

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

## PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

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

**L'usage de la calculatrice électronique est autorisé**

# SPÉCIALITÉ

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 – Quand un acide rencontre une base

II – Analogies électromécaniques

III – Étude d'un instrument d'observation astronomique

**L'exercice III comprend deux annexes imprimées sur deux feuilles qui sont à rendre avec la copie.**

### EXERCICE III. ETUDE D'UN INSTRUMENT D'OBSERVATION ASTRONOMIQUE ( 4 points )

Les schémas sont à faire ou à compléter sur les feuilles de l'annexe 1 qui sont à rendre avec la copie.

Afin de faciliter le tracé des schémas, les échelles ne sont pas respectées sur les figures 2 et 3

En levant les yeux vers le ciel étoilé, on aperçoit une multitude de points brillants qui donnent l'impression d'une immense profusion. Identifier un astre dans un tel ensemble apparaît comme une gageure.

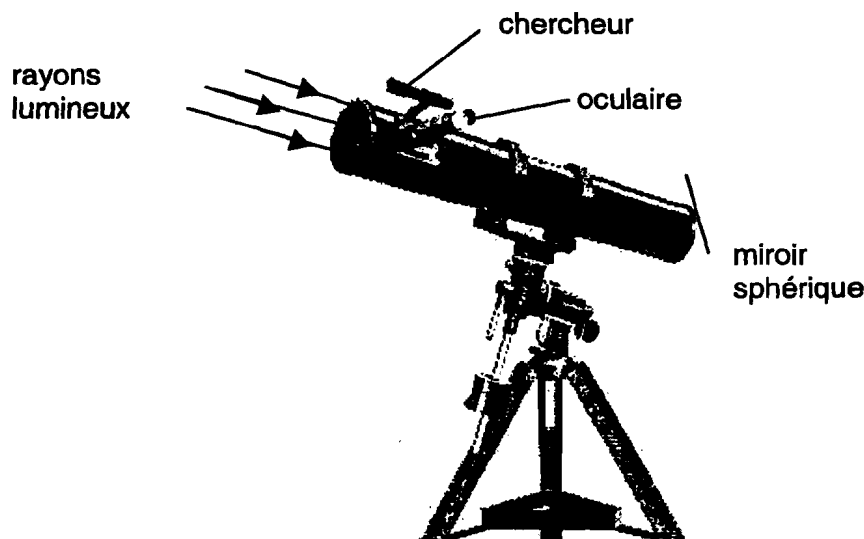
Une observation à l'œil nu permet de repérer un petit nombre d'étoiles brillantes et quelques constellations. Avec une pupille dont le diamètre maximal dans l'obscurité est voisin de 6 mm, l'œil humain ne peut capter qu'une quantité de lumière assez limitée. Les étoiles de plus faible éclat sont perceptibles seulement grâce à des instruments optiques.

On distingue 2 types principaux d'instruments : la lunette astronomique et le télescope. Tous deux comportent essentiellement 2 parties : un **collecteur de lumière** (ou **objectif**) qui collecte et focalise les rayons lumineux en un point appelé foyer, en donnant une image intermédiaire que l'on peut observer grâce à un **oculaire** qui joue le rôle d'une loupe.

La lunette astronomique et le télescope se différencient par la nature du collecteur de lumière :

- pour la **lunette**, c'est un ensemble de lentilles assimilable à une **lentille convergente**
- pour le **télescope**, c'est un **miroir sphérique concave**.

La photographie ci-dessous est celle d'un télescope d'amateur qui comprend le « chercheur » et le télescope (type Newton) proprement dit.



Le « chercheur » est une petite lunette astronomique de faible grossissement destinée à faciliter le pointage de la zone du ciel que l'on souhaite observer.

Dans tout ce qui suit, on ne s'intéresse qu'au télescope proprement dit.

### III.1 Etude préliminaire : propriétés des miroirs

III.1.a - Miroir plan ( $M_p$ ) : voir annexe 1 (page 11/12 à rendre avec la copie).

On coupe un faisceau lumineux convergent par un miroir plan ( $M_p$ ) : voir figure 1.

Représenter les rayons réfléchis correspondant aux rayons incidents extrêmes passant par I et J ainsi qu'au rayon intermédiaire passant par H.

Peut-on parler d'objet A ? Si oui, quelle en est la caractéristique ?

Obtient-on une image A' ? Si oui, quelle en est la caractéristique ?

III.1.b - Miroir sphérique ( $M_s$ ) : voir annexe 1, figure 2.

Le miroir sphérique concave utilisé ( $M_s$ ) a pour axe optique  $x'x$ , pour foyer  $F_1$  et pour sommet S.

Un objet à l'infini B émet des rayons inclinés d'un angle faible  $\theta$  sur l'axe  $x'x$ .

III.1.b.1 - Tracer ce que deviennent après réflexion sur le miroir les rayons issus de B et passant respectivement par  $F_1$  et S.

III.1.b.2 - Préciser sur la figure où se trouve l'image  $B_1$  de B.

### III.2 Observation de la Lune à l'aide du télescope d'amateur (télescope de Newton)

Voir annexe 2, (page 12/12, à rendre avec la copie).

Le télescope est formé principalement :

- du miroir principal sphérique ou objectif ( $M_s$ ) de distance focale  $F_1S = f_1$ .
- d'un petit miroir plan ( $M_p$ ) incliné à  $45^\circ$  par rapport à l'axe optique du miroir principal et placé entre celui-ci et son foyer (voir figure 3), les surfaces réfléchissantes des deux miroirs étant face à face,
- d'un oculaire d'axe  $y'y$  perpendiculaire à  $x'x$ , assimilable à une lentille convergente de distance focale  $f_2$ .

L'astronome oriente l'axe du télescope vers le centre de la Lune D supposé situé à une distance infinie et veut observer un détail ponctuel E à la surface du sol lunaire. Les rayons issus de E font l'angle  $\theta$  faible avec l'axe optique.

Le miroir principal ( $M_s$ ) donne de D et E les images respectives  $D_1$  et  $E_1$ .

$D_1E_1$  sert d'objet pour le miroir plan ( $M_p$ ) qui en donne une image  $D_2E_2$ .

$D_2E_2$  sert d'objet pour l'oculaire qui en donne l'image définitive  $D_3E_3$ .

III.2.a - Utiliser les résultats de l'étude préliminaire pour tracer les rayons lumineux permettant d'obtenir l'image  $D_1E_1$ . Préciser la position de  $D_2E_2$  et comparer les dimensions de  $D_1E_1$  et  $D_2E_2$ .

III.2.b - L'astronome, dont la vue est supposée normale, règle l'oculaire de telle façon que  $D_2E_2$  soit dans le plan focal objet de l'oculaire.

Où l'image définitive  $D_3E_3$  se trouve-t-elle ? tracer les rayons lumineux à la sortie de l'oculaire et indiquer l'angle  $\theta'$  sous lequel l'astronome voit DE dans le télescope.

Pourquoi ce réglage de l'appareil est-il adopté ?

### III.3 Grossissement

On donne les caractéristiques du télescope :

- Diamètre du collecteur 114 mm.
- Distance focale du miroir sphérique  $F_1S = f_1 = 910$  mm
- Distance focale de l'oculaire :  $f'_2 = 9$  mm

D'autre part  $\theta = 0,5^\circ \approx 8,7 \cdot 10^{-3}$  rad, valeur qui permet de confondre  $\theta$  et  $\tan \theta$ .

**III.3.a** - Exprimer  $D_1E_1$  en fonction de  $\theta$  et  $f_1$ . Faire l'application numérique.

**III.3.b** - Exprimer  $\theta'$  en fonction de  $D_2E_2$  et  $f'_2$ . Calculer  $\theta'$ .

**III.3.c** - On définit le grossissement du télescope comme le rapport  $G = \frac{\theta'}{\theta}$ .

Montrer que  $G = \frac{f_1}{f'_2}$ . Calculer numériquement  $G$ .

**III.3.d** - Ce télescope possède en réalité 2 oculaires interchangeables, l'un de focale 9 mm et l'autre de focale 20 mm. Avec quel oculaire le grossissement sera-t-il maximal ? Justifier.



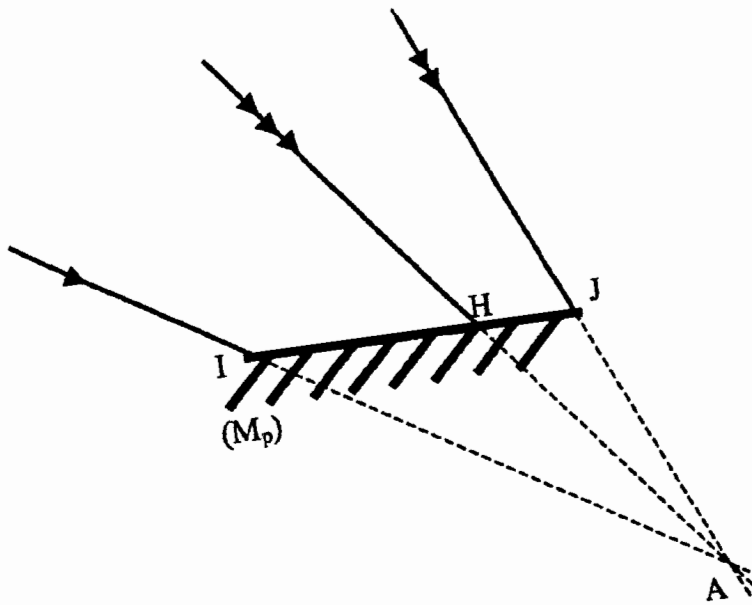


Figure 1

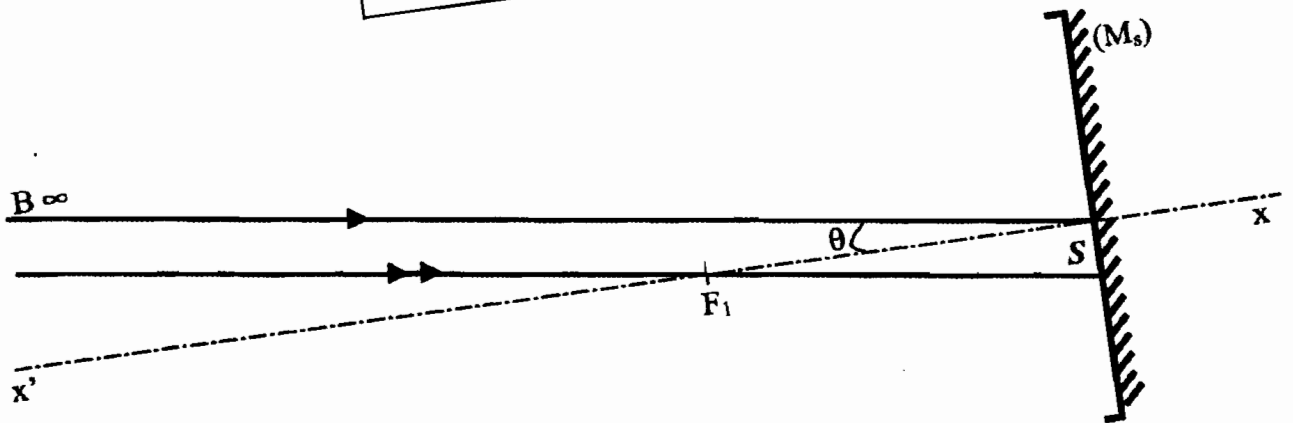


Figure 2

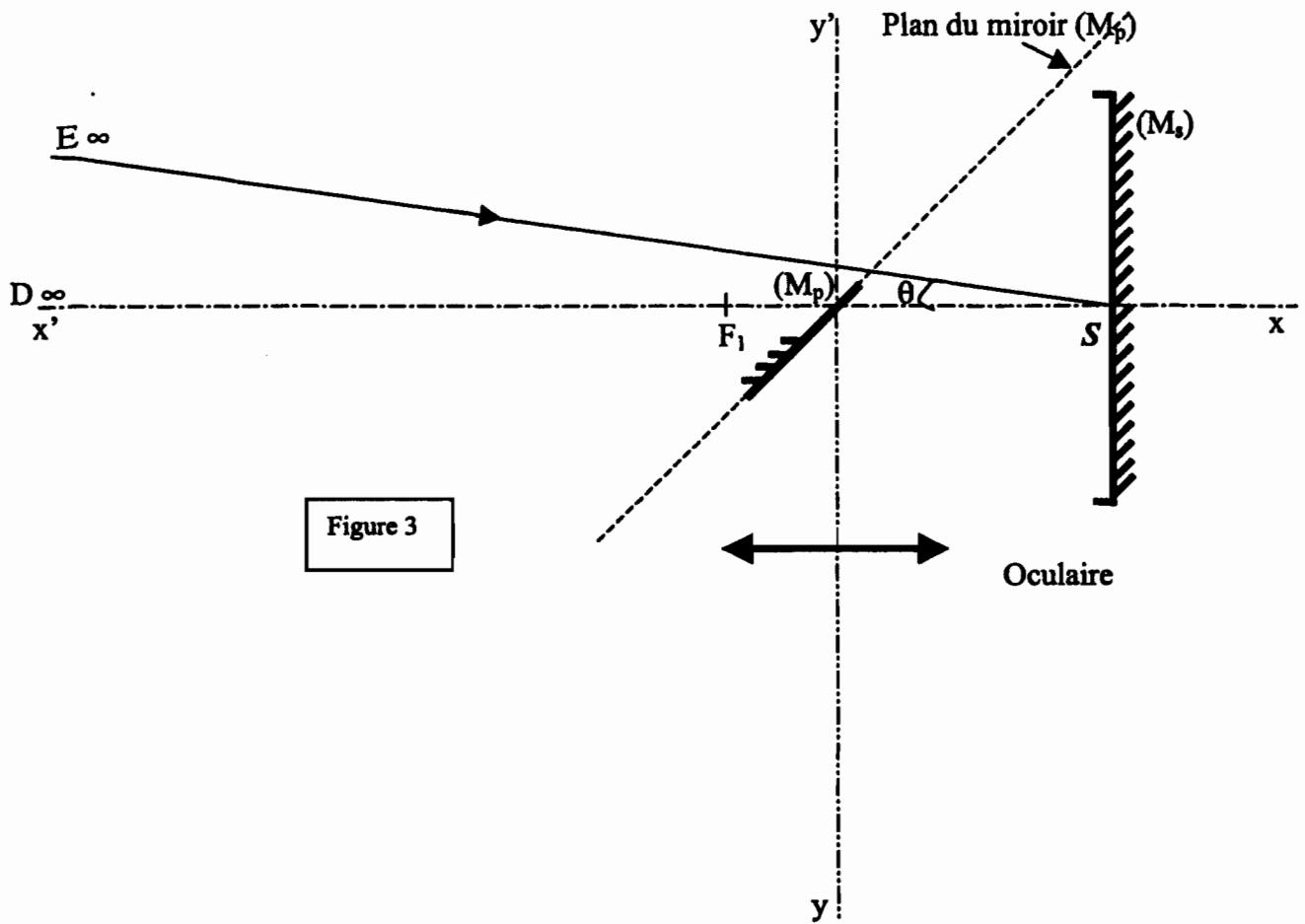


Figure 3

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ**

***L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ***

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

Les pages annexes 10/11 et 11/11 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

EXERCICE I	:	LE PIEGE PHOTO	5 points
EXERCICE II	:	CONSERVATEUR ET PARFUM	7 points
EXERCICE III	:	LE DIDJERIDOO, INSTRUMENT DE MUSIQUE TRADITIONNEL	4 points

## EXERCICE III : LE DIDJÉRIDOO, INSTRUMENT DE MUSIQUE TRADITIONNEL (4 points)

La Cité de la Musique, à Paris, a consacré au mois de novembre 2005 un cycle à l'Australie, en fait, à une partie septentrionale du pays, le « bout d'en haut », territoire actuel des aborigènes. La vedette en était le didjéridoo, une trompe en bois d'eucalyptus (assez droite), évidée par les termites. Longue de plus d'un mètre, elle est devenue emblématique de ce peuple. Cet instrument de musique, qui pourrait être le plus ancien en activité, est joué en expirant par la bouche et en inspirant par le nez (respiration circulaire). Et il se charge de tout : rythmes et harmonies.

D'après « Le Monde » du 29 novembre 2005.

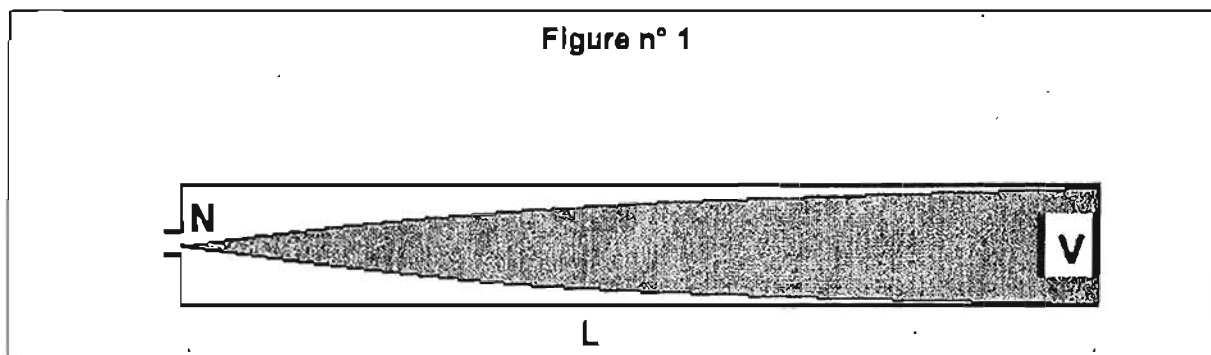
La technique utilisée pour jouer du didjéridoo est unique en comparaison de celle des autres instruments à vent. Il faut souffler dans le tube, les lèvres desserrées, pour créer un son : le bourdon qui est le son de base du didjéridoo. En jouant avec les joues comprimées et la langue à l'avant de la bouche, un grand nombre de didjéridos donneront un son comportant une variété d'harmoniques subtiles qui ajoute couleur et richesse à l'effet d'ensemble.

### PREMIÈRE PARTIE

Lorsqu'une onde stationnaire s'établit dans un tuyau sonore, on observe un nœud (N) de vibration à une extrémité si cette extrémité est fermée, et un ventre (V) de vibration si cette extrémité est ouverte.

En simplifiant, on peut représenter le didjéridoo comme un tuyau sonore de longueur  $L$  fermé à une extrémité et ouvert à l'autre.

