressivement cette solution de nitrate d'argent dans l'erlenmeyer tout en agitant le mélange.

La réaction entre les ions argent et les ions chlorure conduit à la formation d'un précipité blanc. L'équation de cette réaction correspondant au titrage est :



Le précipité blanc qui apparaît dans un premier temps s'intensifie au fur et à mesure des ajouts. A partir d'un volume $V_E = 15,5 \text{ mL}$, l'indicateur de fin de réaction donne un précipité rouge brique indiquant l'équivalence.

- 1.1. Faire un schéma légendé du dispositif de titrage en précisant toutes les solutions utilisées.
- 1.2. Calculer la quantité de matière $n(\text{Cl}^-)$ d'ions chlorure présents dans une dose de 5,0 mL de larmes artificielles.
- 1.3. Calculer la masse $m(\text{NaCl})$ de chlorure de sodium dissous contenu dans une dose de larmes artificielles et la comparer à celle indiquée sur l'étiquette par le fabricant.

2. Dosage par étalonnage du chlorure de sodium dans les doses de larmes artificielles

On dispose de dix solutions aqueuses de chlorure de sodium de différentes concentrations molaires C pour lesquelles on a mesuré leur conductivité σ . Les résultats, regroupés dans le tableau ci-dessous, ont permis de tracer le graphe $\sigma = f(C)$ qui représente l'évolution de la conductivité des solutions aqueuses de chlorure de sodium en fonction de leur concentration (**FIGURE A6 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**).

N° de la solution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concentration molaire C (mmol.L ⁻¹)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Conductivité de la solution σ (mS.cm ⁻¹)	0,125	0,255	0,360	0,447	0,576	0,702	0,816	0,919	1,03	1,10

On dilue par un facteur 20 la solution des larmes artificielles. La valeur mesurée de la conductivité de la solution S ainsi obtenue est de 0,880 mS.cm⁻¹.

2.1. Décrire le protocole détaillé permettant de préparer 50 mL de solution N°1 à partir de la solution N°5 supposée en quantité suffisante.

2.2. La **FIGURE A6 DE L'ANNEXE EN PAGE 12** tirée de l'expérience montre que l'on peut modéliser l'évolution des conductivités des solutions par une droite d'équation $\sigma = k.C$ dans le domaine étudié.

2.2.1. Dans le cas des solutions diluées, exprimer la conductivité σ d'une solution aqueuse de chlorure de sodium en fonction des concentrations et des conductivités molaires ioniques de chaque espèce chimique présente en solution.

2.2.2. Sachant que la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau est totale, montrer que l'expression précédente est en accord avec l'écriture $\sigma = k.C$.

2.3. Déterminer la concentration molaire C en chlorure de sodium dans la solution diluée S.

2.4. Calculer la masse $m(\text{NaCl})$ de chlorure de sodium dissous dans une dose de larmes artificielles et la comparer à celle indiquée sur l'étiquette par le fabricant.

2.5. Pourquoi a-t-on mesuré la conductivité d'une solution de larmes diluée par un facteur 20 et non par un facteur 10 ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

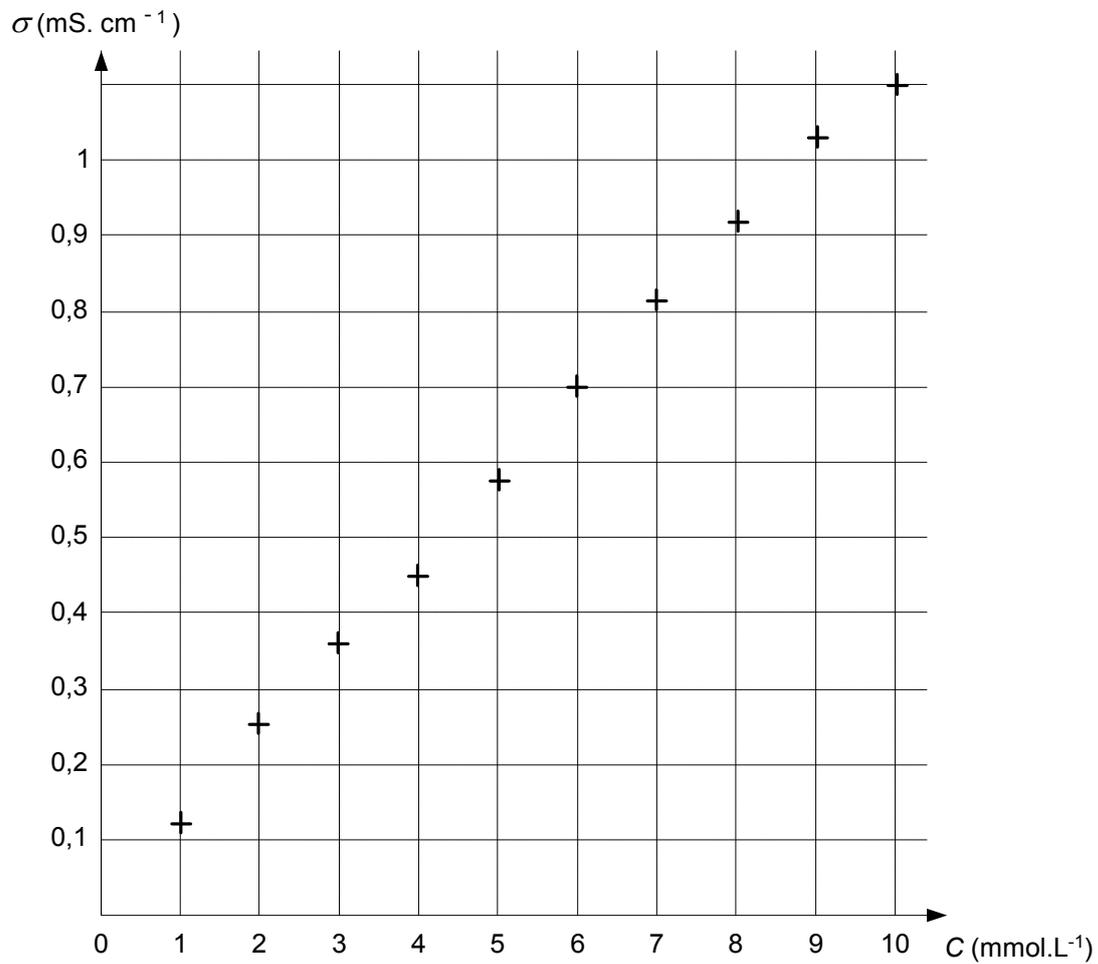


Figure A6. Graphe $\sigma = f(C)$ représentant la variation de la conductivité des solutions aqueuses de chlorure de sodium en fonction de leur concentration

EXERCICE 3 : LE POSTE A GALENE (4 points)

A l'heure où la radio sur Internet est en plein essor, il est intéressant de se pencher sur les balbutiements des émissions radiophoniques.

