

**EXERCICE I. ÉTUDE D'UNE CORDE DE PIANO (4 points)**

Cet exercice est un questionnaire à réponses ouvertes courtes. À chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes.

Pour chacune des questions, chaque proposition doit être étudiée.

Inscrire en toutes lettres « vrai » ou « faux » dans la case correspondante du tableau figurant dans **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Donner **une justification ou une explication** dans la case prévue à cet effet.

Une réponse fautive ou une absence de réponse seront évaluées de la même façon.

**Les parties 1 et 2 sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.**

**1. Étude d'une corde de piano**

On étudie le fonctionnement d'une corde de piano placée dans le dispositif simplifié ci-contre (Figure 1).

Accrochée à un support fixe en O, la corde est disposée verticalement.

Elle passe en M par le trou d'un support tel que la corde soit immobile en ce point.

On note  $OM = L$ . La longueur L vaut 42,2 cm.

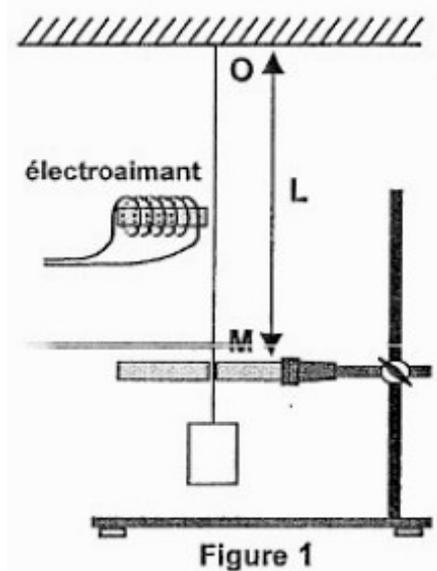
À l'extrémité inférieure de la corde, est accrochée un solide de masse m.

Un électro-aimant, alimenté par un générateur basses fréquences délivrant une tension électrique sinusoïdale, permet d'exciter de façon sinusoïdale la corde à une fréquence f réglable.

Les fréquences de vibration f qui interviennent dans cet exercice sont toujours celles de la corde.

On fait varier la fréquence de vibration f de la corde de 200 à 2500 Hz.

À la fréquence  $f_0 = 523$  Hz, on observe à la lumière du jour un fuseau unique de plus grande amplitude.



On rappelle qu'une harmonique d'ordre n correspond à une fréquence propre de vibration de la corde donnée par  $n.f_0$  où  $f_0$  est la fréquence du mode fondamental de vibration de la corde et n un entier positif non nul.

1.1. À la fréquence  $f_0 = 523$  Hz, on observe :

- 1.1.1. un ventre et deux nœuds ;
- 1.1.2. un nœud et deux ventres ;
- 1.1.3. trois nœuds et deux ventres ;
- 1.1.4. un ventre et trois nœuds.

1.2. La fréquence  $f_0 = 523$  Hz est la fréquence :

- 1.2.1. de l'harmonique d'ordre 1 ;
- 1.2.2. de l'harmonique d'ordre 2 ;
- 1.2.3. du mode fondamental.

1.3. À la fréquence de vibration  $f_1 = 1046$  Hz, on observe :

- 1.3.1. toujours 1 fuseau unique mais d'amplitude double ;
- 1.3.2. 2 fuseaux d'amplitudes importantes ;
- 1.3.3. 2 nœuds.

1.4. La quantification des modes propres est donnée par la relation (avec n nombre entier) :

- 1.4.1.  $n\lambda = 2L$  ;
- 1.4.2.  $n\lambda = L$  ;
- 1.4.3.  $n\lambda = \frac{L}{2}$ .

1.5. À la fréquence  $f_0 = 523$  Hz, la célérité des ondes sur la corde vaut :

- 1.5.1.  $340 \text{ m.s}^{-1}$  ;
- 1.5.2.  $3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;
- 1.5.3.  $441 \text{ m.s}^{-1}$  ;
- 1.5.4.  $221 \text{ m.s}^{-1}$ .

## 2. Étude d'une corde placée dans un piano

Les extrémités d'une corde placée dans un piano, sont reliées à une caisse de résonance en bois.

L'expression de la célérité des ondes sur la corde en fonction de sa masse linéique ( $\mu$ ) et de sa

tension ( $F$ ) est :  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ .

2.1. La caisse de résonance permet :

- 2.1.1. d'augmenter la hauteur du son produit par la corde ;
- 2.1.2. d'augmenter le niveau sonore du son ;
- 2.1.3. d'entretenir les vibrations de la corde.

2.2. Pour augmenter la hauteur du son émis par la corde en vibration, il faut :

- 2.2.1. tendre davantage la corde ;
- 2.2.2. détendre la corde.