Pour le mode fondamental de vibration, les positions du ventre et du nœud sont données sur la figure n° 1 ci-dessous, schématisant l'amplitude de la vibration sonore.



Donnée : célérité du son dans l'air :  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ .

1. Les ondes sonores sont-elles des ondes transversales ou longitudinales ? Justifier.
2. Exprimer la longueur d'onde  $\lambda_1$ , en fonction de la longueur  $L$  du tuyau. Justifier.
3. En déduire que la fréquence  $f_1$  du mode fondamental s'écrit :  $f_1 = \frac{v}{4L}$ .
4. Un enregistrement du son de base d'un didjéridoo (le bourdon) donne l'oscillogramme représenté sur la figure n° 2a.
  - 4.1 Déterminer à partir de l'oscillogramme la fréquence  $f_1$  du mode fondamental. La hauteur de ce son correspond-elle à un son grave ou à un son aigu ?
  - 4.2 En déduire la longueur  $L$  du didjéridoo utilisé.
5. Quelle devrait être la longueur minimale d'un tuyau ouvert aux deux extrémités (type flûte) pour donner une note de même hauteur ?

## DEUXIÈME PARTIE

Avec un second didjéridoo de longueur différente  $L'$ , on enregistre un son dont l'oscillogramme est représenté sur la figure n° 3a et son spectre sur la figure n° 3b.

1. En utilisant l'enregistrement de la figure n° 3a, déterminer la fréquence  $f_1$  du mode fondamental.
2. Comparer la longueur  $L'$  de ce second instrument à la longueur  $L$  du premier.
3. En comparant les spectres représentés sur les figures n° 2b et 3b, indiquer la technique utilisée par l'instrumentiste dans chacun des deux cas.
4. Sur le spectre de la figure n° 3b, déterminer le rang  $n$  de l'harmonique ayant la plus grande amplitude après le fondamental.
5. a) Sur un schéma analogue à celui de la figure n° 1, représenter les nœuds et les ventres de vibration correspondant à l'harmonique déterminée à la question 4. Exprimer la longueur  $L$  en fonction de la longueur d'onde de cet harmonique.  
b) Il existe une relation entre la longueur  $L$  du didjéridoo et le rang  $n$  de l'harmonique. En utilisant les données et les résultats de la première partie, choisir, parmi les relations suivantes, celle qui convient :

$$(1) L = \frac{2n-1}{2} \lambda_n \quad (2) L = \frac{2n-1}{4} \lambda_n \quad (3) L = \frac{2n+1}{4} \lambda_n \quad \text{avec } n \in \mathbb{N}'$$

## TROISIÈME PARTIE

Un « concert » est donné avec les deux didjéridoo. Placés à 2 m des musiciens, on mesure le niveau sonore  $L_s$  (en décibel acoustique) produit successivement par chacun des instruments précédents ; on note :  $L_{s1} = 72$  dB et  $L_{s2} = 75$  dB.

On rappelle que le niveau sonore  $L_s$  est donné par la relation :  $L_s = 10 \log \frac{I}{I_0}$  où  $I_0$  représente l'intensité sonore de référence égale à  $10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

1. Déterminer les intensités sonores  $I_1$  et  $I_2$  émises respectivement par chacun des instruments à la distance  $d = 2$  m.
2. On admet que lorsque les deux sons sont émis simultanément, l'intensité sonore résultante  $I$  est la somme des deux intensités sonores. En déduire le niveau sonore  $L_s$  perçu à 2 m dans ce cas.

Figure n° 2a

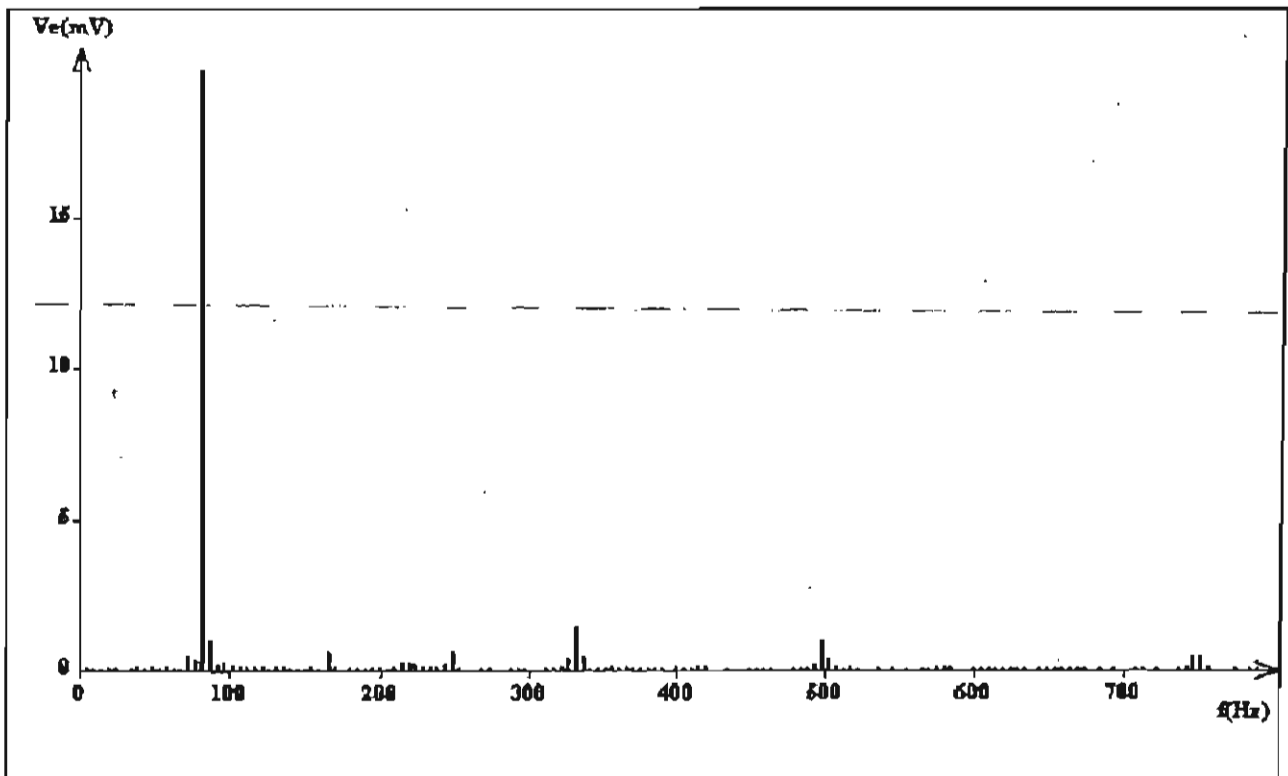
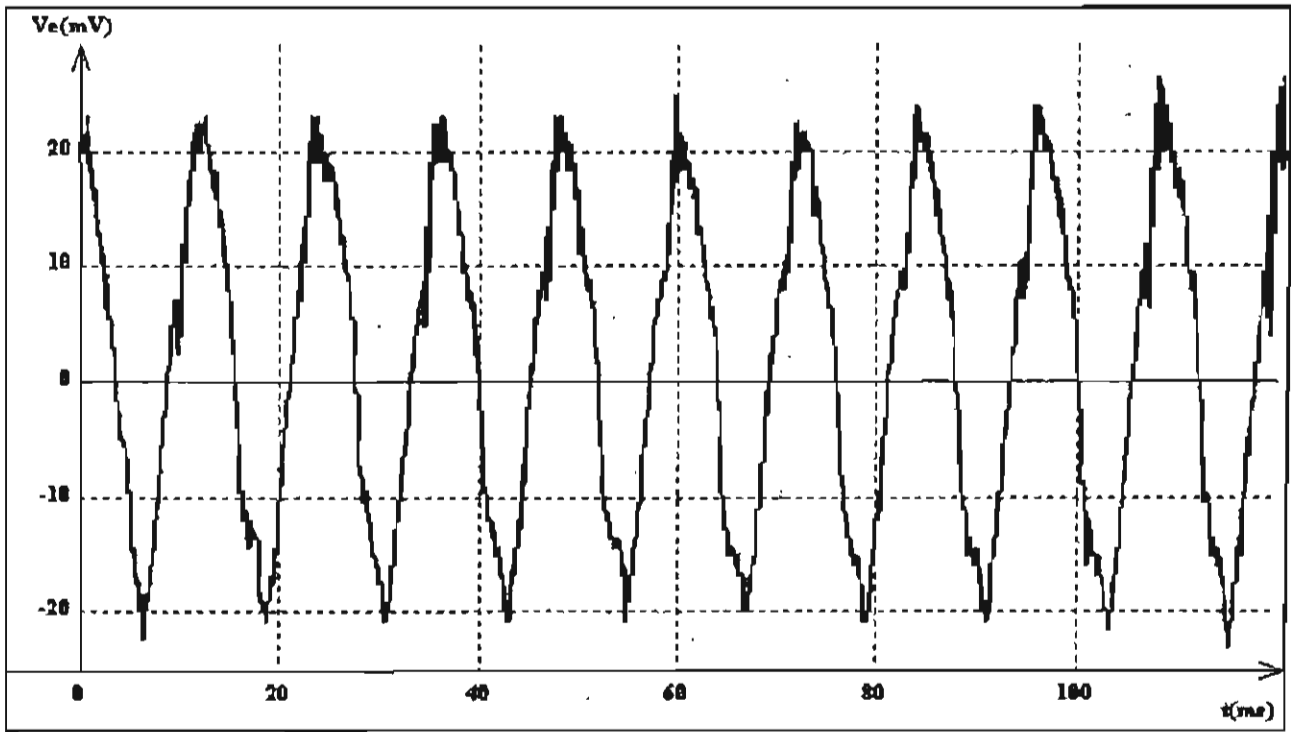


Figure n° 2b

Figure n° 3a

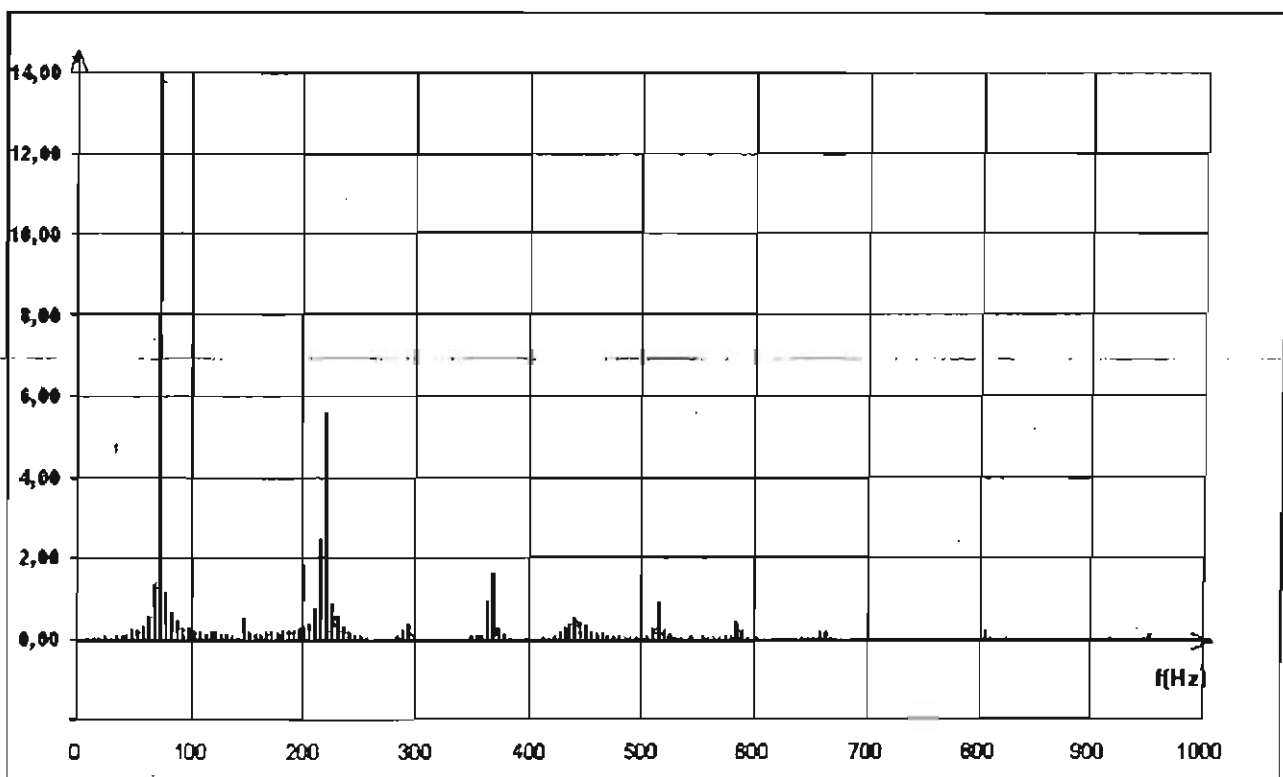
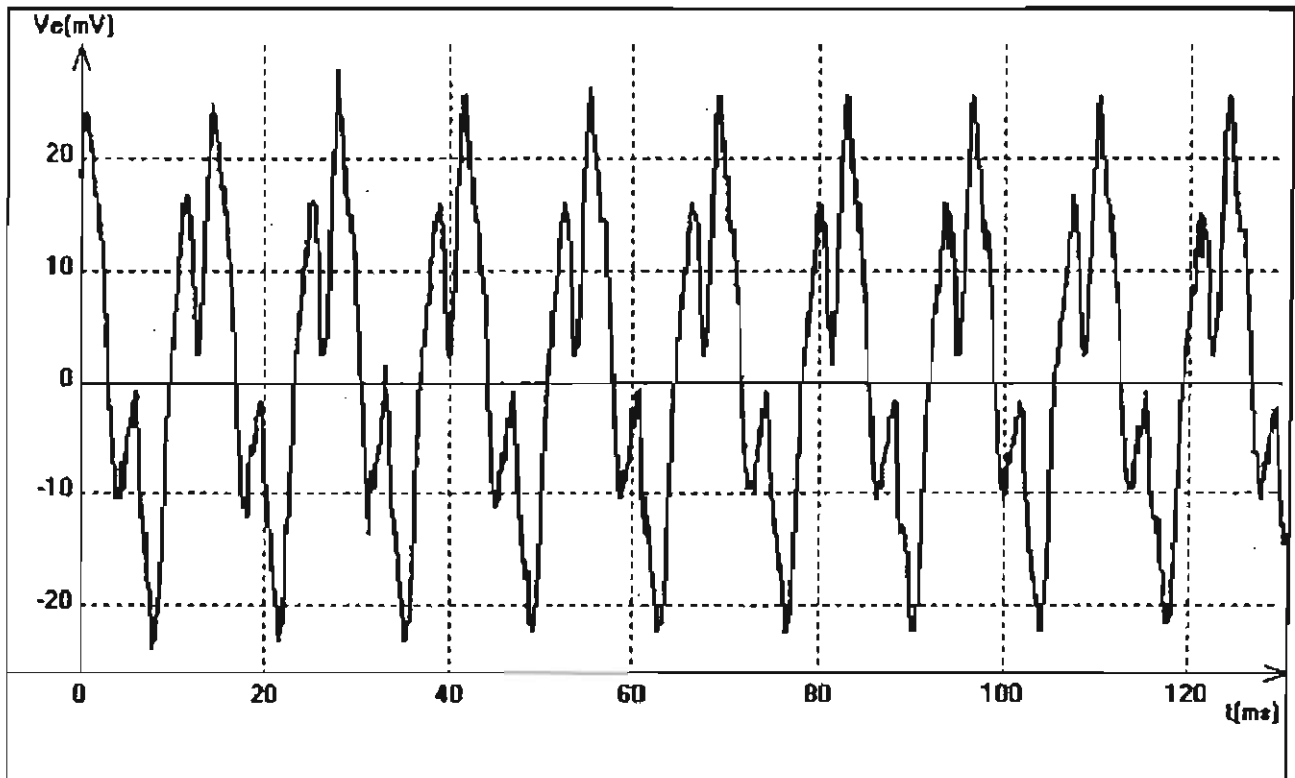


Figure n° 3b

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE** – Série S

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

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ**

*L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ*

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

Les pages annexes 11/13, 12/13 et 13/13 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

EXERCICE I	:	LA LOGAN AU BANC D'ESSAI	9 points
EXERCICE II	:	TENEUR EN CO <sub>2</sub> D'UN VIN	3 points
EXERCICE III	:	DOSAGES D'UNE SOLUTION D'ACIDE ASCORBIQUE	4 points



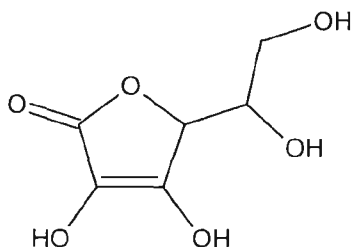
### EXERCICE III : Dosages d'une solution d'acide ascorbique (4 points)

L'acide ascorbique ou vitamine C intervient dans diverses réactions d'oxydo-réduction cellulaires. Elle favorise le développement des os, des tendons et des dents.

Présente dans de très nombreux aliments, en particulier dans les produits frais : légumes verts et fruits, elle est synthétisée par presque tous les animaux sauf l'homme, certains singes et certains oiseaux.

De très nombreux oxydants peuvent oxyder l'acide ascorbique, c'est la raison pour laquelle l'acide ascorbique est utilisé comme antioxygène : en réagissant avec le dioxygène, il empêche celui-ci d'oxyder les constituants des aliments. C'est un additif alimentaire indiqué par le code E300.

L'acide ascorbique, ou vitamine C, de formule brute  $C_6H_8O_6$ , a pour formule topologique :



On désire déterminer la teneur en acide ascorbique d'une solution. Pour cela, on envisage deux méthodes de dosage reposant, pour l'une, sur le caractère acide de la molécule et, pour l'autre, sur son caractère réducteur.

Données :

- Masses molaires atomiques en  $g \cdot mol^{-1}$  :  $M(H) = 1,0$  ;  $M(C) = 12,0$  ;  $M(O) = 16,0$  ;
- Couples oxydants-réducteurs :
  - $I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$
  - $C_6H_6O_6(aq) / C_6H_8O_6(aq)$
  - $S_4O_6^{2-}(aq) / S_2O_3^{2-}(aq)$
- Couple acide-base :
  - $C_6H_8O_6(aq) / C_6H_7O_6^-(aq)$

#### I - Dosage acido-basique de la solution d'acide ascorbique

Mode opératoire :

On réalise un dosage pH-métrique de 10,0 mL de la solution d'acide ascorbique  $C_6H_8O_6(aq)$  par une solution d'hydroxyde de sodium ou soude ( $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ ) de concentration molaire  $C_b = 5,0 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1}$ .