Le récepteur à cristal, connu sous les noms de poste à galène (cristal de sulfure de plomb), est un récepteur radio à modulation d'amplitude extrêmement simple qui, dès le début du XX^e siècle, permet la réception des ondes radio émises par exemple depuis la Tour Eiffel. Certains cristaux métalliques tels le sulfure de plomb, ont des propriétés semi-conductrices et sont utilisés dans la fabrication de diodes.

Le récepteur à cristal équipait les stations de T.S.F. des navires, des ballons dirigeables et des avions (TSF = Transmission Sans Fil, le WiFi du siècle passé). Il joua un rôle important pour la diffusion de messages pendant la Première et la Seconde Guerre mondiale où il était possible d'écouter Radio Londres (1500 m) en France. Le but de cet exercice est d'étudier le fonctionnement d'un récepteur à cristal après avoir revu le principe de la production d'un signal modulé en amplitude.

Les 2 parties de cet exercice sont indépendantes

Partie 1 : Etude du signal émis

Le signal émis par l'intermédiaire de l'antenne émettrice, est un signal modulé en amplitude. Il peut se propager dans l'air et possède une grande portée. Il est produit en multipliant 2 tensions électriques :

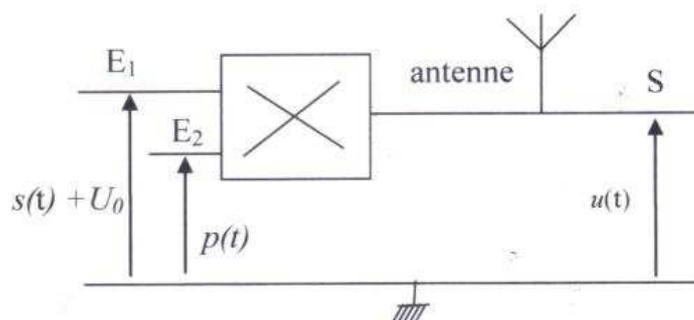
- le signal modulant (ou tension modulante), obtenue en convertissant le son à transmettre par l'intermédiaire d'un microphone ; on lui ajoute une tension continue dite de décalage notée U_0 .

- le signal porteur (ou porteuse).

On utilise pour cela un « multiplieur » comportant deux entrées (voir schéma ci-dessous).

- Sur l'entrée E_1 : on applique la tension $s(t) = S_M \cdot \cos(2\pi f t)$, à laquelle on ajoute la tension continue U_0 .
- Sur l'entrée E_2 : on applique la tension $p(t) = P_M \cdot \cos(2\pi F t)$.

Le multiplieur donne en sortie une tension $u(t)$ égale au produit de la tension d'entrée E_1 , de la tension d'entrée E_2 et d'un coefficient k , caractéristique du multiplieur.



1.1 Identifier parmi les signaux présentés sur la **Figure 3 en Annexe page 11 à rendre avec la copie**, celui qui correspond au signal porteur, au signal modulant et au signal modulé en amplitude. Justifier la réponse.

1.2 Donner l'expression littérale de la tension modulée $u(t)$ à partir de celles de $p(t)$ et $s(t)$.

1.3 En posant $m = \frac{S_M}{U_0}$ et $A = k \times P_M \times U_0$, montrer que la tension modulée en amplitude peut se mettre sous la forme : $u(t) = A \cdot [m \cdot \cos(2\pi f t) + 1] \times \cos(2\pi F t)$. Quel nom donne-t-on à m ?

Le terme $A.[m.\cos(2\pi f t) + 1]$ représente l'amplitude du signal modulé. Pour simplifier l'écriture, il est possible d'écrire le signal modulé sous la forme $U_M(t) \times \cos(2\pi F t)$. L'amplitude de la tension modulée $U_M(t)$ varie alors entre deux valeurs extrêmes, notées $U_{M\min}$ et $U_{M\max}$.

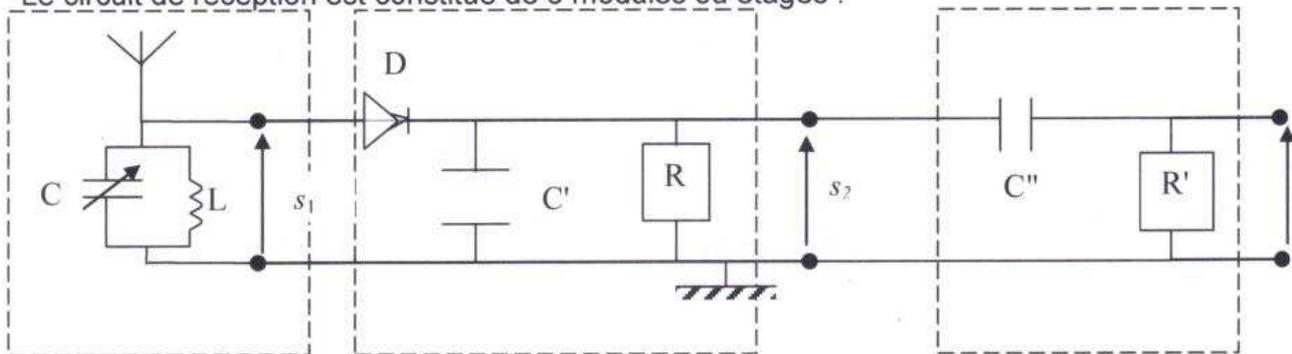
1.4 Montrer que $U_{M\min} = A(1 - m)$ et $U_{M\max} = A(1 + m)$

1.5 Montrer que $m = \frac{U_{M\max} - U_{M\min}}{U_{M\max} + U_{M\min}}$

1.6 Quelle est la condition à remplir sur la valeur de m pour qu'il n'y ait pas de surmodulation ?

Partie 2 : Etude du récepteur à galène

Le circuit de réception est constitué de 3 modules ou étages :



Circuit d'accord (Dipôle « LC parallèle »)

Détecteur d'enveloppe (Dipôle « RC parallèle »)

Filtre « RC série »

2.1 Le circuit d'accord (dipôle « LC parallèle »)

Il est constitué d'un condensateur de capacité variable C monté en dérivation avec une bobine d'inductance $L = 8 \text{ mH}$.