## 3. Étude de la note émise par un piano

Dans cette partie, on néglige tout phénomène d'amortissement.

On étudie une corde de longueur  $L = 42,2$  cm présente dans un piano, reliée à la touche « do<sub>4</sub> » de l'instrument. Le pianiste en appuyant sur la touche « do<sub>4</sub> » frappe cette corde par l'intermédiaire d'un marteau. Celle-ci oscille librement.

On effectue l'enregistrement de la tension électrique  $u(t)$  aux bornes d'un microphone placé à côté de la corde oscillante à l'aide d'un dispositif d'acquisition informatisé. On obtient l'enregistrement simplifié (Figure 2) ci-dessous :

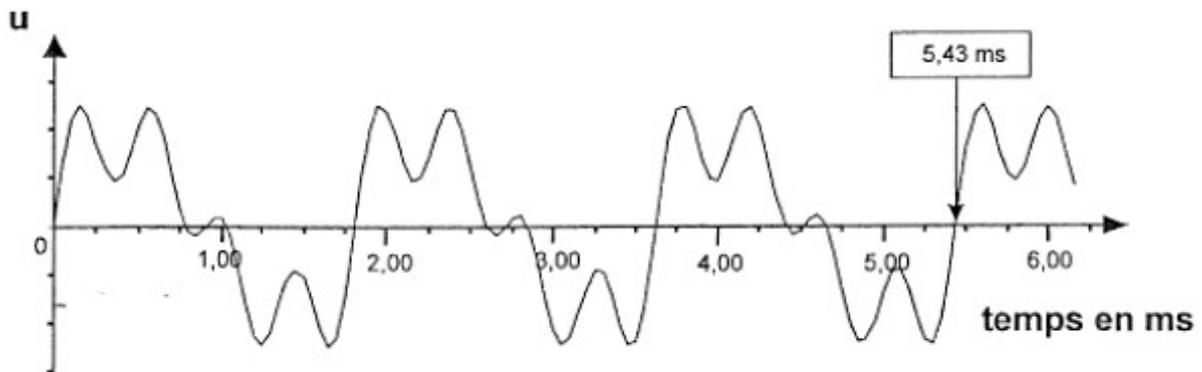


Figure 2

3.1. Le mode fondamental de la corde correspond à la fréquence :

- 3.1.1.  $184 \text{ Hz}$  ;
- 3.1.2.  $276 \text{ Hz}$  ;
- 3.1.3.  $552 \text{ Hz}$  ;
- 3.1.4.  $1104 \text{ Hz}$ .

**3.2.** Le spectre de fréquence correspondant au son émis par la corde de piano est l'un des spectres proposés ci-dessous : (figures 3.a., 3.b., 3.c. ou 3.d.) où  $r$  est le rapport de l'amplitude de l'harmonique considéré sur l'amplitude de l'harmonique fondamentale.

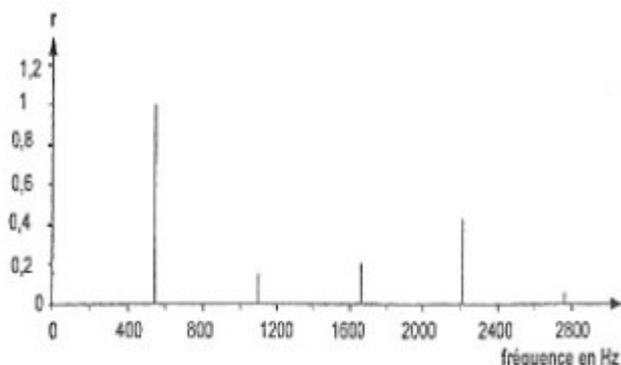


Figure 3.a.

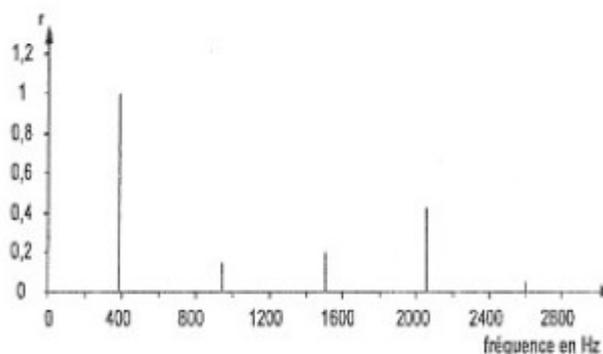


Figure 3.b.