1. Écrire l'équation de la réaction de dosage.
2. Définir l'équivalence du dosage.
3. A l'aide de la courbe fournie en **annexe page 13 à rendre avec la copie**, déterminer le volume  $V_E$  versé à l'équivalence en explicitant la démarche utilisée.
4. Écrire la relation entre les quantités de matière des réactifs à l'équivalence et en déduire la valeur de la concentration molaire de la solution titrée.

## II - Dosage par oxydoréduction de la solution d'acide ascorbique

Mode opératoire :

Première étape : oxydation de l'acide ascorbique.

L'acide ascorbique est oxydé par une solution de diiode  $I_{2(aq)}$  en excès : on verse dans un erlenmeyer un volume  $V_1 = 10,0$  mL de la solution d'acide ascorbique auquel on ajoute un volume  $V_2 = 20,0$  mL d'une solution de diiode de concentration  $C_2 = 1,0 \times 10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup>.

Deuxième étape : dosage du diiode en excès.

Le diiode en excès est alors dosé par une solution de thiosulfate de sodium ( $2 Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)}$ ), de concentration  $C_3 = 2,4 \times 10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup>, en présence d'empois d'amidon ou de thiodène.

Le volume versé à l'équivalence est  $V_E = 12,9$  mL.

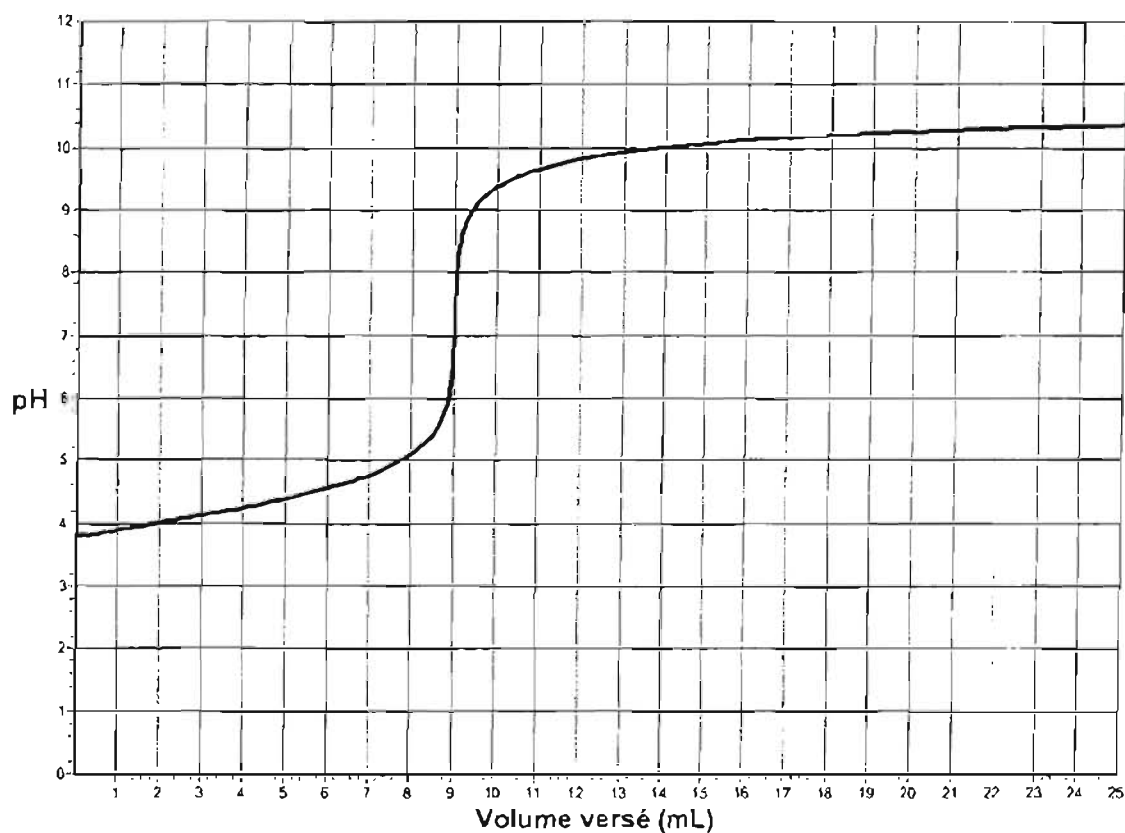
1. Préciser la verrerie à utiliser pour prélever les volumes des réactifs de la première étape.
2. a) Exprimer la quantité de matière initiale de diiode introduite  $n_{I_2(initial)}$  dans la première étape.  
b) Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction de cette première étape.
3. a) Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction de la deuxième étape.  
b) En déduire la quantité de matière de diiode  $n_{I_2(excès)}$  qui réagit avec la solution de thiosulfate de sodium lors de la deuxième étape. On pourra éventuellement utiliser un tableau d'avancement.
4. a) À partir des réponses aux questions précédentes, établir la relation donnant la quantité de matière d'acide ascorbique dosée :  $n_A = C_2 \cdot V_2 - \frac{C_3 \cdot V_E}{2}$ .  
b) En déduire la concentration molaire de la solution d'acide ascorbique.

## III – Conclusion

1. Comparer les résultats obtenus par les deux méthodes de dosage.
2. Calculer la concentration massique en acide ascorbique de la solution titrée.

### EXERCICE III : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Courbe  $\text{pH} = f(V)$  pour le dosage de l'acide ascorbique par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire  $C_b = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ .



# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

*Les données sont en italique*

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexe comprise.

**La feuille d'annexe (page 11) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.**

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

- I. La radioactivité au service de l'archéologie (5,5 points)
- II. Corrosion des gouttières (6,5 points)
- III. Sons émis par une corde du violoncelle (4 points)

### EXERCICE III. SONS ÉMIS PAR UNE CORDE DE VIOLONCELLE (4 points)

Les instruments de musique sont de formes et de dimensions très variées ; ils sont aussi constitués de matériaux très divers. Cependant, tous fonctionnent sur le même principe : les sons qu'ils produisent sont le résultat d'une vibration qui se transmet jusqu'à l'oreille.

On peut les classer en trois familles qui sont les cordes, les vents et les percussions.

Dans le cas des instruments à cordes, il existe deux techniques de production du son : corde frottée et corde pincée.

Dans cet exercice, on étudie le son produit par une corde vibrante, puis on compare les sons produits par l'une des cordes d'un violoncelle, la corde appelée « corde de sol », selon qu'elle est frottée ou pincée en utilisant un archet.

Cette corde de longueur utile  $L = 69,0$  cm est fixée à ses deux extrémités sur l'instrument.

Aucune connaissance musicale préalable n'est nécessaire pour résoudre cet exercice.

#### 1. Le son produit par la corde frottée

Le violoncelliste frotte la corde avec son archet pour la mettre en vibration. Ainsi excitée, la corde peut vibrer selon plusieurs modes.

1.1. Comment appelle-t-on les modes de vibration de la corde de longueur  $L$  ?

1.2. Observation de la corde vibrante à la lumière du jour.

1.2.1. Décrire l'aspect de la corde vibrant dans son mode fondamental quand on l'observe à la lumière du jour et l'illustrer par un schéma sans souci d'échelle.

1.2.2. Calculer la longueur d'onde  $\lambda_1$  correspondant au mode fondamental.

1.3. Le son produit par la corde est étudié à l'aide d'un microphone branché à un oscilloscope numérique. L'oscillogramme correspondant est donné à la figure 7 en **PAGE 10**.

1.3.1. Exploiter cet oscillogramme pour déterminer la fréquence  $f_1$  du mode fondamental.

1.3.2. À quelle qualité physiologique du son est associée cette fréquence ?

1.4. Décrire la méthode qui permet de retrouver la fréquence du mode fondamental en utilisant un stroboscope.

1.5. Dédire des réponses aux questions 1.2. et 1.3. la célérité  $v$  de la vibration le long de cette corde.

1.6. On réalise une analyse spectrale du son produit par cette corde vibrant sur toute sa longueur. Le spectre de fréquences est représenté à la figure 8 en **PAGE 10**. Sur ce spectre sont repérés cinq pics notés (a), (b), (c), (d), et (e). On note  $f_2$  et  $f_3$  les fréquences des deux harmoniques immédiatement supérieures à la fréquence fondamentale  $f_1$ .

1.6.1. Écrire la relation existant entre  $f_2$  et  $f_1$  d'une part ; entre  $f_3$  et  $f_1$  d'autre part.

1.6.2. Retrouver parmi ces cinq pics, celui qui correspond au mode fondamental de fréquence  $f_1$  et préciser ceux qui correspondent à  $f_2$  et  $f_3$

1.7. Pour jouer la note à l'octave supérieure, le violoncelliste excite la corde avec l'archet tout en appuyant franchement en son milieu, ce qui revient à diviser la longueur  $L$  de la corde par deux.

On rappelle que la fréquence du son produit est inversement proportionnelle à la longueur de la corde. Donner, en fonction de  $f_1$ , l'expression de la fréquence  $f'$  du fondamental du son produit lorsque le violoncelliste joue la note à l'octave supérieure.



## **2. Le son produit par la corde pincée.**

*Par une autre technique appelée « pizzicato », le violoncelliste pince maintenant la corde de sol pour la mettre en vibration.*

2.1. *L'oscillogramme correspondant au son émis par la corde en appliquant la technique « pizzicato » est donné à la figure 9 en **PAGE 10**.*

Exploiter la figure 9 pour indiquer si la hauteur du son est modifiée par rapport à celle du son étudié à la question 1.

2.2. En comparant les figures 7 et 9, indiquer la caractéristique physiologique du son qui a ainsi été modifiée. Justifier la réponse.

## **3. Une autre technique avec la corde frottée.**

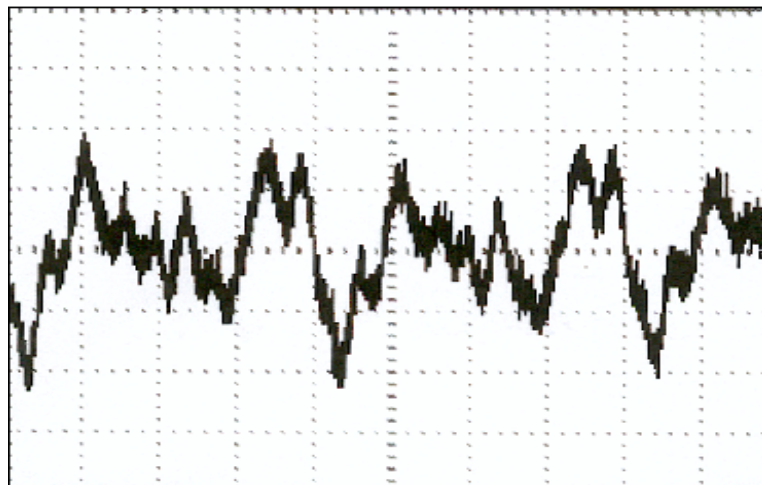
*Pour tirer de son instrument des sons particuliers, le violoncelliste excite avec son archet la corde qu'il effleure avec l'autre main en son milieu.*

*On donne le spectre du son produit de cette manière à la figure 10 en **PAGE 10**.*

En comparant les spectres des figures 8 et 10, indiquer la conséquence de cette technique sur les caractéristiques physiologiques du son produit dans les deux situations correspondantes.

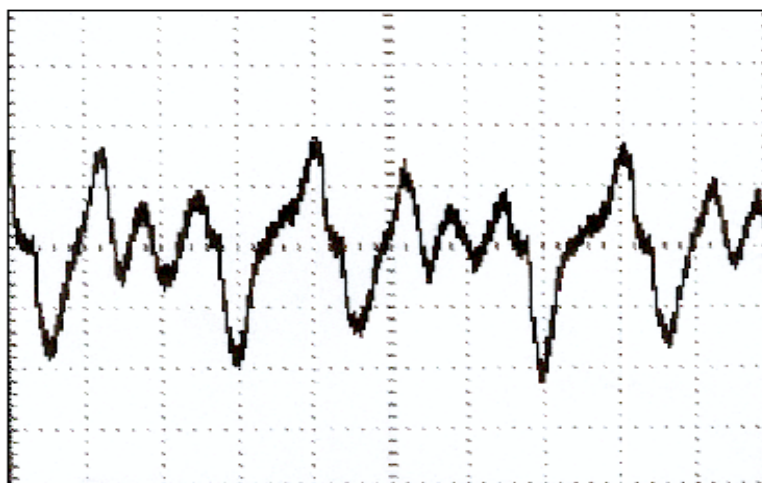
**Figure 7**

Base de temps : 2,5 ms.div<sup>-1</sup>

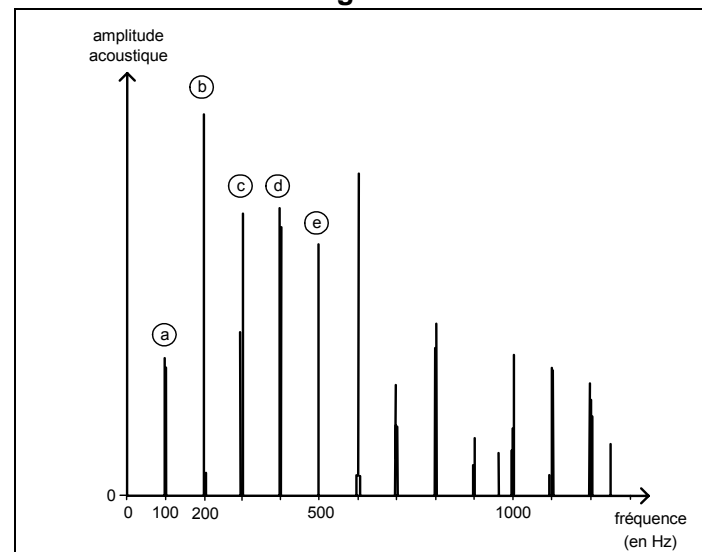


**Figure 9**

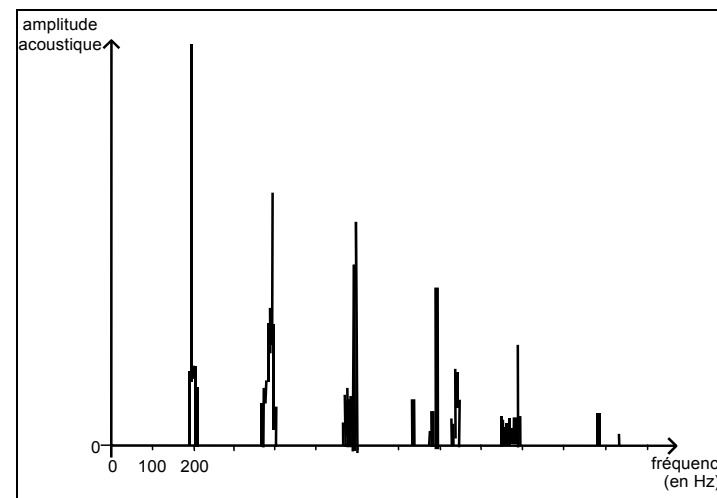
Base de temps : 2,5 ms.div<sup>-1</sup>



**Figure 8**



**Figure 10**



# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ**

***L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ***

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12 y compris celle-ci.

**Les pages annexes 9/12, 10/12, 11/12 et 12/12 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.**

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

Exercice I	:	Résistance d'une bobine réelle	6 points
Exercice II	:	Où il est question de la lumière	6 points
Exercice III	:	Purification du cuivre	4 points



**EXERCICE III : PURIFICATION DU CUIVRE : PRINCIPE DU RAFFINAGE DU CUIVRE  
(4 points)**

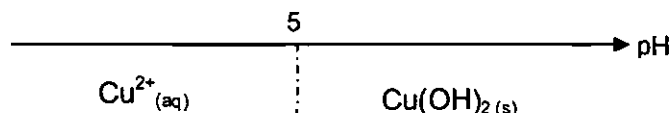
Le cuivre utilisé pour la fabrication des conducteurs électriques doit être pur à 99,99 %.  
La purification des métaux par électrolyse est possible grâce à l'emploi d'une anode soluble :

- le métal impur (minerai de cuivre contenant 98 à 99,5 % de cuivre) constitue l'anode. Ce métal subit une oxydation et passe à l'état d'ions en solution. Les impuretés libérées tombent au fond de l'électrolyseur ou restent en suspension dans la solution électrolytique.
- A la cathode, les ions cuivre II ( $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ ) en solution subissent une réduction, le métal très pur se dépose.
- La solution électrolytique contient des ions cuivre II ( $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ ), des ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  et de l'acide sulfurique.

**PREMIÈRE PARTIE :**

Le schéma, qui se trouve en **annexe page 12 à rendre avec la copie**, illustre le montage d'une telle électrolyse.

1. Compléter le schéma en indiquant sur le schéma :
  - le sens du courant électrique :  $I$
  - le sens de déplacement des électrons :  $e^-$
  - le sens de déplacement des ions positifs (cations)
  - le sens de déplacement des ions négatifs (anions)
  - l'anode
  - la cathode
2. La transformation qui se produit lors d'une électrolyse est-elle une réaction d'oxydoréduction spontanée ou forcée ? Justifier la réponse.
3. Écrire les équations des transformations qui se déroulent aux électrodes.
4. En déduire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui se déroule dans l'électrolyseur.
5. Pourquoi qualifie-t-on cette électrolyse d'électrolyse à « anode soluble » ?
6. La concentration en ions cuivre II de la solution électrolytique varie-t-elle au cours de l'électrolyse ? Justifier.
7. En fonction du pH de la solution dans laquelle il se trouve, l'élément cuivre en solution peut exister sous deux formes :  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$  ou  $\text{Cu}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ . On donne ci-dessous le diagramme de prédominance de l'ion  $\text{Cu}^{2+}$



Expliquer qualitativement pourquoi on ajoute de l'acide sulfurique dans la solution électrolytique.

## DEUXIÈME PARTIE :

A l'aide du montage décrit dans la première partie, on désire déposer par électrolyse une couche de cuivre sur une plaque d'acier, afin d'améliorer le contact électrique d'un interrupteur incorporé dans un circuit électrique. Dans l'industrie, pour des raisons d'efficacité, on dépose sur la plaque d'acier à traiter, une fine couche de nickel qui permet une meilleure adhérence du cuivre. On ne tiendra pas compte de cette opération dans l'exercice.