2.1.1 Quel est le rôle de ce circuit ?

2.1.2 Que représente la valeur 1500 m qui caractérisait Radio Londres ?

2.1.3 Déterminer la fréquence d'émission de Radio Londres.

Donnée : célérité des ondes électromagnétiques $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

2.1.4 La fréquence propre du dipôle « LC parallèle » est $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. En déduire la valeur de la capacité du condensateur que l'on doit utiliser pour recevoir cette fréquence d'émission.

2.1.5 Parmi les trois tensions représentées en **Annexe page 11 à rendre avec la copie**, quelle est celle représentant s_1 ? Justifier la réponse.

2.2 Le détecteur d'enveloppe (dipôle « RC parallèle »)

2.2.1 Quel est le rôle de la diode D ? On pourra s'aider d'un dessin si nécessaire.

2.2.2 Quel est le rôle du circuit « RC parallèle » ? Identifier parmi les trois tensions représentées sur l'**Annexe page 11 à rendre avec la copie**, quelle est celle représentant s_2 .

2.3 Filtre « RC série »

Quel est le rôle du circuit « RC série » ? On pourra s'aider d'un dessin si nécessaire.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 3 : LE POSTE A GALENE

Figure 3

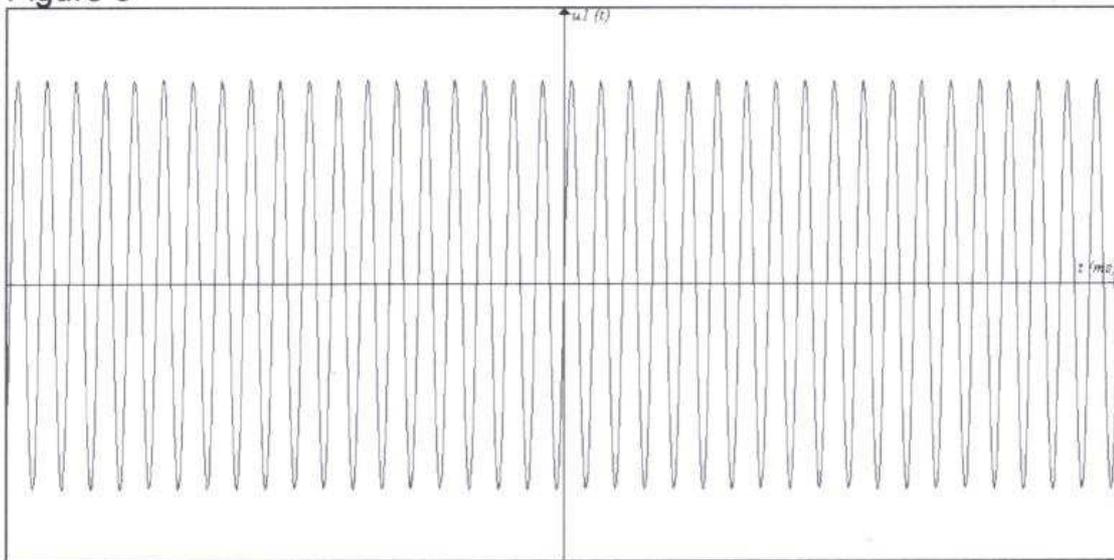


Schéma 1

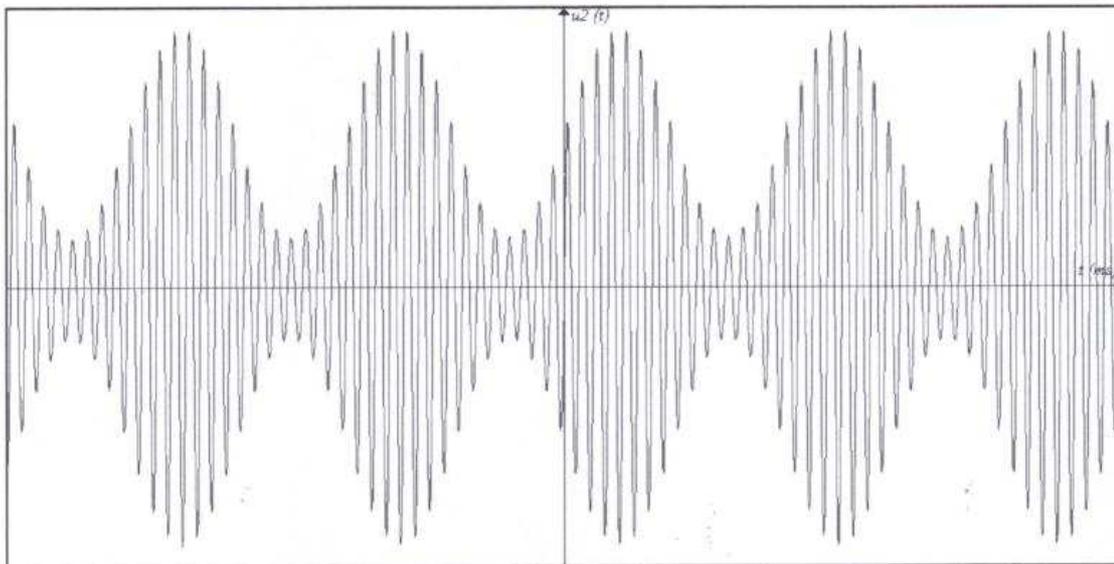


Schéma 2

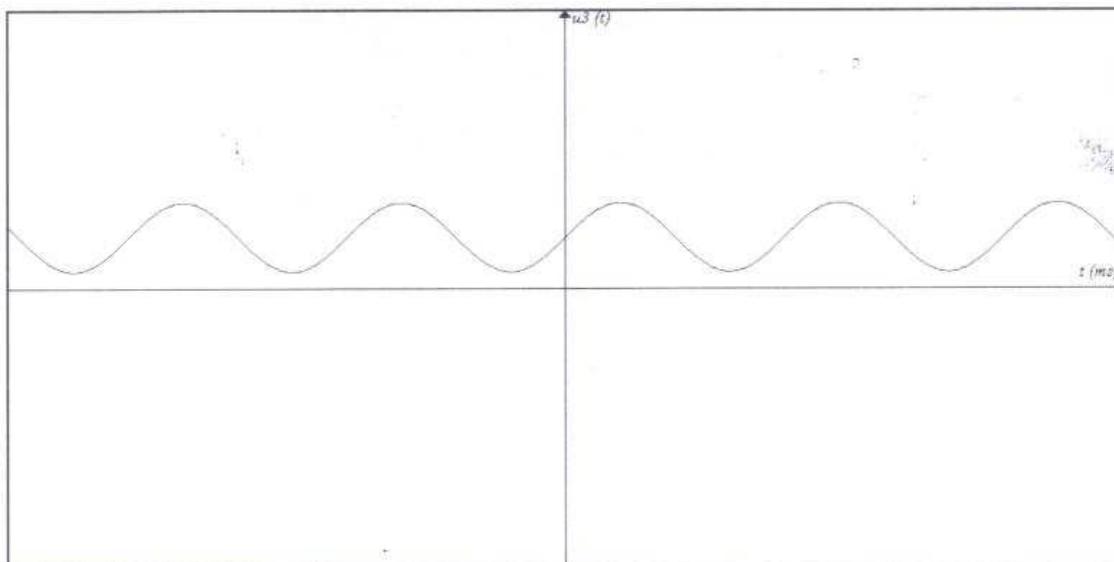


Schéma 3

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

EXERCICE III : L'ENREGISTREMENT EN STUDIO D'UN GROUPE DE MUSIQUE

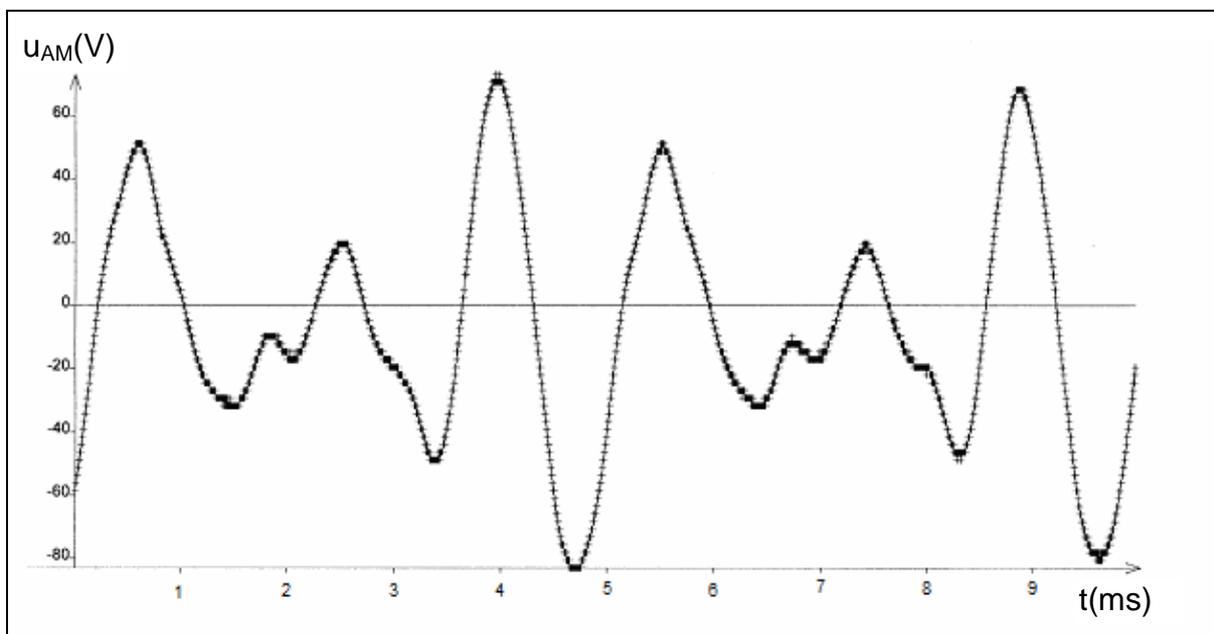
Un groupe de musique composé d'un chanteur, de deux guitaristes, d'un violoniste, d'un bassiste et d'un batteur se prépare à un enregistrement en studio.

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.

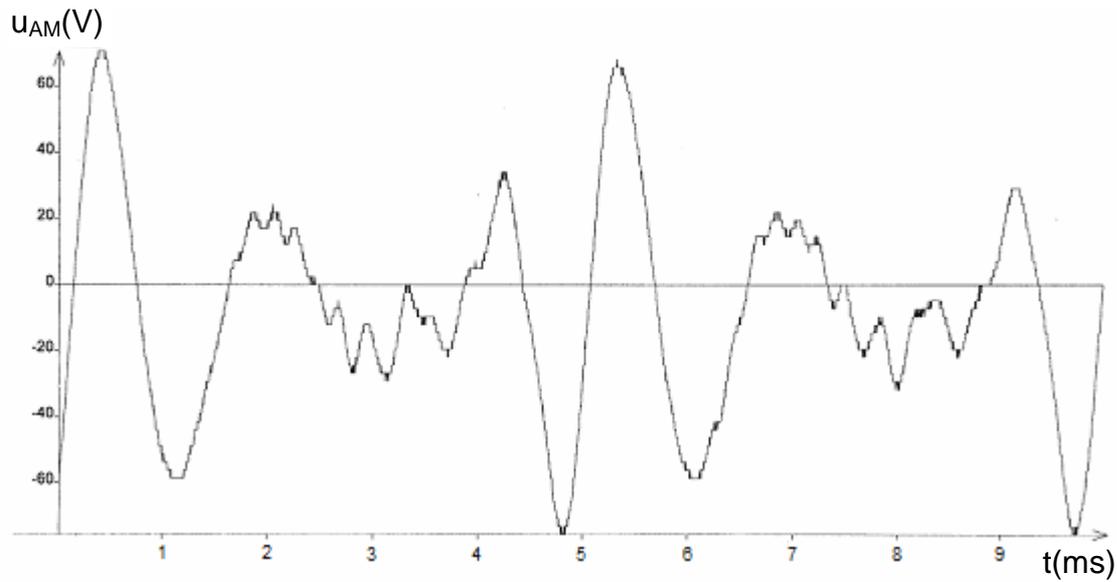
La tension électrique notée u_{AM} en mV, détectée au niveau de l'interface informatique, est proportionnelle à la pression acoustique du son ou encore à l'intensité sonore. Cette tension en fonction du temps est représentée ci-dessous.