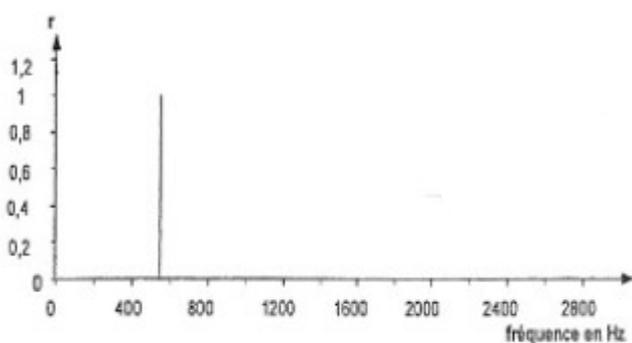


Figure 3.c.

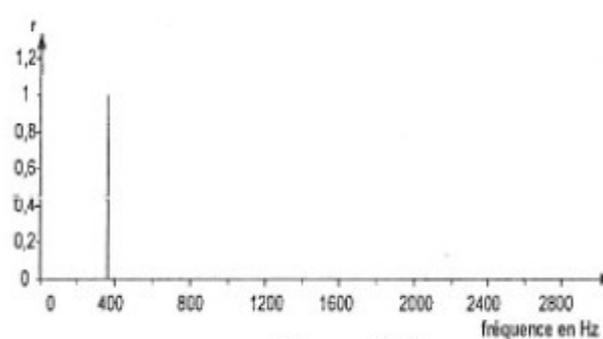


Figure 3.d.

Le son émis par la corde reliée à la touche « do<sub>4</sub> » est un son complexe.

Le spectre de fréquences correspond

**3.2.1.** à la figure 3.a. ;

**3.2.2.** à la figure 3.b. ;

**3.2.3.** à la figure 3.c. ;

**3.2.4.** à la figure 3.d. .

**3.3.** Le tableau ci-dessous récapitule les fréquences, en hertz, de notes de quelques cordes bien accordées du piano.

|                  |     |                  |     |                  |      |
|------------------|-----|------------------|-----|------------------|------|
| si <sub>3</sub>  | 494 | si <sub>4</sub>  | 988 | si <sub>5</sub>  | 1976 |
| la <sub>3</sub>  | 440 | la <sub>4</sub>  | 880 | la <sub>5</sub>  | 1760 |
| sol <sub>3</sub> | 392 | sol <sub>4</sub> | 784 | sol <sub>5</sub> | 1568 |
| fa <sub>3</sub>  | 349 | fa <sub>4</sub>  | 698 | fa <sub>5</sub>  | 1397 |
| mi <sub>3</sub>  | 330 | mi <sub>4</sub>  | 659 | mi <sub>5</sub>  | 1318 |
| ré <sub>3</sub>  | 294 | ré <sub>4</sub>  | 587 | ré <sub>5</sub>  | 1175 |
| do <sub>3</sub>  | 262 | do <sub>4</sub>  | 523 | do <sub>5</sub>  | 1046 |

Des réponses données précédemment, on peut affirmer que :

**3.3.1.** la corde étudiée est bien accordée ;

**3.3.2.** la corde étudiée est mal accordée.

**ANNEXE**

| <b><i>Proposition</i></b> | <b><i>Répondre<br/>vrai ou faux</i></b> | <b><i>Justification ou explication</i></b> |
|---------------------------|---|--|
| 1.1.1.                    |   |  |
| 1.1.2.                    |   |  |
| 1.1.3.                    |   |  |
| 1.1.4.                    |   |  |
| 1.2.1.                    |   |  |
| 1.2.2.                    |   |  |
| 1.2.3.                    |   |  |
| 1.3.1.                    |   |  |
| 1.3.2.                    |   |  |
| 1.3.3.                    |   |  |
| 1.4.1.                    |   | <b><i>PAS DE JUSTIFICATION</i></b>         |
| 1.4.2.                    |   |  |
| 1.4.3.                    |   |  |
| 1.5.1                     |   |  |
| 1.5.2.                    |   |  |
| 1.5.3.                    |   |  |
| 1.5.4.                    |   |  |

| <i>Proposition</i> | <i>Répondre<br/>vrai ou faux</i> | <i>Justification ou explication</i> |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 2.1.1.             |                                  | <b>PAS DE JUSTIFICATION</b>         |
| 2.1.2.             |                                  |                                     |
| 2.1.3.             |                                  |                                     |
| 2.2.1.             |                                  |                                     |
| 2.2.2.             |                                  |                                     |
| 3.1.1.             |                                  |                                     |
| 3.1.2.             |                                  |                                     |
| 3.1.3.             |                                  |                                     |
| 3.1.4.             |                                  |                                     |
| 3.2.1.             |                                  |                                     |
| 3.2.2.             |                                  |                                     |
| 3.2.3.             |                                  |                                     |
| 3.2.4.             |                                  |                                     |
| 3.3.1.             |                                  |                                     |
| 3.3.2.             |                                  |                                     |