Le dispositif est monté de telle façon qu'une seule face de la plaque d'acier puisse être recouverte de cuivre.

Lors de l'électrolyse d'une durée  $\Delta t = 30,0 \text{ min.}$ , l'intensité du courant est constante et vaut  $I = 4,00 \cdot 10^2 \text{ mA}$ .

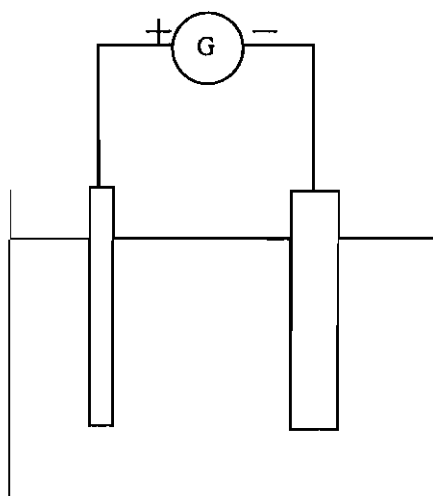
Données :

- $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;
- Charge élémentaire :  $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

1. La plaque d'acier doit-elle jouer le rôle de l'anode ou de la cathode ?
2. Exprimer la quantité d'électricité  $Q$ , qui a traversé le circuit pendant l'électrolyse en fonction de  $I$  et  $\Delta t$ .
3. Exprimer  $Q$  en fonction de  $n_e$  (quantité de matière d'électrons transférée au cours de l'électrolyse),  $N_A$  et  $e$ .
4. Exprimer  $n_e$ , en fonction de  $n_{\text{Cu}}$  (quantité de matière de cuivre formée).
5. Dédurre des questions précédentes l'expression littérale de  $n_{\text{Cu}}$  puis de  $m_{\text{Cu}}$ , masse de cuivre qui s'est déposée sur la plaque. Calculer cette masse.
6. On observe en réalité lors de l'électrolyse une variation de la masse de la lame de cuivre  $|\Delta m| = 2,41 \times 10^{-1} \text{ g}$ . Proposer une explication.

### EXERCICE III : Annexe à rendre avec la copie

#### Première partie : question 1



# BACCALAUREAT GENERAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 h 30

Coefficient : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

*Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de l'expression des résultats numériques en fonction des données figurant dans les énoncés (emploi correct des chiffres significatifs).*

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

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

**Exercice 1 : La pile cuivre aluminium et le condensateur (8 points)**

**Exercice 2 : Le parfum de poire (4 points)**

**Exercice 3 : Produire un son (4 points)**

L'annexe 4 page 10 est à remettre avec la copie

### **EXERCICE 3 : PRODUIRE UN SON (4 points)**

#### **I. Onde stationnaire le long d'une corde.**

##### **Description du montage (Cf. figure n° 1 annexe 1 page 7/10)**

Une corde métallique est fixée rigidement à l'une de ses extrémités **B**. Cette corde passe dans la gorge d'une poulie et on suspend à son autre extrémité une masse **m**. Cette corde peut vibrer entre le point **A** et le point **B**. Elle passe entre les branches d'un aimant en U placé à équidistance de **A** et **B**. On relie cette corde aux deux bornes d'un GBF (générateur basse fréquence). Le courant sinusoïdal traversant la corde permet de générer des ondes transversales. Pour des fréquences bien déterminées, des ondes stationnaires apparaissent entre les points **A** et **B**. On observe alors un ou plusieurs fuseaux de vibration. Ce montage représenté permet d'étudier les différents paramètres qui influent sur ces ondes stationnaires.

Pour la corde utilisée, on a obtenu un fuseau de vibration pour la fréquence  $f = 40 \text{ Hz}$ .

**I.1.** Comment appelle-t-on le mode de vibration pour cette fréquence  $f = 40 \text{ Hz}$  ?

**I.2.** Comment appelle-t-on les autres modes de vibration de la corde ? Quelles sont les valeurs des fréquences qui permettent de les obtenir ?

- I.3. Quelle est la relation liant la célérité  $c$ , la fréquence  $f$ , et la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde apparaissant dans la corde ?
- I.4. L'onde est stationnaire lorsque la distance parcourue par l'onde lors d'un aller et retour le long de la corde est égale à un nombre entier de longueur d'onde  $\lambda$ . Quelle est la relation liant la longueur  $L$  de la corde et la longueur d'onde  $\lambda$  ? Etablir la relation liant  $c$ ,  $L$  et  $f$ .
- I.5. Quelle fréquence doit avoir le courant sinusoïdal pour obtenir deux fuseaux de vibration ? Où est-il judicieux de placer l'aimant dans ce cas là ?

## II. Vibration d'une corde de guitare.

Le montage de la **figure n°1 (annexe 1 page 7/10)** permet de faire varier la tension mécanique  $F$  appliquée à la corde.

Le changement de corde permet d'étudier l'influence de la masse linéique.

Une étude complète permet d'établir que les différents modes de vibration d'une corde vérifient la relation :

$$f = \frac{k}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$k$  est un nombre entier

$L$  : longueur de la corde en m

$F$  : tension mécanique de la corde en N

$\mu$  : masse linéique de la corde en  $\text{kg.m}^{-1}$

$f$  : fréquence en Hz

Une guitare représentée **figure n°2 annexe 2 page 8/10**, comporte 6 cordes de masses linéiques différentes. Chaque corde est montée entre le chevalet et le sillet, elle est reliée à une clé permettant de régler sa tension (**figure n°3 annexe 2 page 8/10**). La distance  $L$  entre le chevalet et le sillet est  $L = 65 \text{ cm}$ .

L'une des cordes, dite « corde n°2 », est la corde du  $\text{La}_1$  de fréquence 110 Hz.

II.1. Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension des cordes ?

II.2. Pourquoi les cordes ont-elles des masses linéiques différentes ?

II.3. Un musicien veut accorder la corde n°2. Avant l'accord, il pince cette corde n°2. On enregistre à l'aide d'un micro le son émis. On obtient l'enregistrement de la **courbe 1 (annexe 3 page 9/10)**.

II.3.1. Quelle est la fréquence de la note émise ?

II.3.2. Un logiciel permet de faire l'analyse spectrale de l'enregistrement précédent. **Les courbes 2 et 3 de l'annexe 3 page 9/10** présentent deux diagrammes de fréquences. Lequel correspond à l'enregistrement précédent ? Justifier la réponse.

II.3.3. Comment le musicien doit-il agir sur la corde pour obtenir le  $\text{La}_1$  ?



Figure n°1 : montage

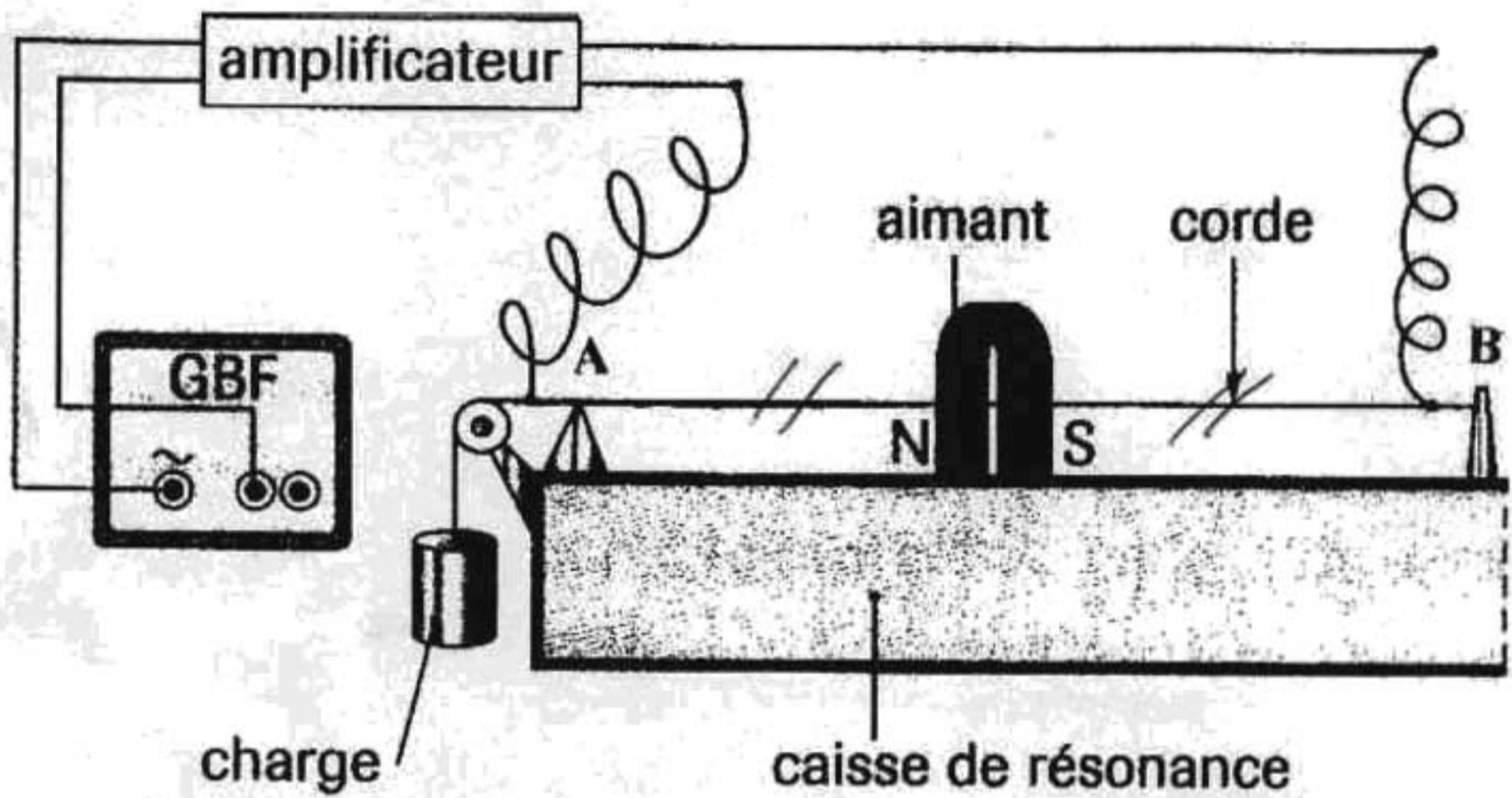


Figure n° 2 : guitare

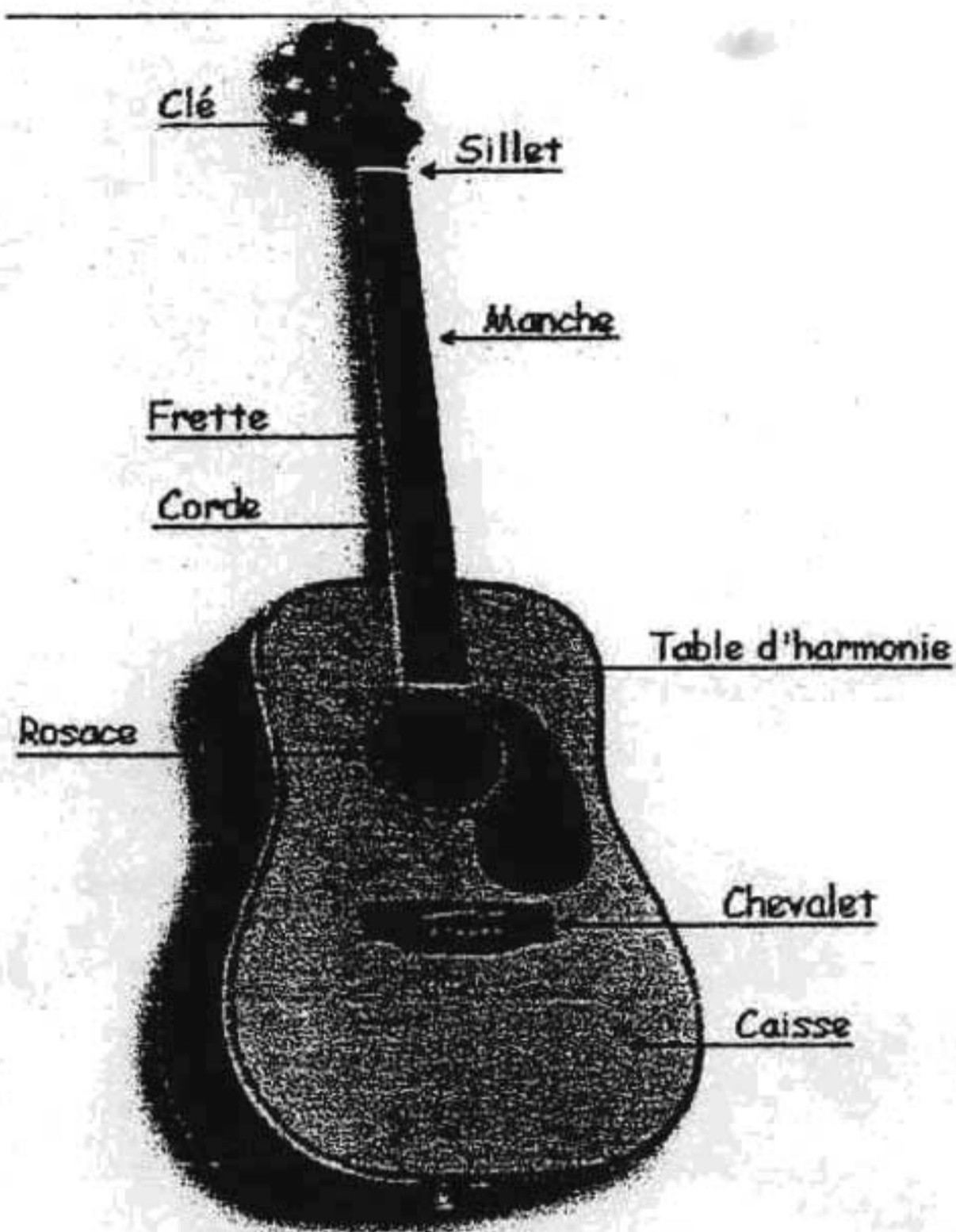
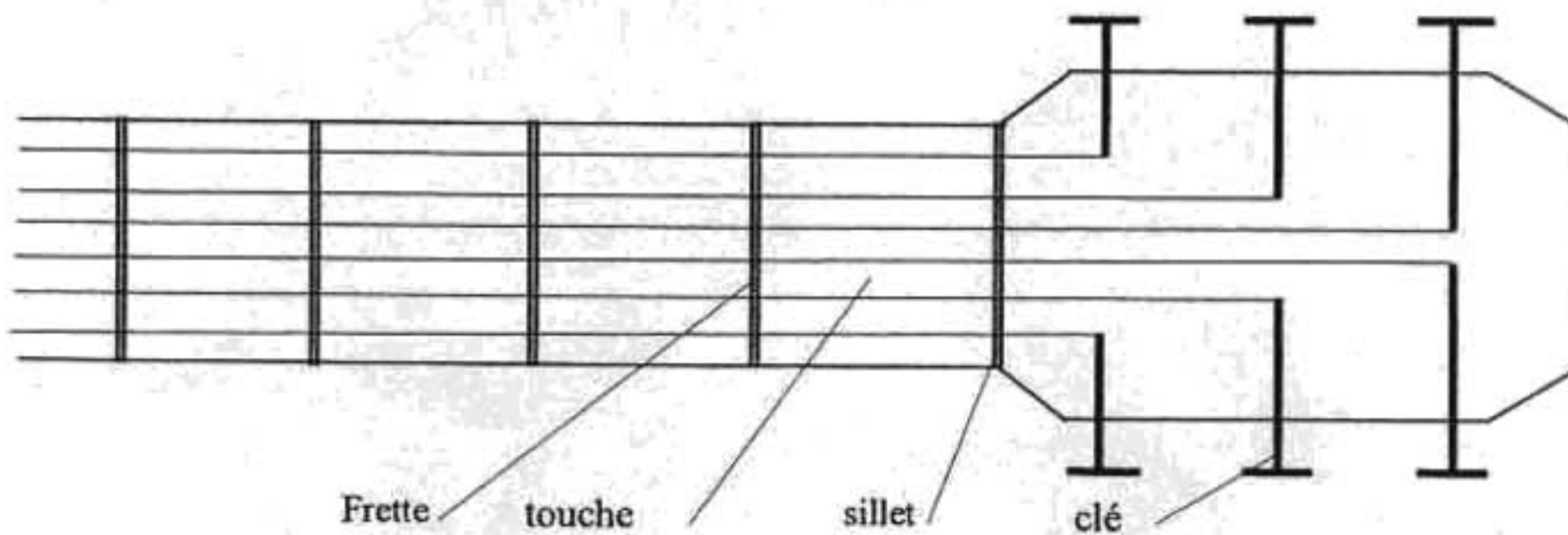
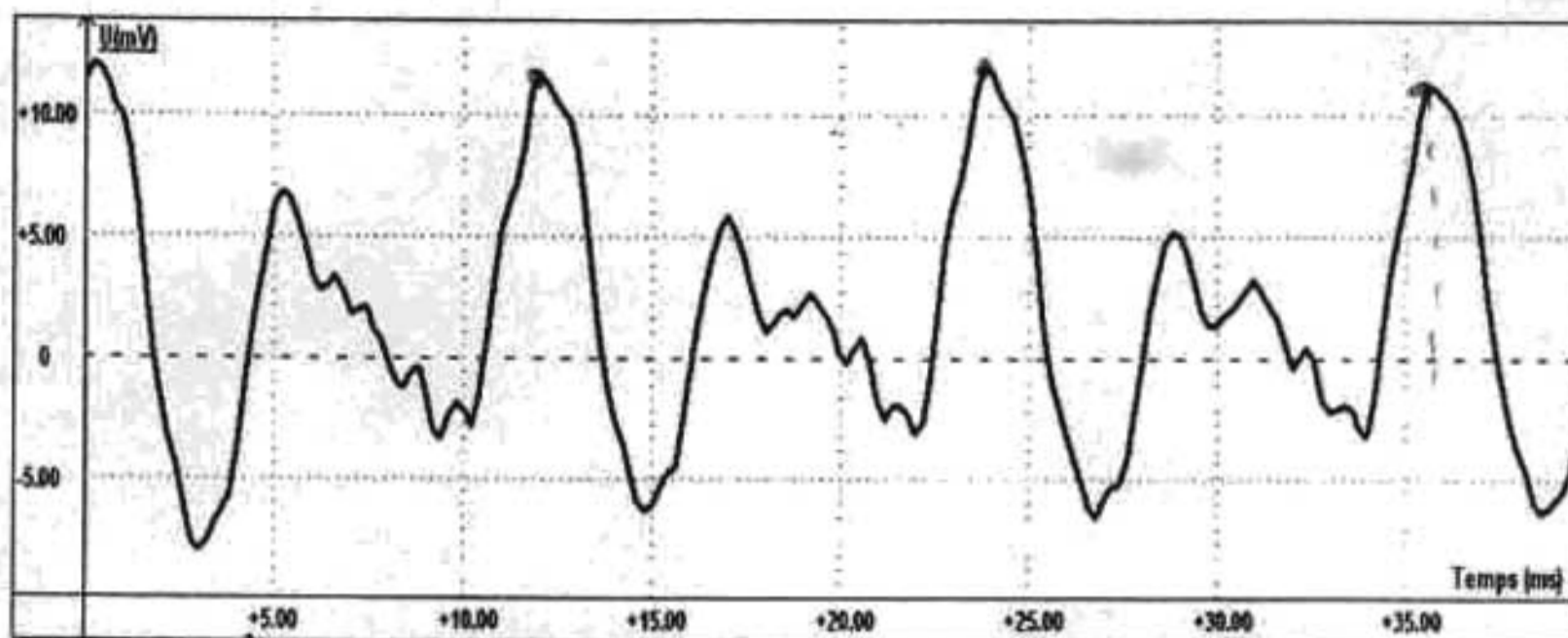