Préambule : compte tenu de l'imprécision des graphiques, une certaine incertitude sera acceptée pour les résultats.

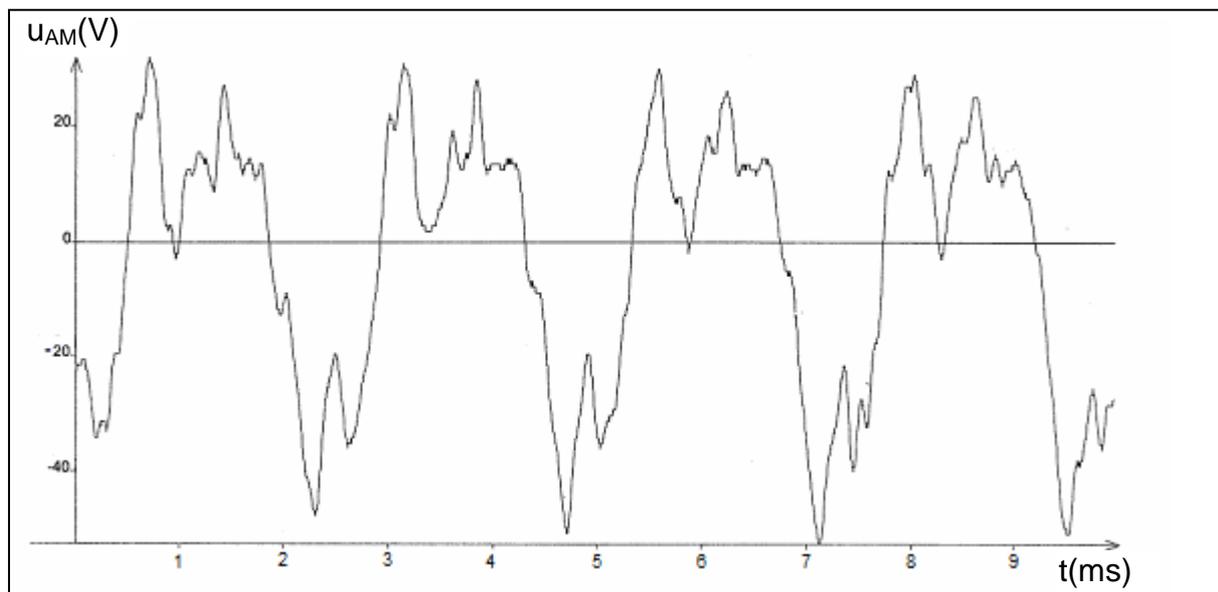
Une différence de un à deux hertz ne doit pas être comptabilisée comme un écart significatif lors d'une comparaison de fréquences par exemple.



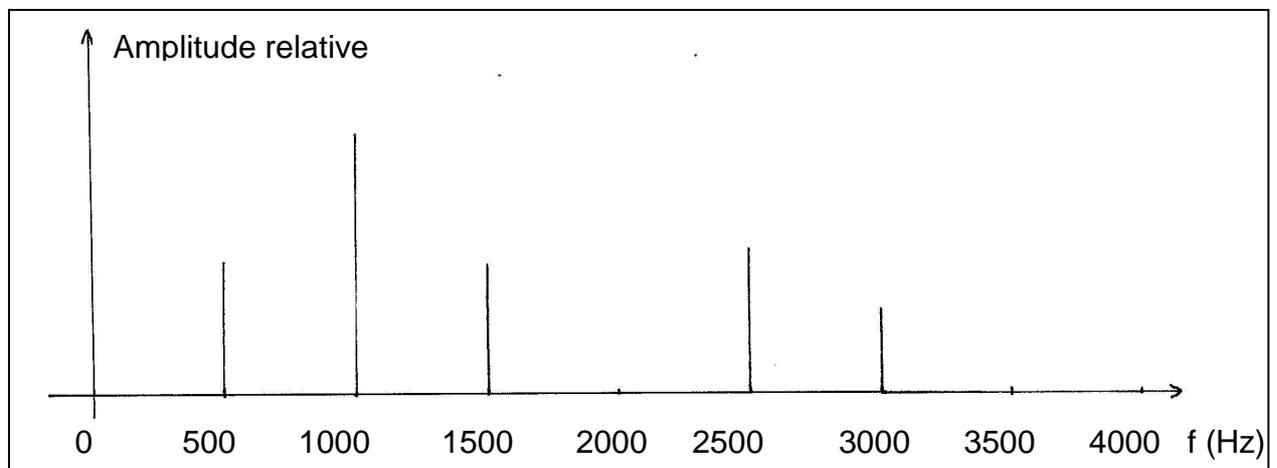
Document 1 : enregistrement numérique d'un son de la guitare.



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.

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 :
- $$f_2 = 110 \text{ Hz} \quad f_3 = 330 \text{ Hz} \quad f_4 = 440 \text{ Hz} \quad f_6 = 660 \text{ Hz}$$
- 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 :

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

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 ?

Exercice III : Dosage des ions cuivre II présents dans la bouillie bordelaise (4 points)

La bouillie bordelaise est un pesticide fabriqué en mélangeant une solution de sulfate de cuivre et de la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Elle contient 20 % en masse d'élément cuivre. Elle a été utilisée ou l'est encore sur les arbres fruitiers (pêcher, pommier, abricotier, prunier) avant la floraison et après récolte. La bouillie bordelaise s'utilise aussi sur la pomme de terre, tomate, vigne ou fraisier.

