

# **BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**Session 2009**

**PHYSIQUE-CHIMIE**

**Série S**

**Enseignement de Spécialité**

**Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8**

**L'usage des calculatrices est autorisé.**

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

**Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12**

**La feuille annexe (page 12/12)  
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

### EXERCICE I : LE HOCKEY SUR GAZON (5 points)

Pratiqué depuis l'Antiquité sous le nom de « jeu de crosses », le hockey sur gazon est un sport olympique depuis 1908. Il se pratique sur une pelouse naturelle ou synthétique, de dimensions quasi identiques à celles d'un terrain de football. Chaque joueur propulse la balle avec une crosse ; l'objectif étant de mettre la balle dans le but.

Dans cet exercice, on étudie le mouvement de la balle de centre d'inertie  $G$  et de masse  $m$ , dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Cette étude peut être décomposée en deux phases.

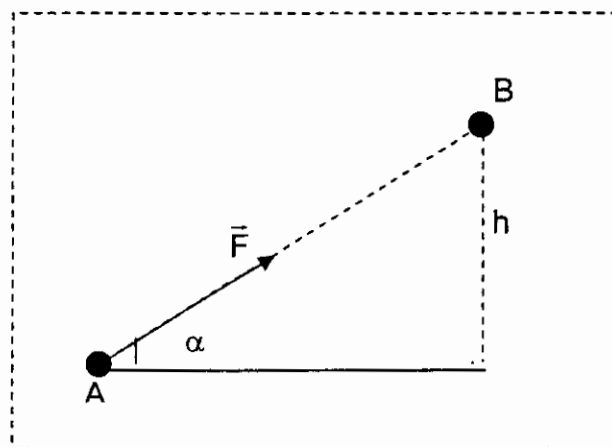
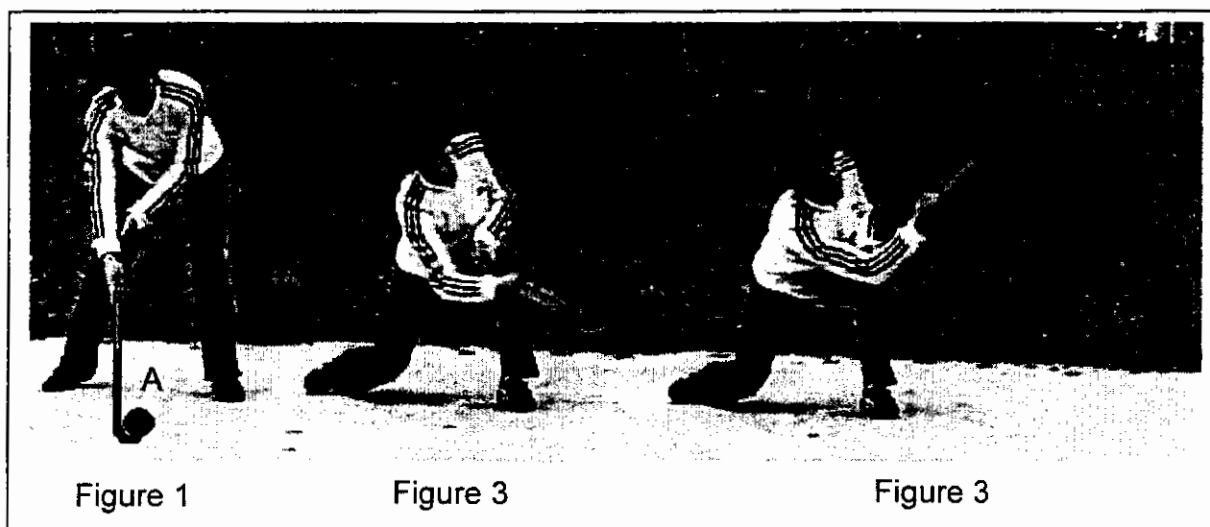


Figure 4

Les parties A, B et C sont indépendantes.

## A - Première phase

Durant cette phase, on néglige toutes les actions liées à l'air ainsi que le poids de la balle.