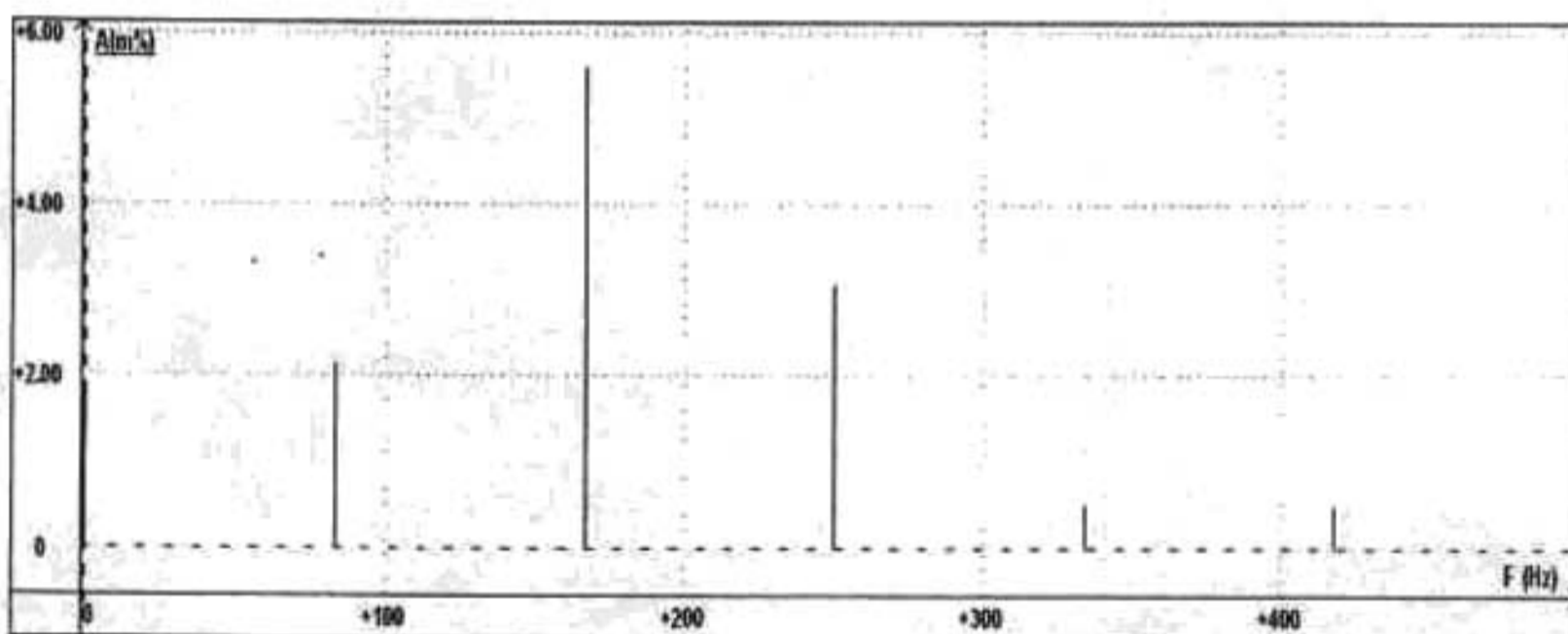
Figure n° 3 : Manche d'une guitare



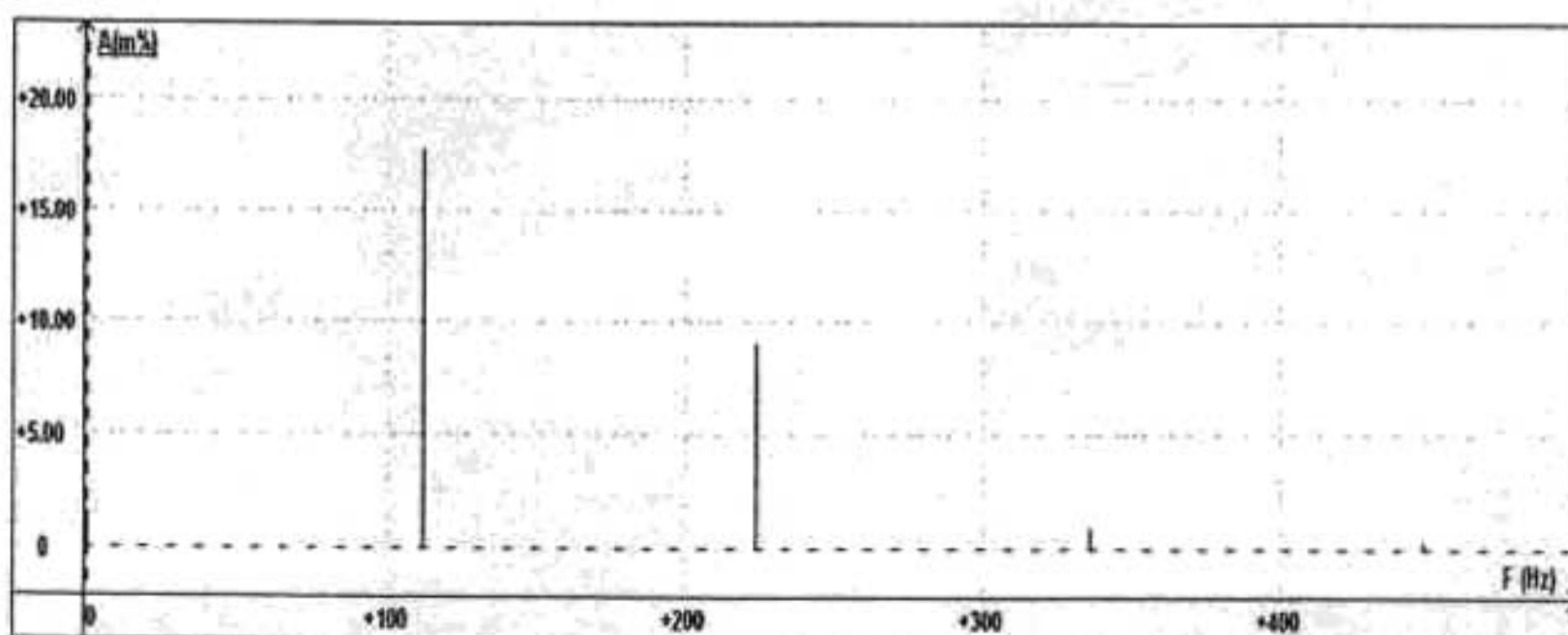




**Courbe 1 : enregistrement du signal sonore émis par la corde n° 2**



**Courbe 2 : Diagramme de fréquences n° 1**



**Courbe 3 : Diagramme de fréquences n° 2**

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

## PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

# SPÉCIALITÉ

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

**L'usage de la calculatrice est autorisé.**

Ce sujet comporte 2 exercices de PHYSIQUE et 1 exercice de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

**Ce sujet comporte 3 annexes à rendre avec la copie en fin d'épreuve.**

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

Exercice n°1 : Bobine à inductance réglable.

Exercice n°2 : Analyse d'un lait.

Exercice n°3 : Les taches solaires.

**Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de la précision des résultats numériques en fonction de la précision des données fournies par l'énoncé (emploi correct des chiffres significatifs).**

## Exercice n°3 spécialité (4 points)

### LES TACHES SOLAIRES

On se propose d'étudier une lunette astronomique qui permet d'observer l'image du Soleil par une projection sur un écran. Cette lunette est constituée :

- d'un objectif convergent de diamètre 70 mm et de distance focale  $f_1' = 900$  mm ;
- d'un oculaire convergent de distance focale  $f_2' = 20$  mm.

#### Données

- Diamètre apparent du Soleil :  $\alpha = 9,33 \cdot 10^{-3}$  rad.
  - Grossissement de la lunette :  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ .
- ( $\alpha'$  est le diamètre apparent exprimé en radian de l'image définitive  $A'B'$ ).

Dans la suite de l'exercice, on assimilera l'objectif de cette lunette à une lentille mince ( $L_1$ ) convergente de centre optique  $O_1$ , de foyers objet et image respectifs  $F_1$  et  $F_1'$ .

L'oculaire sera assimilé à une lentille mince ( $L_2$ ) convergente de centre optique  $O_2$ , de foyers objet et image respectifs  $F_2$  et  $F_2'$ .

L'objectif de cette lunette, donne d'un objet  $AB$  très éloigné (considéré à l'infini), une image intermédiaire  $A_1B_1$  située entre l'objectif et l'oculaire. L'oculaire qui sert à examiner cette image intermédiaire, en donne une image définitive  $A'B'$ . Lorsque cette image définitive est à l'infini, la lunette est dite afocale.

Les schémas des figures (1 et 2) donnés en ANNEXE N° 3 ont été réalisés sans considération d'échelle.

#### 1. LA LUNETTE EST RENDUE AFOCALE

1.1 Le point A de l'objet  $AB$  situé à l'infini, est sur l'axe optique de la lentille  $L_1$  (voir figure 1 de l'ANNEXE N° 3, à rendre avec la copie).

1.1.1. Où se forme l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet  $AB$  par rapport à l'objectif ? Construire cette image sur la figure 1.

1.1.2. Calculer la taille de  $A_1B_1$ . L'angle  $\alpha$  étant petit, on pourra utiliser l'approximation  $\tan \alpha \approx \alpha$  (rad).

1.2. L'image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par l'objectif constitue un objet pour l'oculaire.

1.2.1. Quelle position particulière doit occuper  $A_1B_1$  pour que l'image finale  $A'B'$  soit rejetée à l'infini ?

1.2.2. Où se situe alors le foyer objet  $F_2$  de l'oculaire par rapport au foyer image  $F_1'$  de l'objectif pour que la lunette soit afocale ?

1.3. Placer sur la figure 2 de l'ANNEXE 3 à rendre avec la copie, les foyers  $F_2$  et  $F_2'$  de l'oculaire et tracer ensuite la marche du faisceau lumineux à travers la lunette.

1.4. Dans cet exercice, on parle du diamètre apparent image  $\alpha'$ .

1.4.1. Donner sa définition et le représenter sur la figure 2.

1.4.2. Calculer  $\alpha'$ . L'angle  $\alpha'$  étant petit, on pourra utiliser l'approximation  $\tan \alpha' \approx \alpha'$  (rad).

1.5. En déduire la valeur du grossissement  $G$  de cette lunette.

## 2. OBSERVATION DES TACHES SOLAIRES

Lorsqu'on observe le Soleil au travers de filtres appropriés ou lorsqu'on projette son image sur un écran, sa surface montre certaines irrégularités dans son éclat, appelées taches solaires, qui apparaissent en noir.

Pour une observation de ce phénomène, on règle la position de l'oculaire par rapport à l'objectif de façon à obtenir une image nette du Soleil sur un écran. L'écran est alors placé à 30 cm du foyer image  $F'_2$  de l'oculaire.

2.1. Montrer que la valeur de la distance algébrique  $\overline{O_2A'} = 32$  cm.

2.2. En utilisant la relation de conjugaison, calculer la distance algébrique  $\overline{O_2A_1}$ .

On rappelle la relation de conjugaison appliquée à l'oculaire ( $L_2$ ) :  $\frac{1}{O_2A'} - \frac{1}{O_2A_1} = \frac{1}{O_2F'_2}$

2.3. A-t-on éloigné ou rapproché l'oculaire de l'objectif pour observer l'image du Soleil sur l'écran ? Justifiez votre réponse.

2.4. On observe sur l'écran l'image d'une des taches solaires. Cette image supposée circulaire a un diamètre  $d' = 5$  mm. L'image du Soleil possède un diamètre  $D' = 126$  mm. Calculer le diamètre  $d$  de cette tache solaire.

On rappelle le diamètre du Soleil :  $D = 1,39 \cdot 10^6$  km.

ANNEXE N° 3 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

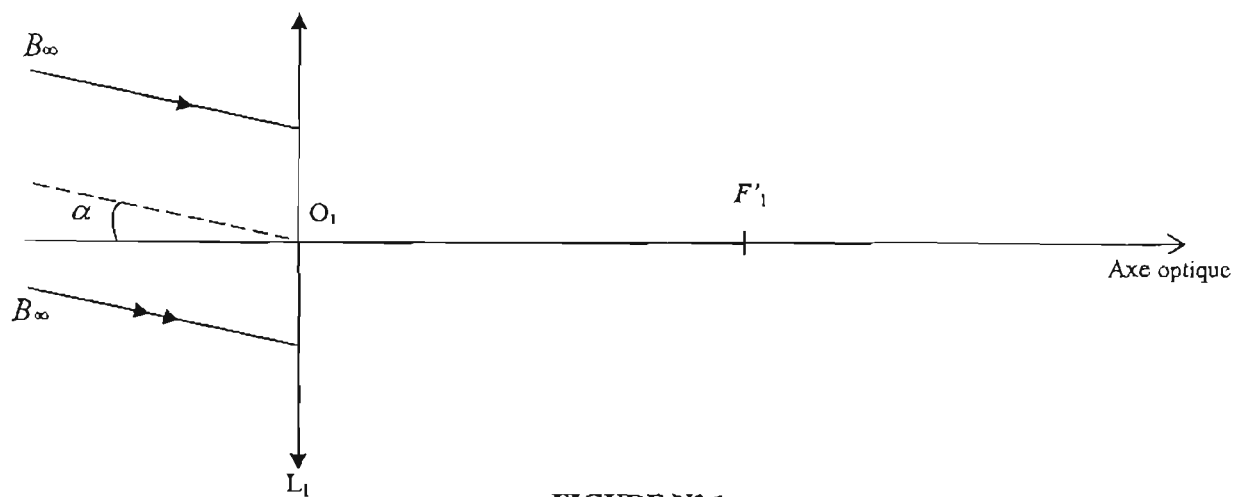


FIGURE N° 1

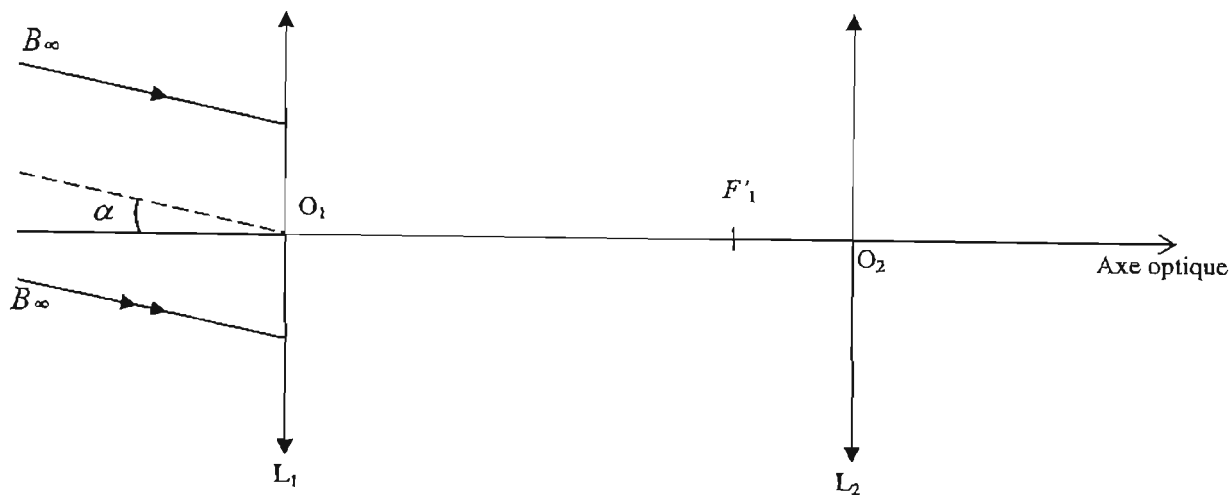


FIGURE N° 2

## VIBRATIONS SONORES

### 1. DISPOSITIF D'ÉTUDE.

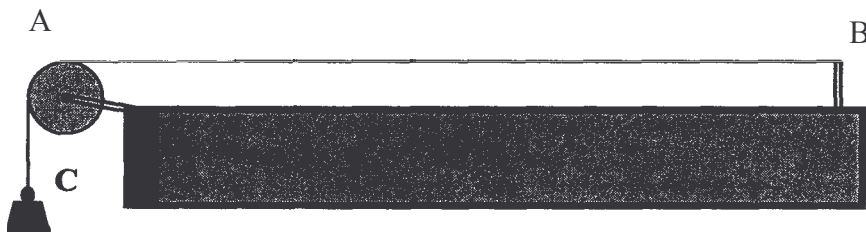
On utilise une corde métallique, de masse linéique  $\mu = 4,35 \cdot 10^4 \text{ kg.m}^{-1}$  qu'on installe sur un support creux qui pourra jouer le rôle de caisse de résonance. L'une des extrémités de la corde (C) passe sur une poulie qui permet d'y suspendre une masse  $m$ . L'autre extrémité est fixée en B.