D'après un article de Wikipédia

1. Préparation de la solution S

Une masse $m = 0,50$ g de bouillie bordelaise est introduite dans une fiole jaugée de volume $V_T = 100,0$ mL dans laquelle est ajouté un volume de 20 mL d'acide sulfurique de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Après dissolution totale de la bouillie bordelaise, de l'eau distillée est ajoutée jusqu'au trait de jauge puis la fiole jaugée est bouchée puis agitée.

1.1. Expliquer succinctement comment peser 0,50 g de bouillie bordelaise.

1.2. Quelle est la verrerie, parmi la liste suivante, qui permet de prélever un volume de 20 mL ?

Bécher de 1 L, éprouvette graduée de 50 mL, pipette jaugée de 50 mL.

2. Réaction entre les ions cuivre II et les ions iodure

Un volume $V_1 = 20,0$ mL de solution S est introduit dans un erlenmeyer muni d'une agitation mécanique. On y ajoute 20 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. La solution devient alors jaune.

2.1. La réaction d'oxydoréduction mise en jeu est la suivante : $2 \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 4 \text{I}^{-}_{(\text{aq})} = 2 \text{CuI}_{(\text{s})} + \text{I}_{2(\text{aq})}$

Donner les deux demi-équations d'oxydoréduction mises en jeu dans cette transformation chimique mettant en jeu les couples $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{CuI}_{(\text{s})}$ et $\text{I}_{2(\text{aq})} / \text{I}^{-}_{(\text{aq})}$.

2.2. Quelle est l'origine de la coloration jaune ?

2.3. On suppose que les ions iodure I^{-} sont en large excès et que la réaction est totale.

Etablir la relation entre la quantité de matière d'ions cuivre II $n_{\text{Cu}^{2+}}$ initialement présente et la quantité de matière de diode formée n_{I_2} ? On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

3. Dosage

On ajoute 5 mL d'empois d'amidon au milieu réactionnel, puis on effectue un dosage par une solution de thiosulfate de sodium de concentration $C_2 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On trouve à l'équivalence $V_{2\text{éq}} = 15,8$ mL.

3.1. L'ion thiosulfate a pour formule $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Les deux couples d'oxydoréduction mis en présence sont I_2/I^{-} et $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Etablir l'équation d'oxydoréduction du dosage.

3.2. En notant $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$ la quantité d'ions thiosulfate versée à l'équivalence, montrer en utilisant les résultats des questions 2.3. et 3.1. que $n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$

3.3. En déduire la quantité de matière en ion cuivre II présente dans le volume V_1 de solution S.

3.4. En déduire la masse d'élément cuivre, exprimée en cuivre métal, présente dans la solution S. La masse molaire atomique du cuivre est de $63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

3.5. Trouver le pourcentage en masse de l'élément cuivre de la bouillie bordelaise. Ce résultat est-il en accord avec la valeur annoncée dans le texte d'introduction à l'exercice ?

4. Retour sur les approximations

4.1. Calculer la quantité de matière d'ions iodure puis montrer qu'ils sont bien en large excès par rapport aux ions cuivre II d'après l'énoncé de la question 2.3. On précise que dans des conditions stœchiométriques, la relation suivante est vérifiée : $n_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{n_{\text{I}^-}}{2}$.

4.2. Le sulfate de cuivre pur contient 40% en masse d'élément cuivre. Comment expliquer qualitativement, par un raisonnement simple, la valeur plus faible obtenue à la question 3.5 ?

Document 2

Variation de la vitesse du centre d'inertie en fonction du temps pendant les premières secondes de chute

Document 1

Reproduction à l'échelle 1/2000 des positions du centre d'inertie au cours des premières secondes de chute. (1 cm sur le dessin représente 20 m de déplacement réel)

EXERCICE III - SONS ET LUMIÈRE (4 points)

Cet exercice est un QROC (questions à réponses ouvertes et courtes).

À chaque question, correspond une seule bonne réponse.

Votre choix **doit impérativement être accompagné de justifications ou de commentaires brefs** (définitions, calculs, exemples ou contre-exemples...), à l'exception des questions pour lesquelles l'énoncé précise « Aucune justification demandée ».

Dans son ouvrage « Sons et lumière », Bernard Valeur met en parallèle deux domaines scientifiques : l'acoustique et l'optique. Même si ces domaines sont la plupart du temps présentés comme des domaines distincts, leur comparaison reste riche d'enseignements.

Dans cet exercice, on s'intéresse à quelques analogies et différences entre les ondes sonores et les ondes lumineuses.

1. Deux types d'ondes

En 1660, Robert Boyle place dans une enceinte en verre une cloche dont le son est audible (**figure 4**).

Une fois l'air aspiré par une pompe pour réaliser un vide partiel, le son n'est plus perceptible, bien que la vibration de la cloche soit toujours visible.

1.1. À propos des ondes sonores, que met en évidence cette expérience ?

- a) le son ne se propage pas dans le vide
- b) l'onde sonore est une onde transversale
- c) l'enceinte en verre absorbe le son de la cloche

Ne pas oublier de justifier

1.2. Que peut-on déduire de cette même expérience pour la lumière ?

- a) la lumière ne se propage pas dans l'air
- b) la lumière est une onde longitudinale
- c) la lumière se propage dans le vide

2. Des détecteurs aux plages de fréquences différentes

On considère que la plage de fréquences à laquelle est sensible l'oreille humaine s'étend de $f_{\min} = 20$ Hz à $f_{\max} = 20$ kHz. On indique que le rapport de deux fréquences séparées par une octave est de 2.

2.1. Combien d'octaves l'oreille humaine est-elle capable de détecter ?

On peut utiliser l'approximation suivante : $1000 \approx 2^{10}$.

- a) 10
- b) 2
- c) 1000

2.2. L'œil humain est sensible aux radiations électromagnétiques dont la longueur d'onde dans le vide varie de $\lambda_1 = 400$ nm à $\lambda_2 = 800$ nm.

Choisir pour une onde électromagnétique la relation entre la longueur d'onde dans le vide λ , la fréquence f et la célérité c . Justifier votre réponse par une analyse dimensionnelle.

- a) $\lambda = c.f$
- b) $\lambda = \frac{c}{f}$
- c) $\lambda = \frac{f}{c}$

2.3. En déduire le nombre « d'octaves » que l'on peut associer à la plage de longueurs d'onde des radiations visibles.

- a) 1/2
- b) 1
- c) 10

3. Deux lentilles similaires

On place 20 cm avant une lentille convergente de distance focale f' , un objet **AB**. L'image **A'B'** se forme 50 cm après la lentille (voir **LA FIGURE A5 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**).