1. La première phase est illustrée par les figures 1 et 2 représentées sur la photographie ci-dessus et schématisée par la figure 4.

Au point A, la balle est immobile. Entre les points A et B, elle reste en contact avec la crosse. La force  $\vec{F}$  exercée par la crosse sur la balle, supposée constante, est représentée sur la figure 4. Le segment AB représentant la trajectoire de la balle est incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec l'horizontale.

Données :

- masse de la balle :  $m = 160 \text{ g}$
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton et l'appliquer à la balle lors de son trajet entre A et B.

1.2. Que peut-on dire de la nature du mouvement de la balle entre A et B?

2. La force  $\vec{F}$  s'exerce pendant une durée  $\Delta t = 0,11 \text{ s}$ . La balle part du point A sans vitesse initiale et arrive en B avec une vitesse  $\vec{v}_B$  telle que  $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$ .

2.1. Donner l'expression du vecteur accélération en fonction du vecteur vitesse.

2.2. Calculer la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la balle entre les points A et B.

3. En utilisant les résultats obtenus en 1.1.2, calculer l'intensité de la force exercée sur la balle par la crosse. L'hypothèse concernant le poids de la balle est-elle justifiée ?

## B - Deuxième phase

Au point B, la balle quitte la crosse à la date  $t = 0$  avec le vecteur vitesse  $\vec{v}_B$  contenu dans le plan  $(xOz)$  ; c'est la deuxième phase du mouvement correspondant à la figure 3 de la photographie.

On néglige toutes les actions liées à l'air.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la balle dans le champ de pesanteur supposé uniforme.

Le système d'axes utilisé est représenté sur le schéma ci-dessous : l'axe Ox est horizontal dirigé vers la droite et Oz est vertical et dirigé vers le haut. L'origine des axes est située à la verticale du point B telle que  $OB = h = 0,40 \text{ m}$ .



1. Trajectoire de la balle.

1.1. Donner l'expression des coordonnées  $v_{Bx}$  et  $v_{Bz}$  du vecteur vitesse  $\vec{v}_B$  de la balle à l'instant  $t = 0$  s, en fonction de  $v_B$  et de  $\alpha$ .

1.2. Donner l'expression des coordonnées  $x_B$  et  $z_B$  du vecteur  $\vec{OB}$  de la balle au point B.

1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton, on obtient les équations horaires suivantes :

$$\vec{a}_g \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v} \begin{cases} v_x = v_B \cos \alpha \\ v_z = v_B \sin \alpha - g t \end{cases}$$

Montrer que la valeur  $v_S$  de la vitesse de la balle au sommet S de la trajectoire est  $v_S = 12 \text{ m.s}^{-1}$ .

1.4. Montrer que les coordonnées du vecteur position  $\vec{OG}$  du centre d'inertie de la balle sont les suivantes :

$$\vec{OG} \begin{cases} x = (v_B \cos \alpha) t \\ z = h + (v_B \sin \alpha) t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

1.5. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.

2. La ligne de but est située à une distance  $d = 15 \text{ m}$  du point O. La hauteur du but est  $L = 2,14 \text{ m}$ . On néglige le diamètre de la balle devant la hauteur du but.

2.1. Quelles conditions doivent satisfaire  $x$  et  $z$  pour que le but soit marqué ?

2.2. Vérifier que ces conditions sont bien réalisées.

### **C - Étude énergétique**

*Le même tir est réalisé du milieu du terrain à une distance du but supérieure à 15 m. On rappelle les valeurs suivantes :  $OB = h = 0,40$  m ;  $v_B = 14$  m.s<sup>-1</sup> ; vitesse au sommet S de la trajectoire :  $v_S = 12$  m.s<sup>-1</sup>.*

*L'énergie potentielle de pesanteur  $E_p(0)$  est choisie nulle à l'altitude  $z = 0$ .*

1. Donner l'expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_p$  puis celle de l'énergie mécanique  $E_M$  de la balle en fonction de  $g$ ,  $m$ ,  $v$  et  $z$ .
2. Calculer l'énergie mécanique  $E_M(B)$  de la balle au point B.
3. Toutes les actions de l'air sont négligées.
  - 3.1. Que peut-on dire de la valeur de l'énergie mécanique  $E_M$  de la balle au cours de son mouvement ?
  - 3.2. Exprimer l'altitude maximale  $z_{\max}$  que pourrait atteindre la balle au point S dans ces conditions, en fonction de  $E_M$ ,  $v_S$ ,  $m$  et  $g$ .  
Calculer la valeur de  $z_{\max}$ .