La célérité  $v$  des ondes mécaniques le long d'une corde soumise à une tension  $T$  (en N) et de masse linéique  $\mu$  est donnée par la

$$\text{relation : } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

La masse  $m$  suspendue en C soumet la corde à une tension  $T = mg$

Données :  $AB = 0,75 \text{ m}$  et  $g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$



On utilise une masse marquée  $m = 4,0 \text{ kg}$  pour mettre le dispositif sous tension et on pince alors la corde en son milieu, on déclenche ainsi une vibration de la corde dans sa partie libre AB, ce qui génère un son.

1.1. Calculer la célérité des ondes mécaniques  $v_1$  dans cette corde.

1.1.1. Dans ces conditions, la corde émet-elle un son pur ou un son composé ?

1.1.2. À quel mode propre de vibration de cette corde correspond la fréquence fondamentale  $f_1$  du son perçu ?

1.1.3. Exprimer la relation entre la fréquence  $f_1$  du son perçu et la longueur  $L = AB$  de la corde, sachant que dans ce cas elle vibre selon un seul fuseau. Calculer la valeur de  $f_1$ .

1.2. On souhaite obtenir, en déclenchant une vibration sonore de la même manière, un son émis plus grave. On dispose de deux masses marquées supplémentaires de valeurs  $m_1 = 2,0 \text{ kg}$  et  $m_2 = 7,0 \text{ kg}$ .

1.2.1. La fréquence  $f_2$  du nouveau son sera-t-elle supérieure ou inférieure à  $f_1$  ?

1.2.2. En déduire comment la nouvelle célérité  $v_2$  doit se situer par rapport à  $v_1$

1.2.3. Par quelle masse marquée faut-il donc remplacer  $m$  pour obtenir un son plus grave ? Justifier la réponse.

### 2. PROPAGATION HERTZIENNE.

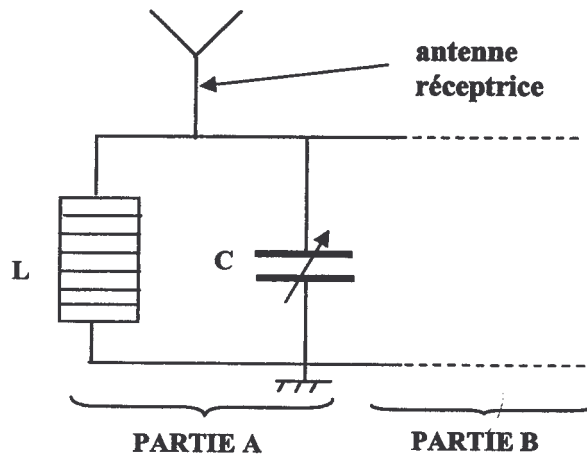
Un poste de radio situé à proximité de l'expérimentateur émet, pendant quelques instants, un son identique celui obtenu par l'appareil de la partie 1.

On considère dans la suite de l'exercice que la fréquence de ce son est égale à  $f_1 = 200 \text{ Hz}$ .

Dans cette partie, on étudie le processus de réception correspondant. Le signal sonore émis par le haut-parleur résulte de la réception d'une onde électromagnétique de fréquence  $F$  par l'antenne du poste de radio.

2.1. Quel est le type de signal généré dans l'antenne réceptrice par les ondes électromagnétiques qu'elle reçoit ?

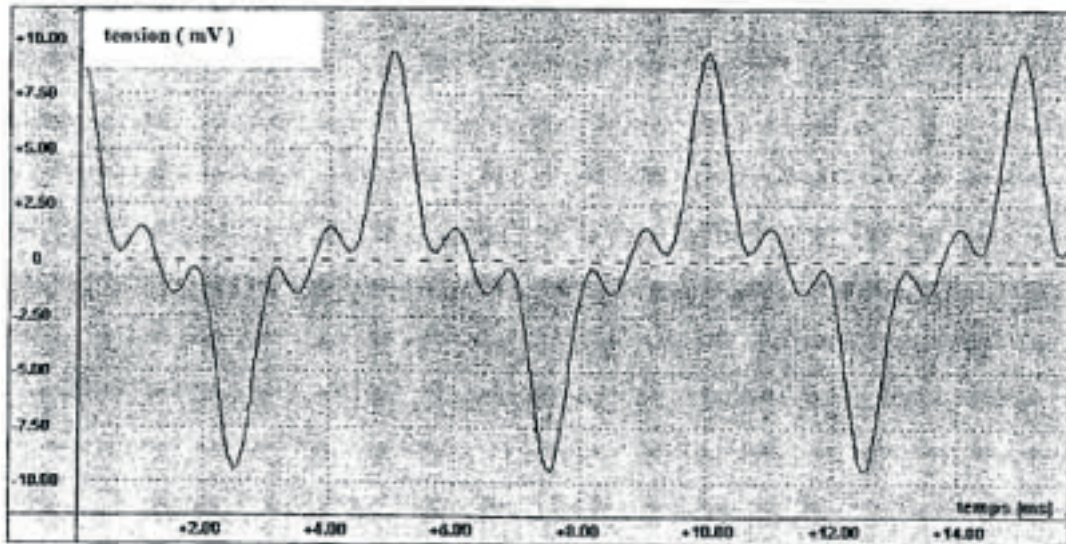
2.2. À la base de l'antenne, on identifie l'élément de circuit suivant, dans lequel on trouve une bobine d'inductance  $L$  et un condensateur de capacité réglable  $C$ . Le bouton de réglage de  $C$  commande également le curseur d'affichage du poste de radio. Dans notre exemple, ce curseur pointe sur  $10 \text{ kHz}$ .



2.2.1. Quel est le rôle de la partie A du circuit, relativement aux signaux électriques issus de l'antenne ?

2.2.2. Dans la situation décrite, quelle est la valeur de la fréquence du signal électrique qui se propage dans la partie B du circuit ?

2.3. On considère que le signal sonore émis par le haut parleur a les mêmes caractéristiques que le signal électrique qu'il reçoit. On réalise l'enregistrement du son dont il est question dans cette partie à l'aide d'un système d'acquisition muni d'un microphone et on obtient la courbe suivante.



2.3.1. Cet enregistrement est-il conforme à votre réponse à la question 1.1.1. ? Justifier la réponse.

2.3.2. Mesurer et vérifier que la période  $T_1$  du signal enregistré est en accord avec la valeur de  $f_1$ .

2.4. Pour obtenir le signal émis par le haut-parleur à partir du signal qui se propage dans la partie B, il est nécessaire de démoduler ce dernier. La partie B du circuit contient donc :

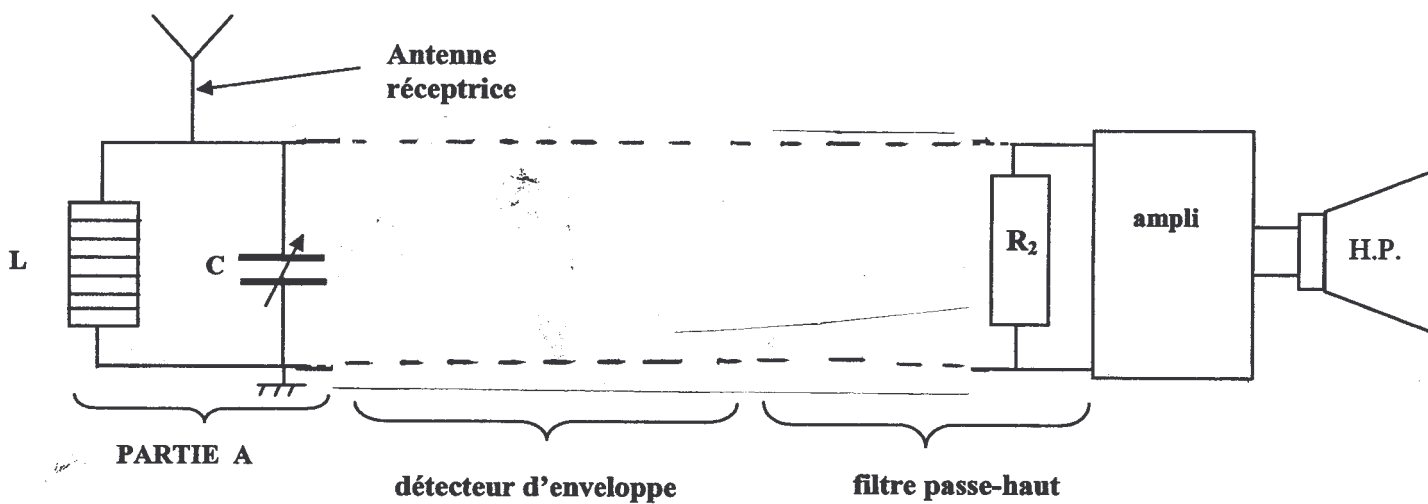
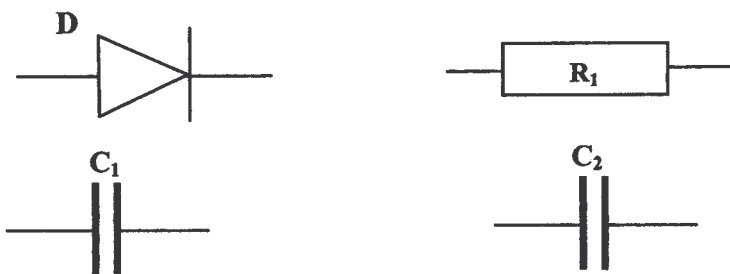
- un détecteur d'enveloppe, constitué à partir d'un condensateur  $C_1$ , d'un conducteur ohmique  $R_1$  et d'une diode  $D$ .
- un filtre passe-haut, constitué à partir d'un condensateur  $C_2$  et d'un conducteur ohmique  $R_2$ .

Dans le schéma de l'ANNEXE 3 à rendre avec la copie, compléter convenablement la partie B du circuit avec  $C_1$ ,  $R_1$ ,  $D$  et  $C_2$  de manière à assurer une bonne démodulation du signal reçu dans la partie A.

# ANNEXE 3 (A rendre avec la copie)

## Spécialité

Compléter le schéma en disposant correctement les quatre composants ci-contre.





# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

## SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'épreuve a été conçue pour être traitée AVEC calculatrice

L'usage des calculatrices EST autorisé

*Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.*

*Les données sont en italique.*

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

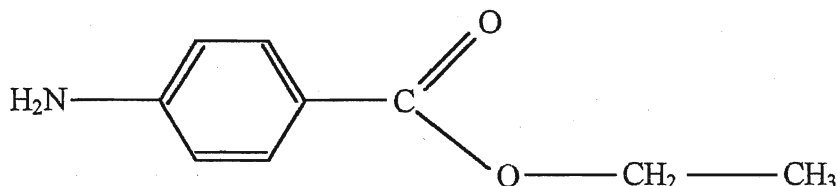
*Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.*

- I. Synthèse d'un médicament, la benzocaïne (4 points).
- II. Systèmes libres et forcés dans une automobile (6,5 points).
- III. À propos des noyaux d'argent (5,5 points).

## EXERCICE I. SYNTHÈSE D'UN MÉDICAMENT, LA BENZOCAÏNE (4 points)

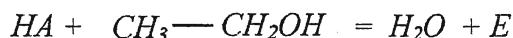
La benzocaïne (4-aminobenzoate d'éthyle) est le principe actif de médicaments pouvant soulager la douleur. Par exemple, il est présent dans une pommade qui traite les symptômes de lésions cutanées (brûlures superficielles, érythèmes solaires).

Dans la suite de l'exercice, la benzocaïne sera notée E. sa formule semi-développée est :



On se propose de préparer la benzocaïne en faisant réagir de l'acide 4-aminobenzoïque, noté ensuite HA et un composé liquide à température ambiante, l'éthanol.

L'équation de la réaction est :



Mode opératoire

Première étape : estérification

- dans un ballon de 100 mL, introduire une masse  $m_{\text{HA}} = 1,30$  g de HA, solide constitué de cristaux blancs et un volume  $V = 17,5$  mL d'éthanol. Agiter doucement dans un bain de glace et ajouter peu à peu 2 mL d'une solution aqueuse concentrée d'acide sulfurique ;
- chauffer à reflux pendant une heure, puis laisser revenir le mélange à température ambiante.

Deuxième étape : séparation de la benzocaïne

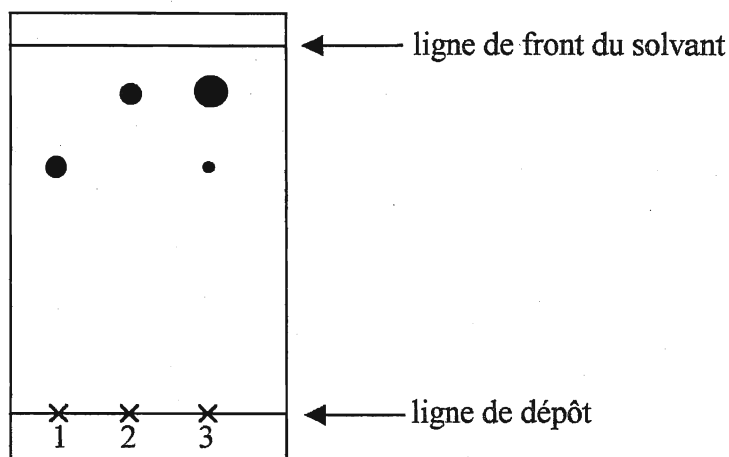
- verser le mélange très acide contenu dans le ballon dans un bécher et y ajouter peu à peu une solution saturée de carbonate de sodium en mélangeant le tout jusqu'à obtenir une solution ayant un pH voisin de 9. On observe un dégagement gazeux et la formation d'un précipité (sulfate de sodium) ;
- filtrer le mélange pour éliminer le précipité ;
- placer le filtrat dans une ampoule à décanter, rincer le bécher avec 15 mL d'éther que l'on ajoute au contenu de l'ampoule, agiter l'ampoule et laisser décanter ;
- récupérer la phase organique dans un erlenmeyer, rincer de nouveau la phase aqueuse avec 15 mL d'éther, laisser décanter et joindre la phase organique à celle déjà présente dans l'erlenmeyer ;
- ajouter un peu de sulfate de magnésium anhydre au contenu de l'erlenmeyer, laisser au contact quelques minutes puis filtrer ;
- évaporer le solvant de la phase organique sous hotte ; une huile apparaît qui se solidifie dans un bain de glace ;
- filtrer sur büchner ; laver le solide obtenu à l'eau, le sécher ;
- peser le solide obtenu.

Troisième étape : vérification de la pureté du produit

Afin de vérifier la pureté du produit préparé, on effectue une chromatographie sur couche mince. Tous les échantillons à étudier sont d'abord dissous dans l'éthanol.

- réaliser les dépôts de gauche à droite dans l'ordre suivant : le dépôt 1 correspond à l'acide HA, le dépôt 2 à la benzocaïne pure, le dépôt 3 au solide obtenu à la fin de la deuxième étape ;
- placer la plaque dans une cuve de chromatographie contenant l'éluant ;
- après élution, sortir la plaque, repérer le front de solvant, sécher, révéler sous UV pour repérer les différentes taches.

Le chromatogramme obtenu après révélation est fourni ci-après.



Données :

Valeurs de  $pK_A$  à 25 °C :  $pK_A(HA(aq)/A^-(aq)) = 4,9$  ; on rappelle que l'ion carbonate est une base.

Quelques solubilités :

Solubilité dans 100 mL	HA : acide 4-aminobenzoïque	NaA : 4-aminobenzoate de sodium	E : benzocaïne	éthanol	éther
d'eau	très faible	très soluble	très faible	infinie	7,5 g
d'éthanol	11,3 g	très faible	20,0 g		infinie
d'éther	8,2 g	très faible	14,3 g	infinie	

Masses volumiques : eau :  $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$  ; éther :  $0,79 \text{ g.cm}^{-3}$

### 1. À propos de l'estérification.

- 1.1. La benzocaïne est un ester. Recopier sa formule et entourer le groupe caractéristique justifiant l'appartenance à cette famille.
- 1.2. Écrire la formule semi-développée de l'acide HA.
- 1.3. Citer deux caractéristiques de la réaction d'estérification.

### 2. Quelques justifications de certaines opérations du mode opératoire.

#### 2.1. À propos de la première étape.

- 2.1.1. Quel est le rôle des ions hydronium apportés par l'acide sulfurique ?
- 2.1.2. Pourquoi faut-il chauffer ? Et pourquoi à reflux ?
- 2.1.3. L'éthanol est le réactif en excès. Quel est l'intérêt d'un tel excès dans ce type de transformation chimique ?

#### 2.2. À propos de la deuxième étape.

- 2.2.1. Pourquoi ajouter la solution de carbonate de sodium ?
- 2.2.2. Quelle est l'espèce prédominante du couple  $HA(aq)/A^-(aq)$  présente dans le bécher après ajout de la solution de carbonate de sodium ? Justifier la réponse.
- 2.2.3. En déduire dans quelle phase se trouve cette espèce dans l'ampoule à décanter ?
- 2.2.4. Faire le schéma annoté de l'ampoule à décanter. Préciser sur le schéma les différentes phases.
- 2.2.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium ?

#### 2.3. À propos de la troisième étape.

Le solide synthétisé est-il pur ? Justifier.

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

---

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

---

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

---

**L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

*Les données sont en italique*

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.

**Les feuilles annexes (page 10, 11 et 12) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE.**

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

- I. Comme un poisson dans l'eau (6,5 points)
- II. La vie d'une bulle (5,5 points)
- III. Microscope classique et microscope confocal (4 points)

### EXERCICE III. MICROSCOPE CLASSIQUE ET MICROSCOPE CONFOCAL (4 POINTS)

Depuis une vingtaine d'années la microscopie confocale a connu un développement considérable. Ces microscopes équipent maintenant un grand nombre de laboratoires de biologie. Par rapport à la microscopie optique classique, la microscopie confocale permet de réaliser l'image d'un plan à l'intérieur d'un échantillon transparent (par exemple dans le cas d'une cellule biologique). À partir d'une série d'images des différents plans de l'échantillon on peut reconstruire, en utilisant l'outil informatique, l'image tridimensionnelle de l'objet étudié.

La première partie de cet exercice concerne l'étude d'un microscope optique classique.  
La seconde partie illustre le principe de fonctionnement d'un microscope confocal.  
Dans tout l'exercice, les figures ne sont pas réalisées à l'échelle.

**Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.**

#### 1. Étude du microscope optique classique

L'objet éclairé  $AB$  (par exemple une cellule musculaire) est positionné sur la platine porte-échantillon, solidaire du bâti du microscope (**figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**). L'objectif est modélisé par une lentille mince convergente ( $L_1$ ) de centre optique  $O_1$  et de distance focale  $\overline{O_1F'_1} = f'_1 = 4,5 \text{ mm}$ . L'oculaire est modélisé par une lentille mince convergente ( $L_2$ ) de centre optique  $O_2$  et de distance focale  $\overline{O_2F'_2} = f'_2$  supérieure à  $f'_1$ . La distance  $\Delta = \overline{F'_1F_2}$  entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire, appelée intervalle optique, est imposée par le constructeur et est égale à  $180 \text{ mm}$ .

##### 1.1. Position de l'image intermédiaire $A_1B_1$

1.1.1. Construire sur la **figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE** l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet  $AB$ .

1.1.2. Rappeler la formule de conjugaison des lentilles minces (relation de Descartes) qui permettrait de calculer la position de l'image  $A_1B_1$ .

##### 1.2. Observation de l'objet à travers le microscope

1.2.1. Quel est le rôle joué par l'image intermédiaire  $A_1B_1$  pour l'oculaire ( $L_2$ ) ?

1.2.2. Le biologiste désire observer la cellule sans fatigue, c'est à dire sans accommoder. Dans ce cas l'image définitive  $A'B'$  donnée par le microscope doit se situer à l'infini.

Où doit se former l'image intermédiaire  $A_1B_1$  pour répondre à cette condition ?

1.2.3. Sur la **figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, placer, dans ce cas les foyers de la lentille ( $L_2$ ).

##### 1.3. Calcul du grandissement

1.3.1. Rappeler la formule définissant le grandissement pour la lentille mince ( $L_1$ ) dans le cas étudié.

1.3.2. En s'aidant de la **figure 1**, montrer que le grandissement  $\gamma_1$  de l'objectif peut s'écrire

$$\gamma_1 = \frac{-\Delta}{f'_1}.$$

1.3.3. Calculer la valeur algébrique du grandissement  $\gamma_1$ . Que peut-on dire de l'inscription « x 40 » inscrite sur la monture de l'objectif ?

## 2. Étude du microscope confocal

De nos jours on préfère souvent l'acquisition d'images numériques à la visualisation directe de l'image. Pour cela on peut utiliser un capteur d'image appelé « capteur CCD ».

Le microscope classique est alors modifié de la façon suivante : on supprime l'oculaire ( $L_2$ ) et on positionne le capteur CCD dans le plan de l'image intermédiaire donnée par l'objectif ( $L_1$ ), en le centrante sur l'axe optique. Par extension ce système imageur continuera à être appelé microscope.

Pour réaliser un « microscope confocal », on introduit également un diaphragme de petite taille (par exemple  $50 \mu\text{m}$ ), lui aussi centré sur l'axe optique, dans le plan du capteur : de cette façon l'ensemble {capteur CCD + diaphragme} permet de réaliser un détecteur quasi ponctuel.

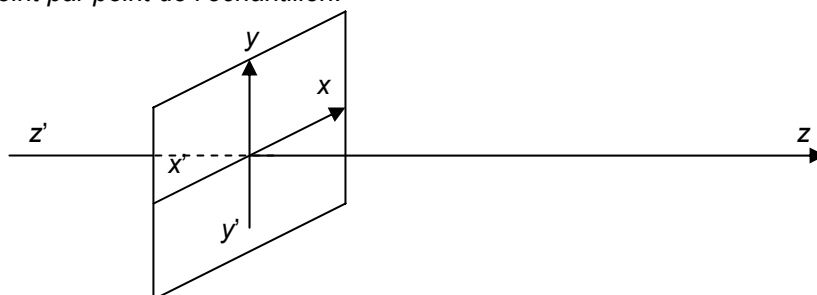
2.1. Sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, on a construit le faisceau lumineux issu du point objet A limité par les bords de la lentille.

2.1.1. On s'intéresse d'abord au point B de la cellule biologique n'appartenant pas à l'axe optique. Sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, construire l'image  $B_1$  du point B ainsi que le faisceau lumineux issu de B passant par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

2.1.2. On s'intéresse ensuite au point D de la cellule biologique. Sur la **figure 3 EN ANNEXE PAGE 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, construire l'image  $D_1$  du point D et le faisceau lumineux issu du point D limité par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

2.1.3. En utilisant les **figures 2 et 3** complétées précédemment **DE L'ANNEXE EN PAGE 11 ET 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, montrer que la plus grande partie de la lumière détectée par le capteur est émise par le point A et non par les points B ou D.

2.2. Le système {capteur CCD + diaphragme} étant fixe et centré sur l'axe optique, il est nécessaire de déplacer l'objet pour former successivement toutes les images des points situés entre A et B. Pour cela on utilise une platine porte-échantillon motorisée. Cette platine permet un déplacement dans les trois directions  $x$ ,  $y$  et  $z$  (voir figure ci-dessous). On construit alors point par point l'image d'un plan de l'échantillon. Pour cette raison, on appelle cette technique, « microscopie à balayage ». Par opposition à la microscopie classique, elle nécessite donc un temps d'acquisition correspondant au déplacement point par point de l'échantillon.



Selon quel axe et dans quel sens faut-il déplacer l'échantillon et où faut-il placer l'objet AB de façon à pouvoir détecter l'image du point B ? Positionner alors l'objet AB sur la **figure 4 EN ANNEXE PAGE 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE** ; tracer le faisceau issu de B et limité par les bords de la lentille.

2.3. En utilisant le même système d'axes, indiquer comment il faut déplacer l'échantillon pour acquérir l'image du point D de la cellule biologique ?

La microscopie confocale permet ainsi d'acquérir une série d'images des plans en profondeur dans un échantillon transparent et par suite, grâce à un traitement informatique, des informations sur la structure spatiale de l'échantillon.

## ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

## ANNEXE DE L'EXERCICE III

Attention : les schémas ne sont pas à l'échelle et la figure 2. n'est pas à la même échelle horizontale que la figure 1.

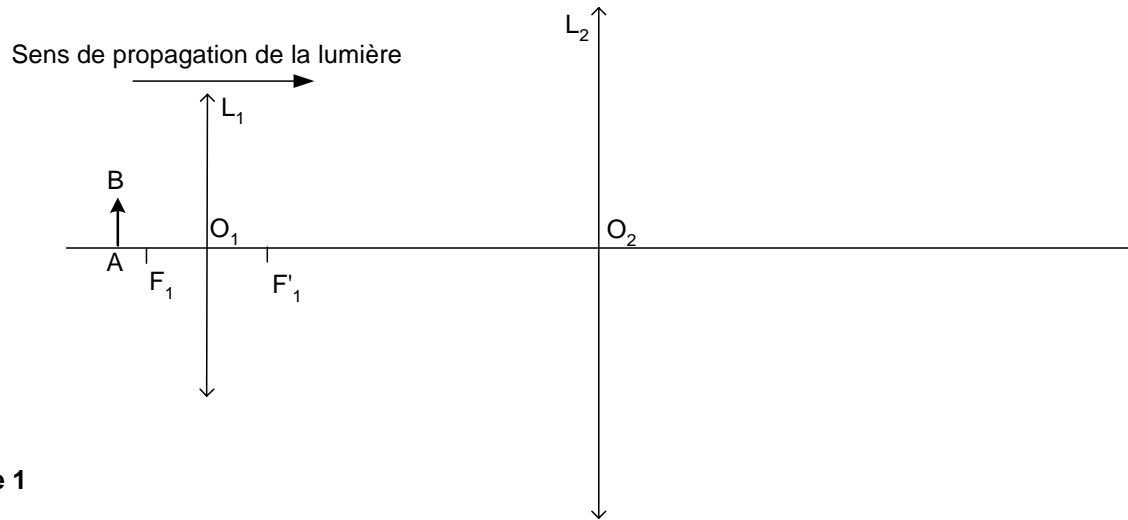


Figure 1

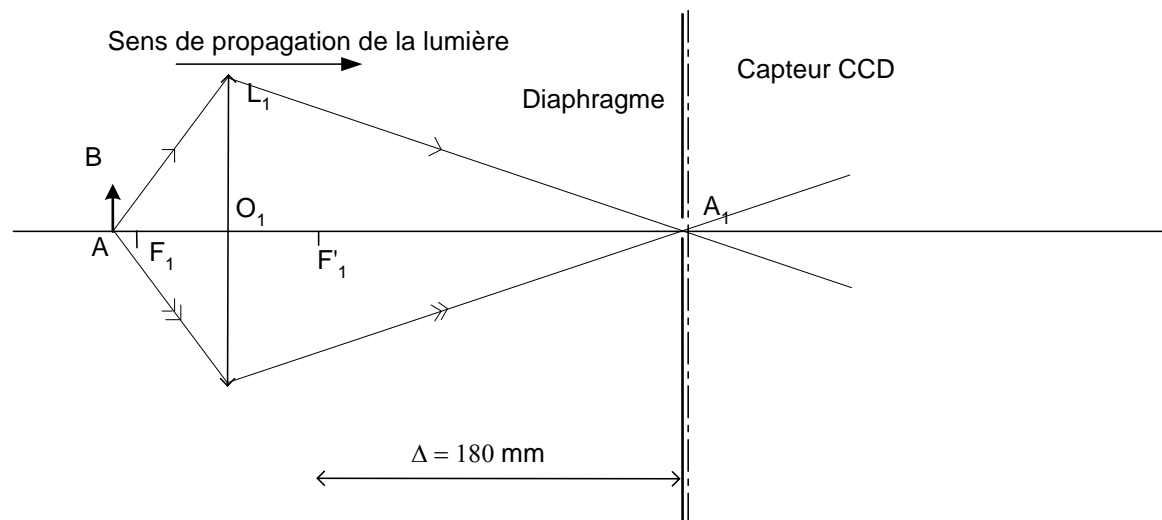


Figure 2

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

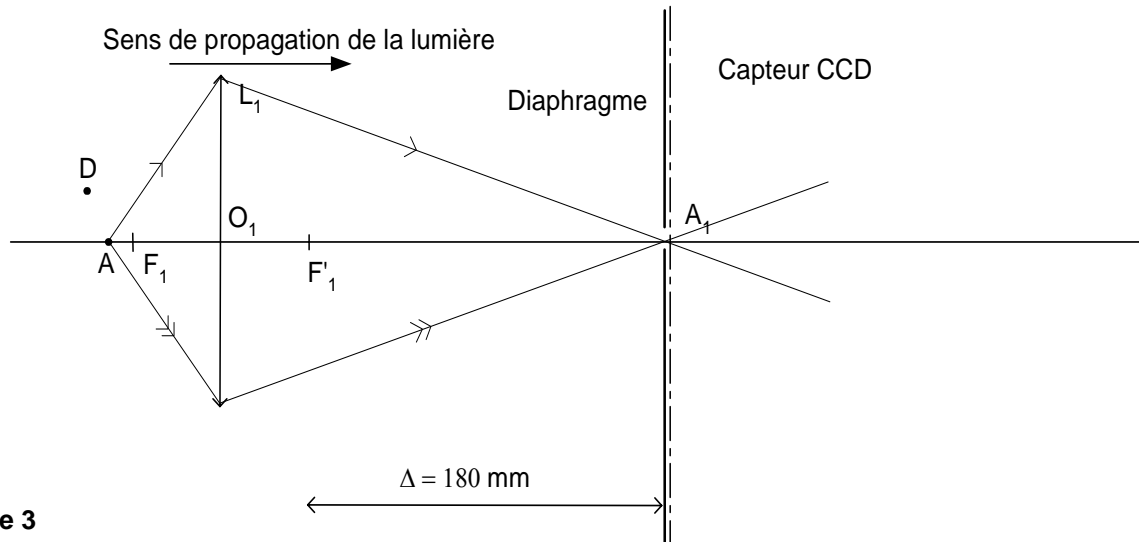


Figure 3

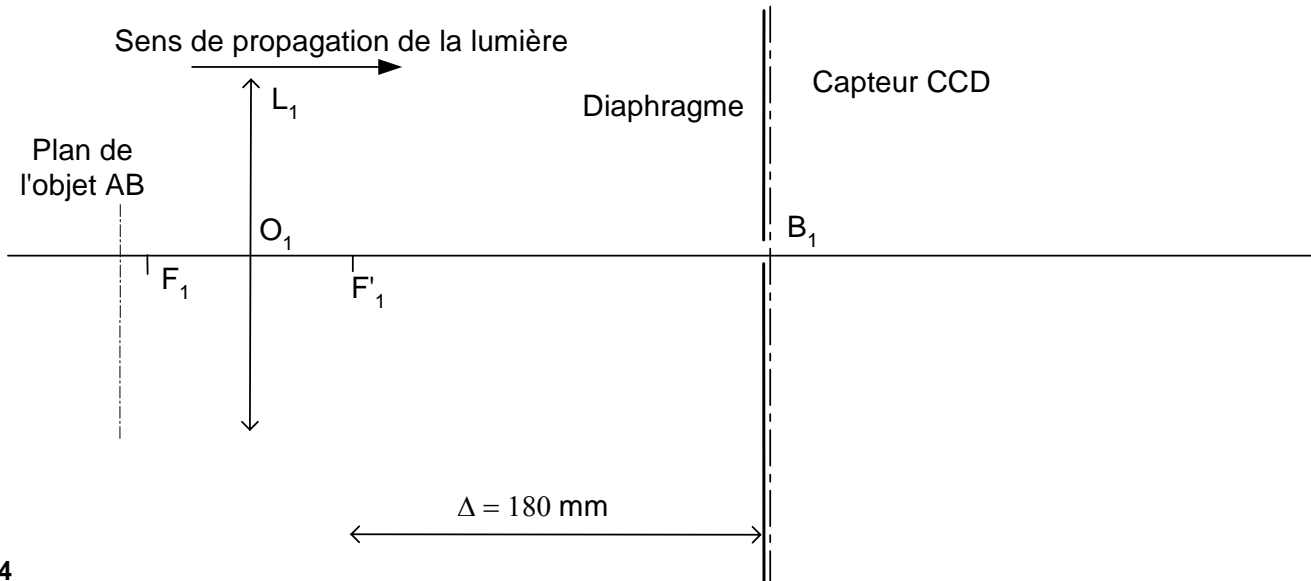


Figure 4



### Exercice n°3 spécialité (4 points)

## DOSAGE DES IONS CUIVRE (II)

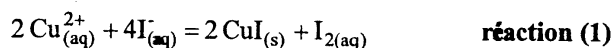
Le but de l'exercice est d'illustrer le dosage de solutions parfois utilisées en hydrométallurgie et contenant des ions cuivre (II) :  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$ .

On dispose d'une solution  $S_1$  contenant des ions  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$ .

### 1. UNE PREMIÈRE MÉTHODE DE DOSAGE

Cette méthode met en jeu deux réactions successives : on prélève un volume  $V_1 = 20,0$  mL de la solution  $S_1$  que l'on place dans un erlenmeyer, on ajoute une solution d'iodure de potassium ( $\text{K}_{(\text{aq})}^+ + \text{I}_{(\text{aq})}^-$ ).

La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :

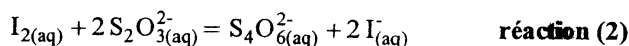


On dose ensuite le diode formé  $\text{I}_{2(\text{aq})}$  par une solution de thiosulfate de sodium ( $2 \text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ ) :

l'erlenmeyer est placé sous une burette contenant la solution de thiosulfate de sodium telle que  $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}] = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence est repérée grâce à la décoloration d'empois d'amidon ajouté.

Le volume de solution de thiosulfate de sodium ajouté est alors  $V_E = 12,4$  mL.

La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :



1.1. Quelques questions sur cette méthode de dosage.

1.1.1. Dans la réaction (1), il est nécessaire que l'ion iodure  $\text{I}_{(\text{aq})}^-$  soit en excès par rapport aux ions cuivre  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$ . Justifier cette nécessité.

**On considérera que cette condition est vérifiée par la suite.**

1.1.2. La méthode proposée constitue-t-elle un dosage direct ou indirect des ions  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$  ? Justifier votre réponse.

1.2. Exploitation du dosage.

On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

1.2.1. Quelle relation lie les quantités de diiode  $n_{\text{I}_2}$  et d'ions thiosulfate  $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$  ayant réagi à l'équivalence ?

1.2.2. Quelle relation lie les quantités de diiode  $n_{\text{I}_2}$  et d'ions cuivre  $n_{\text{Cu}^{2+}}$  mises en jeu lors de la réaction (1) ?

1.2.3. En déduire la concentration  $[\text{Cu}^{2+}]$  de la solution  $S_1$  en ion cuivre (II).

## 2. DEUXIÈME MÉTHODE DE DOSAGE

On veut maintenant réaliser le dosage spectrophotométrique de la solution  $S_1$ .

Pour cela, on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{SO}_{4(\text{aq})}^{2-}$ ) à partir d'une solution mère  $S_m$  de concentration  $c_m = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ . La teinte bleue de ces solutions est due à la présence des ions  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$ .

Solution	$S_m$	$S_{d1}$	$S_{d2}$	$S_{d3}$	$S_{d4}$	$S_{d5}$
$[\text{Cu}^{2+}]$ ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	0,500	0,250	0,200	0,100	0,050	0,010

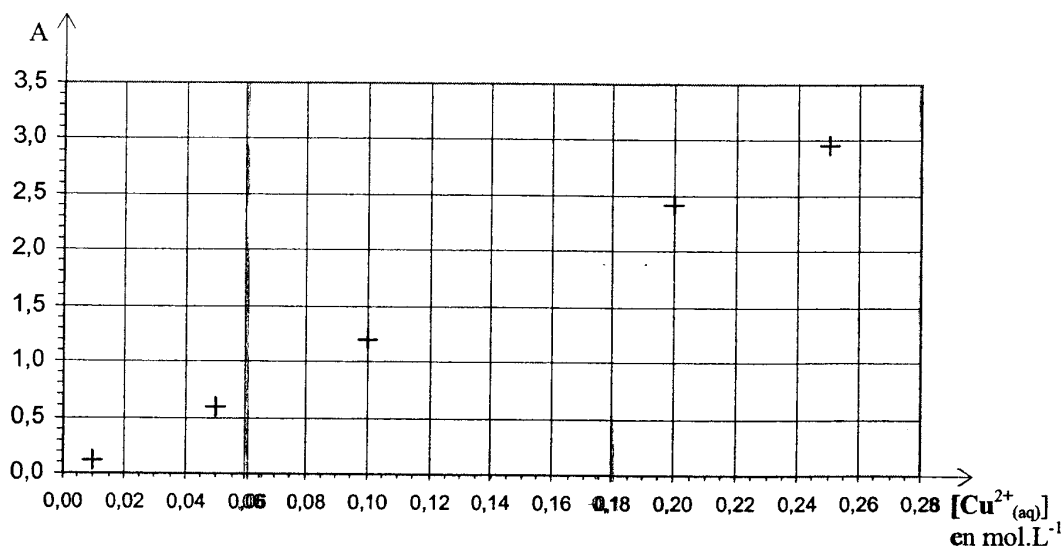
2.1. Préparation d'une solution diluée : décrire soigneusement la préparation de 50 mL de la solution  $S_{d2}$  à partir de la solution mère  $S_m$  sachant que l'on dispose de la verrerie suivante :

- fioles jaugées de 25 mL, 50 mL, 100 mL ;
- pipettes jaugées de 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- béchers de 50 mL et de 100 mL ;
- éprouvettes graduées de 20 mL et 50 mL.