3.1. En traçant deux rayons particuliers **SUR LA FIGURE A5 DE L'ANNEXE EN PAGE 12** mesurer la distance focale f' de la lentille.

- a) $f' = 0,14$ cm
- b) $f' = 1,4$ cm
- c) $f' = 14$ cm

3.2. Déterminer le grandissement γ de la lentille.

- a) $\gamma = -2,5$
- b) $\gamma = +2,0$
- c) $\gamma = -0,4$

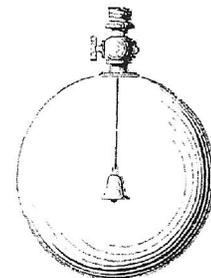


Figure 4. Expérience de Boyle
(source : B. Valeur)

De la même façon qu'en optique on trace des rayons lumineux, les ondes sonores des expériences décrites ci-dessous peuvent être modélisées par des « rayons » sonores.

On réalise l'expérience de Sondhaus décrite sur la **figure 5** ci-dessous : un ballon rempli de dioxyde de carbone CO_2 est intercalé entre une montre à aiguilles et un cornet acoustique. On constate que le bruit du mécanisme de la montre est bien mieux perçu par l'expérimentateur lorsque le ballon est présent.

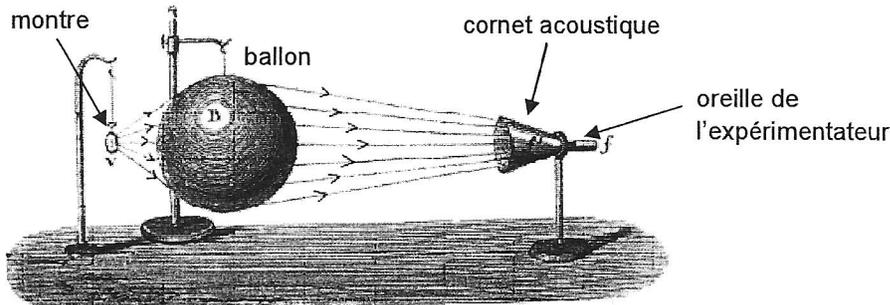


Figure 5. Représentation des rayons sonores dans l'expérience de Sondhaus (1850)

3.3. Quel est le rôle du ballon rempli de dioxyde de carbone vis-à-vis des « rayons » sonores ?

- a) miroir acoustique b) lentille acoustique c) écran acoustique

Aucune justification demandée

3.4. En optique, la réfraction est due à un changement de milieu et donc de célérité. Il en va de même pour les ondes sonores.

Données :

On montre que la célérité du son dans certains gaz de masse molaire M est donnée par la formule suivante :

$$v_{\text{son}} = \sqrt{\frac{1,4R.T}{M}}$$

avec :

- constante des gaz parfaits : R ;
- température du gaz en kelvins : T ;
- masse molaire de l'air : $M(\text{air}) = 29 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse molaire du dioxyde de carbone : $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$.

Que peut-on dire de la célérité du son dans le dioxyde de carbone par rapport à celle dans l'air ?

- a) la célérité du son est plus petite
b) la célérité du son est plus grande
c) la célérité du son est constante

3.5. Le ballon est rempli maintenant avec de l'hélium. Le trajet des rayons sonores est représenté sur la **figure 6** ci-dessous. Le ballon se comporte comme un dispositif acoustique :

- a) convergent
b) non convergent
c) réfléchissant

Aucune justification demandée

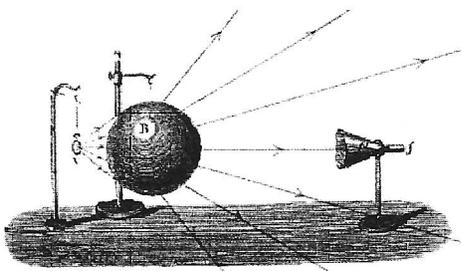


Figure 6. Représentation des rayons sonores dans le cas où le ballon est rempli avec de l'hélium

4. Transmission d'un signal sonore à l'aide d'une onde électromagnétique

Grâce à la modulation d'amplitude, un signal sonore basse fréquence peut être transmis par une onde électromagnétique de haute fréquence.

Pour une telle modulation, on réalise successivement plusieurs étapes schématisées sur la **figure 7** ci-dessous :

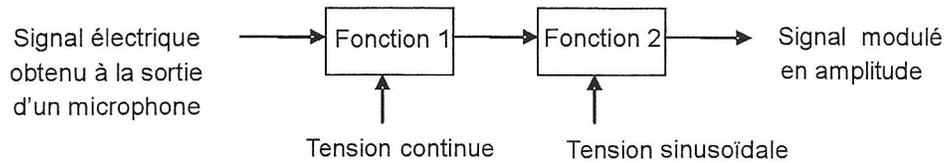


Figure 7. Schéma représentant la modulation d'amplitude

4.1. Quelle opération réalise la fonction 1 pour les deux signaux d'entrée ?

- a) une addition b) une multiplication c) une soustraction

Aucune justification demandée

4.2. Quelle opération est réalisée par la fonction 2 ?

- a) une addition b) une multiplication c) une soustraction

Aucune justification demandée

4.3. On visualise sur un oscilloscope correctement réglé les signaux modulé et modulant. Choisir, parmi les trois oscillogrammes de la **figure 8** ci-dessous, celui où ces deux signaux sont correctement observés.