**EXERCICE II : POURQUOI CUISINER DANS DES CASSEROLES EN CUIVRE ?  
(7 POINTS)**

*Les casseroles en cuivre semblent un luxe. En sont-elles vraiment ? La chose n'est pas certaine, car le cuivre conduit très bien la chaleur : tout excès de chaleur, en un point de la casserole, est rapidement dissipé, parce que la chaleur se propage rapidement vers le reste de l'ustensile...*

*Pour éviter le contact toxique du vert de gris, on doit toutefois recouvrir les ustensiles en cuivre d'étain pur, aujourd'hui par électrolyse.*

*D'après Hervé This, les secrets de la casserole.*

*C'est par oxydation que le cuivre se couvre de « vert de gris ». La couche obtenue donne un aspect particulier aux statues, mais elle est constituée d'un sel soluble qui est toxique.*

*L'électrolyse du cuivre consiste dans ce cas à déposer une fine couche d'étain sur toute la surface du récipient. Ce procédé est appelé étamage. L'électrolyte est constitué de sulfate d'étain,  $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  et de différents additifs. Le récipient à étamer constitue une électrode, l'autre étant de l'étain  $\text{Sn}_{(\text{s})}$  pur.*

Données :

Masse molaire de l'étain :  $M(\text{Sn}) = 119 \text{ g.mol}^{-1}$

Constante de Faraday :  $F = 9,65.10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

L'étain appartient au couple :  $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Sn}_{(\text{s})}$ .

**Partie A : Étamage d'une casserole**

1. On considère le schéma du montage représenté en **annexe à rendre avec la copie**.

1.1. Indiquer sur ce schéma le sens du courant électrique dans le circuit ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques et dans la solution.

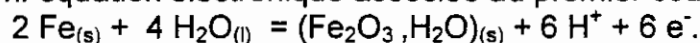
1.2. L'électrolyse est-elle une transformation spontanée ? Justifier la réponse.

2. On étudie les réactions aux électrodes, en considérant que le solvant n'intervient pas.
- 2.1. La réaction se produisant à l'électrode A reliée à la borne négative du générateur est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier. En déduire le nom de chaque électrode.
  - 2.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'électrode A.  
Le récipient à recouvrir doit-il constituer cette électrode ? Justifier.
  - 2.3. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'autre électrode (B).
  - 2.4. En déduire l'équation de la réaction globale de cette électrolyse.  
Comment évolue la concentration des ions étain  $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$  dans la solution au cours de la réaction ?
3. L'intensité du courant électrique est maintenue constante pendant toute la durée  $\Delta t$  de l'électrolyse et vaut  $I = 0,250 \text{ A}$ .
- 3.1. Donner l'expression de la quantité d'électricité  $Q$  qui a traversé le circuit au cours de l'électrolyse.
  - 3.2. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir la relation entre la quantité d'électrons  $n(e^-)$  échangée et la quantité d'étain déposé sur le récipient.
  - 3.3. Donner la relation entre la quantité d'électricité  $Q$  et la quantité d'électrons  $n(e^-)$  échangés aux électrodes.
  - 3.4. Montrer alors que la durée de l'électrolyse peut être exprimée, en fonction de la masse  $m_{\text{Sn}}$  déposée, par la relation 
$$\Delta t = \frac{2 \cdot m_{\text{Sn}} \cdot F}{I \cdot M_{\text{Sn}}}$$
4. On veut étamer une casserole cylindrique, de diamètre  $D = 15 \text{ cm}$ , de hauteur  $H = 7,0 \text{ cm}$ , et d'épaisseur négligeable. Le dépôt d'étain doit être réalisé sur les faces interne et externe et sur une épaisseur  $e = 20 \mu\text{m}$ .  
Le volume d'étain nécessaire pour le dépôt est donné par la relation  $V = S \cdot e$  avec  $S = \frac{\pi D^2}{2} + 2 \pi D H$ .
- 4.1. Calculer la valeur de  $V$  en  $\text{cm}^3$ .
  - 4.2. La masse volumique de l'étain est  $\rho = 7,30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Calculer la masse d'étain nécessaire.
  - 4.3. À l'aide de l'expression donnée en 3.4, calculer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt.