2.2. Mesure de l'absorbance de chacune des solutions avec un spectrophotomètre.

2.2.1. L'opérateur introduit de l'eau distillée dans une cuve qu'il place dans le spectrophotomètre, il règle alors l'absorbance sur la valeur "zéro". Justifier cette opération.

2.2.2. On mesure l'absorbance des solutions préparées. Les points expérimentaux sont présentés sur le graphique suivant :



La loi de Beer-Lambert  $A = k \cdot [\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}]$  est-elle vérifiée ?

2.3. Détermination de la concentration de la solution  $S_1$ .

On prélève 25,0 mL de cette solution que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 mL dont on complète le niveau avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, l'absorbance de cette solution  $S_2$  est mesurée : on trouve  $A = 1,5$ .

Déterminer graphiquement la concentration en ions  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$  de la solution  $S_2$ . En déduire celle de la solution  $S_1$ .

2.4. La méthode employée constitue-t-elle un dosage par titrage ou un dosage par étalonnage ? Justifier.

### **3. VALIDITÉ DES DOSAGES.**

#### **3.1. Préparation de la solution S<sub>1</sub>.**

En réalité, la solution S<sub>1</sub> a été préparée par dissolution de **sulfate** de cuivre pentahydraté **solide** (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) de masse molaire M = 249,6 g.mol<sup>-1</sup>.

Une masse m = 15,6 g de ce produit est utilisée pour préparer un volume V = 250 mL de solution, déterminer la concentration en ions Cu<sub>(aq)</sub><sup>2+</sup> de cette solution.

#### **3.2. Conclure sur la validité des dosages effectués précédemment. Justifier votre réponse.**

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

## SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'épreuve a été conçue pour être traitée AVEC calculatrice

L'usage des calculatrices EST autorisé

*Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.*

*Les données sont en italique.*

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. Seule l'annexe (page A1), située à la fin du sujet, est À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

- I. Titrage des ions cuivre (II) (4 points).
- II. Thermomètre de Galilée (5 points).
- III. Évolution temporelle des systèmes physiques et chimiques (7 points).

## EXERCICE I. TITRAGE DES IONS CUIVRE (II) (4 points)

Le sulfate de cuivre a des propriétés fongicides connues depuis fort longtemps. Il intervient par exemple dans la "bouillie bordelaise", préparation destinée à protéger les vignes du mildiou (maladie de la vigne provoquée par un champignon). Mais le cuivre est aussi un oligoélément, indispensable au métabolisme. Des études ont montré que du sulfate de cuivre mélangé en très faible quantité aux aliments (quelques dizaines de mg/kg) favorise la croissance des porcs et des poulets de chair.

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on souhaite déterminer la concentration en ions cuivre (II)  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre notée S dans la suite du texte. Les ions  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  colorent les solutions aqueuses en bleu.

### 1. À propos des dosages.

1.1. Que signifie "doser une espèce chimique" ?

1.2. Pour déterminer la concentration en ions cuivre (II) d'une solution aqueuse, on peut réaliser un titrage.

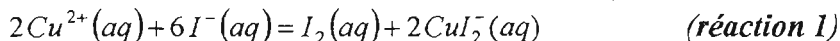
Citer une autre méthode utilisable.

La solution S, très peu concentrée en ions  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ , est pratiquement incolore. Pour déterminer la concentration des ions  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ , on décide de réaliser un titrage.

### 2. Principe du titrage.

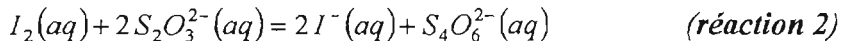
On fait réagir les ions cuivre (II) de la solution à titrer avec des ions iodure introduits en très large excès. Il se forme du diiode et des ions complexes diiodocuprate  $\text{CuI}_2^-(\text{aq})$ .

L'équation de la réaction modélisant cette transformation supposée totale s'écrit :



Le diiode formé est titré à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium de concentration bien déterminée.

L'équation de la réaction modélisant cette transformation, également supposée totale, s'écrit :



2.1. Le titrage des ions  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  réalisé est-il un titrage direct ou indirect ? Justifier.

2.2. Pourquoi les deux transformations doivent-elles être totales ?

2.3. Quelle autre caractéristique doit posséder la transformation 2 pour servir de support au titrage ?

2.4. Indiquer les deux couples oxydant/réducteur mis en jeu dans la réaction 2 en précisant pour chaque couple l'oxydant et le réducteur.

### 3. Protocole.

Verser 20,0 mL de solution S dans un bécher. Mettre un barreau aimanté (turbulent) puis placer le bécher sur l'agitateur magnétique. Ajouter à la spatule de l'iodure de potassium KI(s) tout en agitant doucement. La solution se teinte en brun et se trouble. Le trouble provient de la formation d'un précipité d'iodure de cuivre  $\text{CuI}(s)$ . Continuer à ajouter lentement l'iodure de potassium jusqu'à disparition totale du précipité. La solution brune est alors limpide et prête à être titrée. On admet que l'ajout d'iodure de potassium se fait sans variation du volume de la solution.

Réaliser le titrage de la solution S' obtenue par une solution de thiosulfate de sodium. Lorsque la solution S' devient jaune pâle, ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon (ou de thiodène) puis poursuivre le titrage goutte à goutte jusqu'à disparition complète de la coloration bleue.

3.1. Quelle verrerie faut-il utiliser pour prélever les 20,0 mL de solution S ? Justifier le choix.

3.2. Quelle est l'espèce chimique présente dans le bécher, responsable de la coloration brune de la solution ? Justifier.

3.3. Quel est le rôle de l'empois d'amidon (ou du thiodène) ?

#### 4. Calcul de la concentration en ions cuivre $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ de la solution S.

4.1. Rappeler la définition du terme “équivalence” utilisé lors d'un titrage.

4.2. Montrer qu'à l'équivalence du titrage, la quantité  $n(\text{I}_2)$  de diiode initialement présente dans la solution S' est liée à la quantité  $n_T$  de thiosulfate de potassium versée par la relation  $n(\text{I}_2) = n_T/2$

*On pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique relatif à la transformation 2.*

4.3. Application numérique : calculer la quantité de diiode initialement présente dans la solution S'.

*Données :* concentration en ions thiosulfate de la solution titrante :  $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]_{\text{aq}} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

*Volume de thiosulfate de potassium versé à l'équivalence :  $v_E = 12,0 \text{ mL}$*

4.4. Quelle relation lie la quantité de diiode  $n(\text{I}_2)$  calculée à la question précédente et la quantité  $n_0$  d'ions  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  présente dans les 20,0 mL de solution S ? Calculer  $n_0$ .

*On pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique relatif à la réaction 1.*

4.5. En déduire la concentration en ions  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  de la solution S.

## EXERCICE III. TRANSMISSION D'UN SIGNAL MODULÉ EN AMPLITUDE (4 POINTS)

On veut transmettre, entre des points éloignés, des signaux (sons ou images par exemple) dont la portée est très limitée. La modulation d'amplitude permet cette transmission.

On envisage dans cet exercice un signal à transporter, sinusoïdal, correspondant à un son audible. Ce signal sonore est utilisé pour produire une tension électrique sinusoïdale, de même fréquence, qui sert à moduler en amplitude une tension également sinusoïdale, dite porteuse. Cette tension modulée génère une onde électromagnétique.

L'émission (comme la réception) du signal modulé se fait avec une antenne métallique. Dans le cas d'une antenne linéaire, on montre qu'un bon fonctionnement de l'ensemble impose à l'antenne d'être d'une taille comparable à la longueur d'onde du signal émis.

Données :

Célérité de la lumière dans l'air  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

Domaine de fréquences des sons audibles : [20 Hz ; 20 kHz].

### 1. Une des raisons de la modulation

1.1. Si une station émettait directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore, à quel intervalle de longueurs d'onde appartiendrait ce signal électromagnétique ?

1.2. En se servant du texte introductif, avancer une raison pour laquelle les stations de radio n'émettent pas directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore.

### 2. Étude de la modulation

Lors d'une séance de travaux pratiques, un élève réalise des expériences qui illustrent l'émission et la réception d'un signal sinusoïdal de fréquence  $f_m = 500 \text{ Hz}$ .

2.1. Recopier la phrase suivante en la complétant par les termes convenables choisis dans la liste suivante :

*affine, faible, sinusoïdal(e), modulant(e), élevé(e), modulé(e)*

L'onde porteuse est un signal sinusoïdal de fréquence  $f_p$  ..... . Le signal modulé a une amplitude qui est une fonction ..... du signal .....

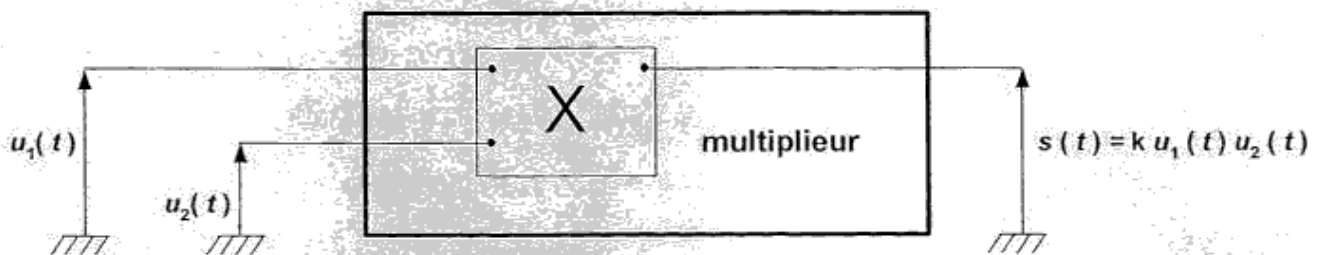
2.2. Pour réaliser une modulation d'amplitude, les élèves utilisent un montage multiplieur (représenté sur la figure ci-dessous) agissant sur les tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  dont les expressions sont :

$$u_1(t) = U_0 + U_m \cos(2\pi f_m t)$$

$$u_2(t) = U_p \cos(2\pi f_p t)$$

avec  $U_m \cos(2\pi f_m t)$  la tension modulante,  $U_0$  une tension constante positive et  $u_2(t) = U_p \cos(2\pi f_p t)$  la tension porteuse.

Ce montage délivre une tension de sortie  $s(t)$  telle que  $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$ , où  $k$  est un coefficient caractéristique du multiplieur.



2.2.1. Quelle est l'unité du coefficient  $k$  ?

2.2.2. La tension de sortie  $s(t)$  peut se mettre sous la forme :

$$s(t) = A [ 1 + m \cos (2\pi f_m t) ] \cos (2\pi f_p t)$$

$$\text{avec } A = kU_oU_p \text{ et } m = \frac{U_m}{U_o} \text{ (taux de modulation).}$$

On veut éviter la surmodulation qui se produit lorsque l'amplitude du signal modulant est supérieure à  $U_o$ .

Dans quel intervalle de valeurs doit se situer le taux de modulation  $m$  pour réaliser une bonne modulation d'amplitude ?

2.3. L'élève visualise la tension  $s(t)$  à l'aide d'un oscilloscope. Il obtient la courbe suivante :

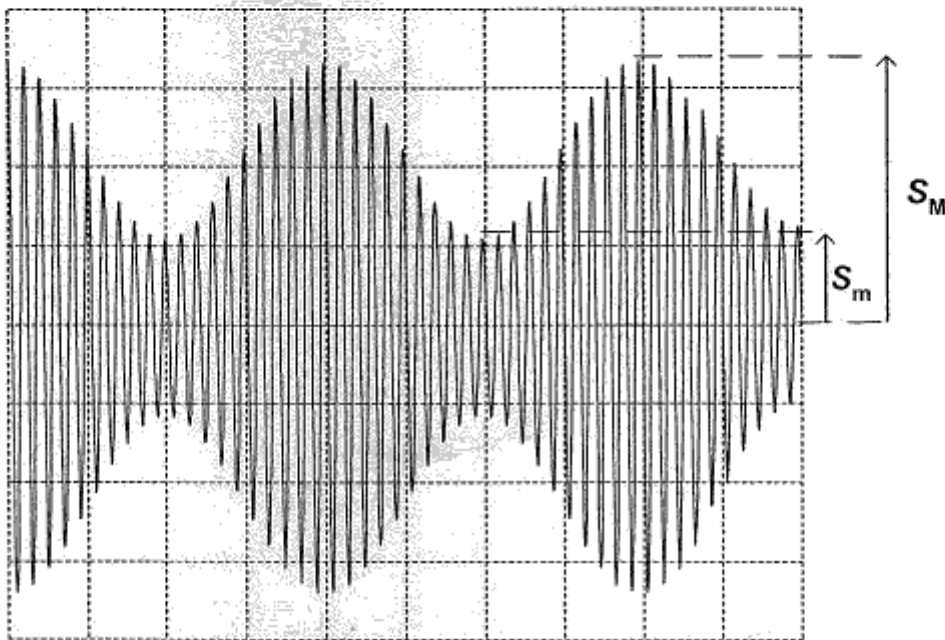


Figure 1

Réglages de l'oscilloscope:

Balayage : 0,5 ms /div

Sensibilité verticale : 0,5 V/div

On montre que le taux de modulation  $m$  peut s'exprimer selon la relation :

$$m = \frac{S_M - S_m}{S_M + S_m}$$

Les grandeurs  $S_M$  et  $S_m$  sont représentées sur la figure 1.

2.3.1. À partir de la figure 1, déduire une valeur numérique approchée de  $m$ .

2.3.2. Vérifier que la fréquence de la porteuse utilisée est  $f_p = 10$  kHz.



### 3. Réception du signal modulé et démodulation.

La tension  $s(t)$  est appliquée à une antenne qui émet alors un signal électromagnétique reproduisant les mêmes variations que  $s(t)$ .

Un peu plus loin, l'élève place une antenne réceptrice servant à capter le signal. Cette antenne est reliée à un circuit électrique (voir figure 2) comportant plusieurs parties aux fonctions distinctes. On appelle  $u_f(t)$  la tension mesurée en bout de chaîne.

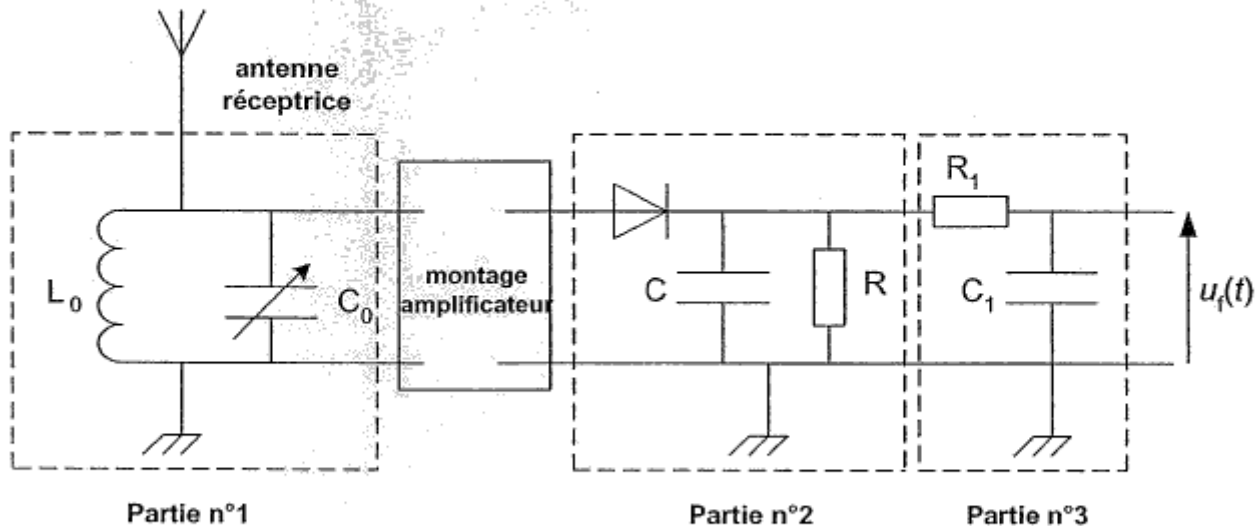


Figure 2

3.1. La partie n°1 est constituée d'une bobine d'inductance  $L_0 = 2,5 \text{ mH}$  et d'un condensateur de capacité  $C_0$  ajustable, l'ensemble constituant un dipôle  $L_0C_0$  en dérivation. Ce dipôle oscille avec une fréquence propre dont l'expression est :  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0C_0}}$ .

On rappelle que la fréquence de la porteuse est  $10 \text{ kHz}$  et celle du signal modulant  $500 \text{ Hz}$ .

3.1.1. Quelle est la fonction de cette partie dans le montage ?

3.1.2. Quelle valeur doit-on choisir pour  $C_0$  pour que cette fonction soit effectivement remplie ?

Aide au calcul :  $\pi^2 \approx 10$

3.2. La partie n°2 comprend une diode, un conducteur ohmique de résistance  $R$  et un condensateur de capacité  $C$ . Cet ensemble constitue ce que l'on appelle un détecteur de crête. Sa fonction est d'obtenir une tension proportionnelle à la tension  $u_1(t)$  introduite à la question 2.

Pour obtenir une bonne démodulation, la constante de temps du dipôle  $RC$  doit être très supérieure à la période du signal porteur et inférieure à la période du signal modulant.

Sachant que  $C = 500 \text{ nF}$ , choisir parmi les valeurs suivantes, en justifiant le choix, la valeur de  $R$  qui vous paraît la mieux convenir pour remplir convenablement cette fonction :

$20 \Omega$  ;  $200 \Omega$  ;  $2,0 \text{ k}\Omega$  ;  $20 \text{ k}\Omega$ .

3.3. Quel est le rôle de la partie n°3 ?