Aucune justification demandée

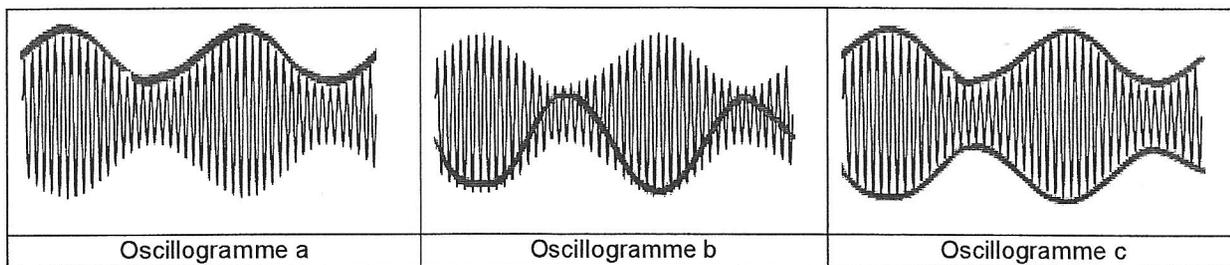


Figure 8. Signaux modulé et modulant

5. Les échos ultrasonores et laser

Le sonar est un appareil qui émet une onde ultrasonore. Il mesure le temps d'un aller-retour ce qui permet de calculer la distance à laquelle se trouve l'objet. On peut de la même façon réaliser des échos laser vers la Lune et en déduire la distance Terre-Lune avec une grande précision.

Pour cela, les astronautes des missions *Apollo* ont déposé sur la Lune des rétroreflecteurs composés de nombreux coins de cube (**figure 9**) qui sont constitués de miroirs plans perpendiculaires entre eux ; une vue en coupe est schématisée **SUR LA FIGURE A6 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

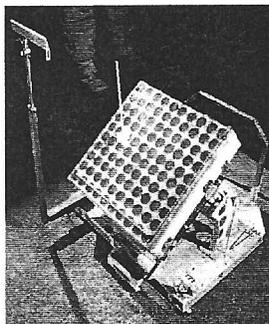


Figure 9. Rétroreflecteur et ses nombreux coins de cube

5.1. **SUR LA FIGURE A6 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, un rayon incident est représenté. Choisir la bonne réponse et la justifier en traçant le rayon émergent du coin de cube :

- a) le rayon émergent est confondu avec le rayon incident
 b) le rayon émergent est parallèle au miroir M_2
 c) le rayon émergent est parallèle au rayon incident

5.2. L'observatoire de la Côte d'Azur situé sur le plateau de *Calern* utilise régulièrement l'écho laser pour mesurer la distance Terre-Lune. Lorsque le laser est braqué vers un rétroreflecteur lunaire, la durée Δt de l'aller-retour est d'environ 2,5 s. La distance Terre-Lune notée d est égale à :

- a) $7,5 \times 10^5$ km b) $3,8 \times 10^5$ m c) $3,8 \times 10^5$ km

On rappelle la valeur de la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

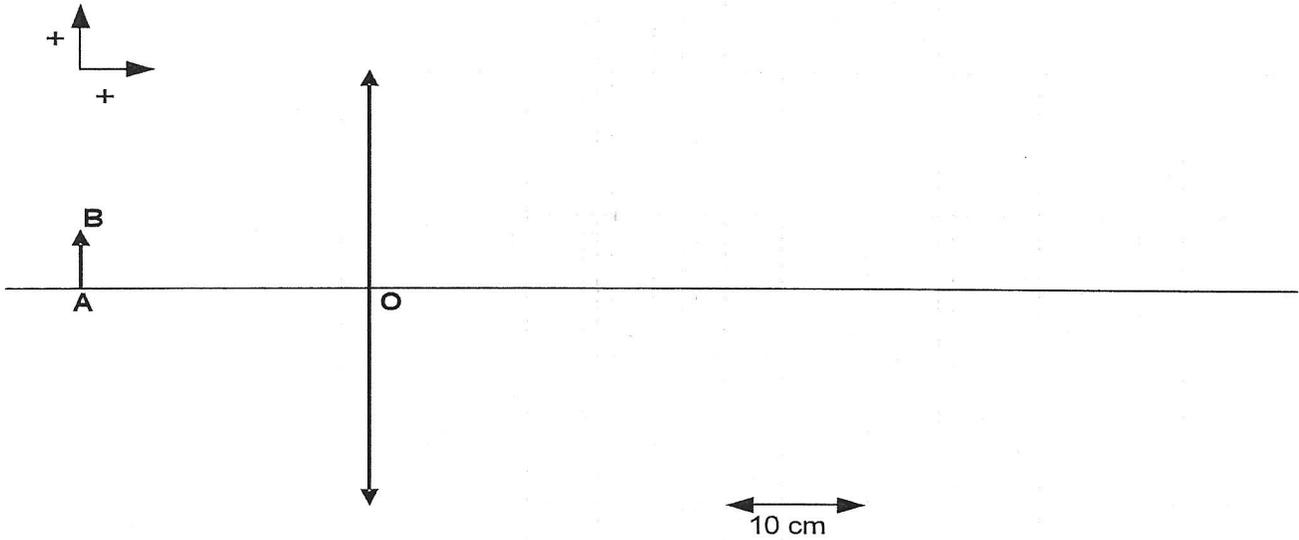


Figure A5. Schéma de l'expérience

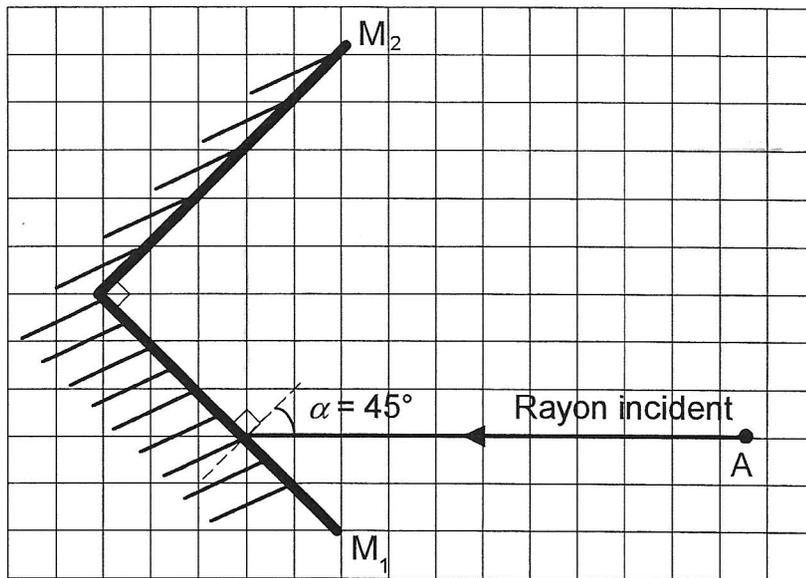


Figure A6. Vue en coupe d'un coin de cube