## Partie B : Pourquoi ne pas utiliser un autre métal ?

1. Le cuivre est cher et l'électrolyse est un procédé coûteux. Le fer, par exemple, est beaucoup moins onéreux mais il rouille. La rouille apparaissant sur le fer est le résultat d'une réaction d'oxydoréduction. Les couples oxydant-réducteur en présence sont  $(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O})_{(s)} / \text{Fe}_{(s)}$  et  $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .

On donne la demi-équation électronique associée au premier couple :



- 1.1. Donner la demi-équation électronique associée au second couple  $(\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)})$ .

- 1.2. En déduire l'équation de la réaction globale de la formation de la rouille.

- 1.3. *Pour éviter la formation de la rouille, on peut utiliser des alliages particuliers dits inoxydables, comme l'acier inox. On peut aussi protéger le fer par des vernis, des peintures ou des traitements de surface. Mais le procédé le plus répandu est l'étamage de l'acier. On obtient ainsi du fer blanc utilisé pour les boîtes de conserves et les canettes de boisson par exemple.*

Par analogie avec l'étamage du cuivre, proposer un schéma de l'électrolyse d'une boîte de conserve, en disposant les électrodes de façon à ce que le dépôt d'étain se fasse de façon uniforme sur la face interne de la boîte.

2. L'aluminium est aussi utilisable en cuisine, mais il est très réactif vis-à-vis des acides et des bases.

- 2.1. Définir un acide selon Brønsted.

- 2.2. Écrire la réaction d'un acide  $\text{AH}_{(aq)}$  avec l'eau.

- 2.3. Le pH d'un jus d'orange vaut  $\text{pH}_1 = 3,0$ . En déduire la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  dans ce jus.

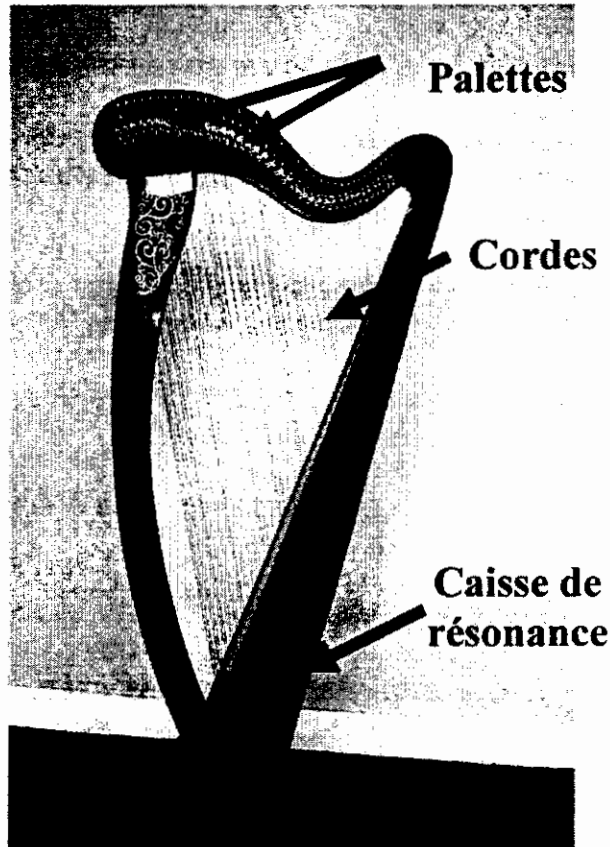
- 2.4. On mesure le pH d'un lait dans les mêmes conditions. On trouve  $\text{pH}_2 = 6,7$ . Pour lequel de ces deux ingrédients l'aluminium est-il théoriquement le moins recommandé ?

*Remarque : en réalité l'aluminium est naturellement protégé de l'attaque des acides et des bases par recouvrement d'une couche d'oxyde appelé l'alumine.*



### EXERCICE III : LA HARPE CELTIQUE (4 POINTS)

La harpe est un instrument triangulaire à cordes pincées. La harpe celtique est munie de 32 à 38 cordes de longueurs variables. Des chevilles, non visibles sur la photographie, permettent de tendre plus ou moins les cordes et ainsi d'accorder la harpe. En soulevant les palettes (en position basse sur la photographie), on raccourcit de quelques centimètres la longueur de chaque corde ce qui permet d'obtenir des notes altérées (dièses, bémols).



Données :

notes	$la_1$	$la_3$
Fréquences (Hz)	110	440

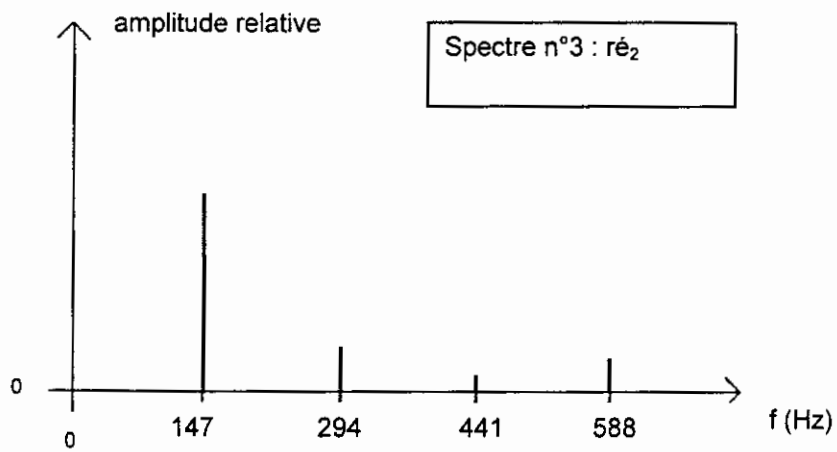
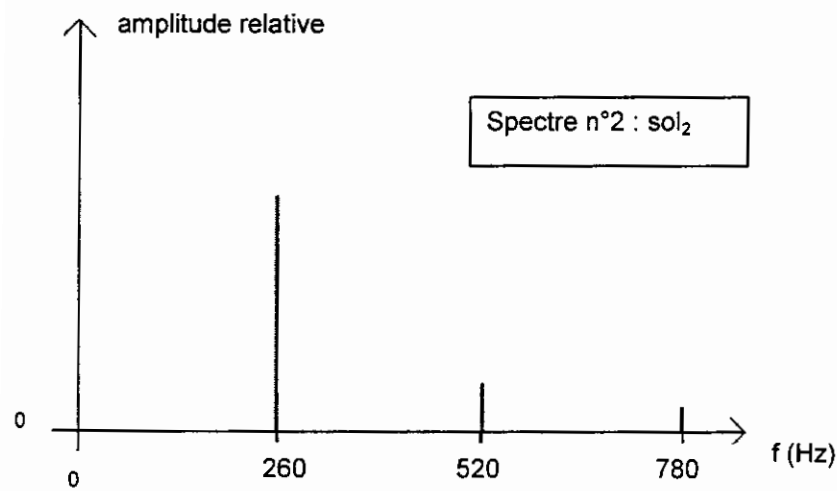
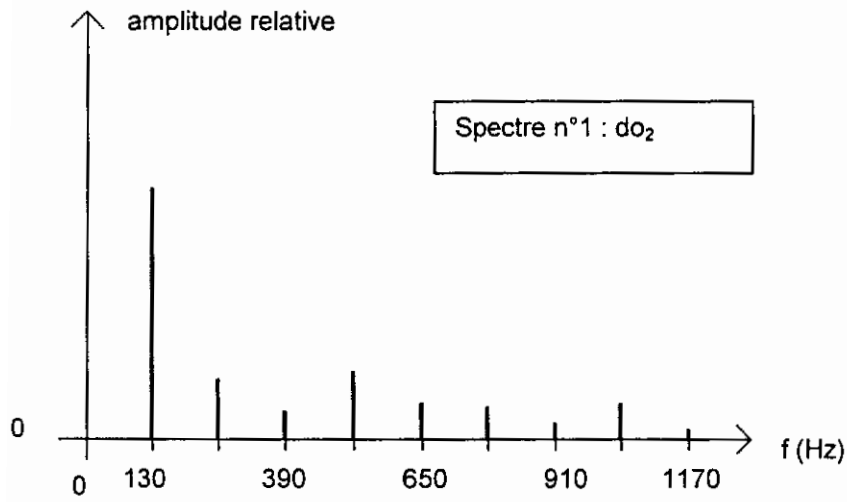
Relation entre la célérité  $v$  de l'onde sur la corde, la tension  $T$  de la corde, et la masse linéique  $\mu$  de cette corde :  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ , avec  $T$  en N et  $\mu$  en  $kg.m^{-1}$ .

#### 1. Émission d'un son

- 1.1. Quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ?
- 1.2. Parmi les différents éléments qui constituent la harpe, quels sont ceux qui assurent ces fonctions ?

2. On considère la corde « la<sub>3</sub> » de longueur  $L = 72$  cm. Lorsque l'on pince la corde, elle vibre suivant ses différents modes propres de vibration.
  - 2.1. Représenter l'allure de la corde lorsqu'elle vibre dans le mode fondamental.
  - 2.2. En déduire, pour ce mode, la relation entre la longueur  $L$  de la corde et la longueur d'onde  $\lambda$ .
  - 2.3. Établir la relation liant la fréquence  $f$  du fondamental et la célérité  $v$  de l'onde sur la corde.
  - 2.4. En déduire la valeur de la célérité de l'onde se propageant sur la corde.
  - 2.5. Quelle devrait être la longueur  $L_1$  d'une corde de même nature que la précédente et utilisée dans les mêmes conditions pour émettre le son « la<sub>1</sub> »? Une telle longueur est-elle envisageable ?
  - 2.6. Sur quels paramètres est-il possible d'agir et dans quels sens pour obtenir le son « la<sub>1</sub> », avec une corde de longueur proche de 72 cm ?
  - 2.7. Si le musicien soulève la palette de l'une des cordes, le son émis par cette corde sera-t-il plus grave ou plus aigu ? Justifier.
  
3. Le musicien joue un « do<sub>2</sub> ». On analyse le son émis et on obtient le spectre n°1 figurant page suivante.
  - 3.1. Quelle est la hauteur du son émis ?
  - 3.2. À quoi correspondent les différentes fréquences obtenues ? Par quelle(s) relation(s) sont-elles liées ?
  
4. *Lorsque le musicien joue deux notes simultanément, l'effet produit à l'oreille dépend de l'intervalle entre les deux notes jouées. On appelle intervalles consonants, ou consonances, les intervalles agréables à l'oreille, et intervalles dissonants, ou dissonances, ceux pour lesquels l'impression est plus ou moins désagréable. L'effet de consonance de deux notes peut s'expliquer par le recouvrement plus ou moins important des harmoniques de chacune d'elles, autrement dit, les deux notes doivent avoir des harmoniques en commun.*
  - 4.1. Choisir parmi les deux ensembles de notes proposés, do<sub>2</sub>-sol<sub>2</sub> ou do<sub>2</sub>-ré<sub>2</sub>, celui que doit jouer le musicien pour obtenir un intervalle consonant. On s'appuiera sur les spectres de fréquences donnés page suivante et on justifiera la réponse.
  - 4.2. On rappelle que le niveau sonore en décibels est défini par la relation  $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ , où  $I$  est l'intensité sonore et  $I_0$  l'intensité sonore de référence. Si deux notes sont jouées simultanément avec la même intensité sonore, le niveau sonore doublera-t-il ?

## Spectres de fréquence



**ANNEXE à rendre avec la copie**

**Exercice II :**

**Question 1**

