Nouvelle Calédonie 11/2005

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 fausse 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.

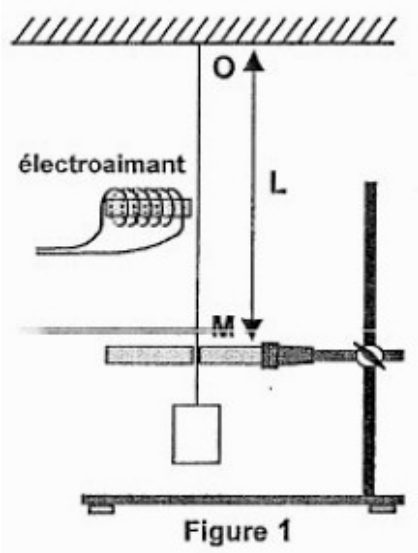


Figure 1

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

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 (μ) 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_4 » de l'instrument. Le pianiste en appuyant sur la touche « do_4 » 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 :

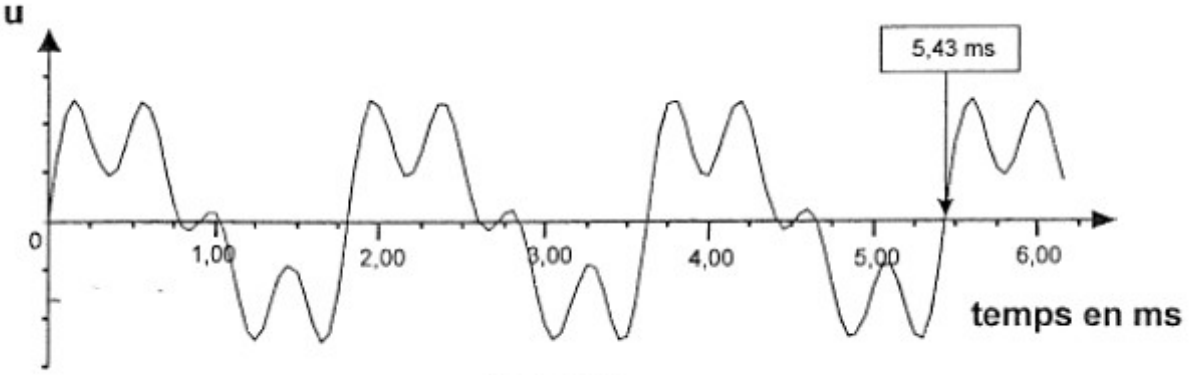


Figure 2

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

3.1.1. 184 Hz ;
3.1.2. 276 Hz ;
3.1.3. 552 Hz ;
3.1.4. 1104 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.*

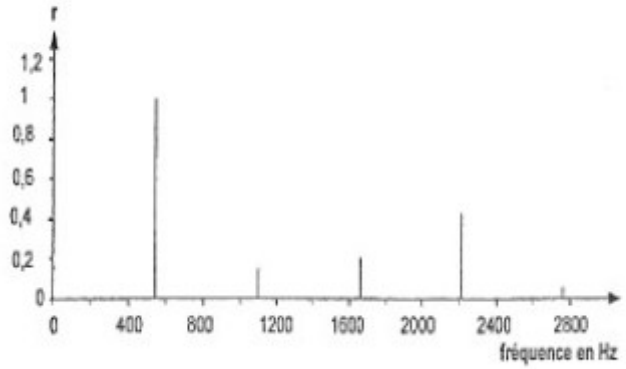


Figure 3.a.

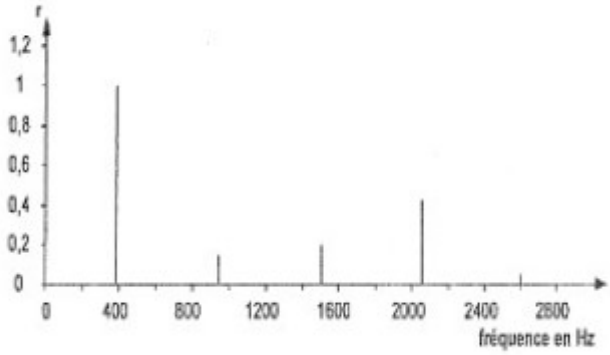


Figure 3.b.

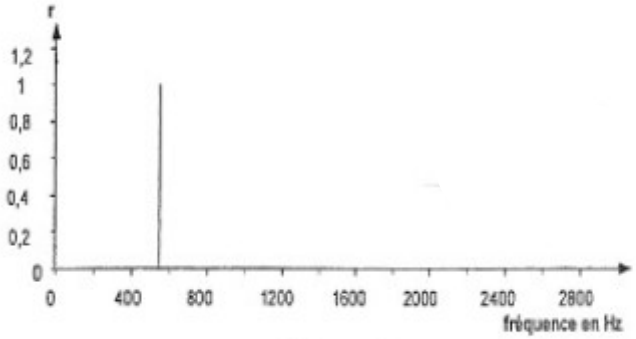


Figure 3.c.

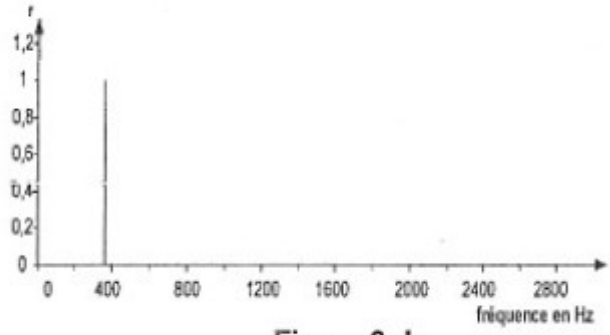


Figure 3.d.

Le son émis par la corde reliée à la touche « do_4 » 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_3	494
la_3	440
sol_3	392
fa_3	349
mi_3	330
$ré_3$	294
do_3	262

si_4	988
la_4	880
sol_4	784
fa_4	698
mi_4	659
$ré_4$	587
do_4	523

si_5	1976
la_5	1760
sol_5	1568
fa_5	1397
mi_5	1318
$ré_5$	1175
do_5	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

Proposition	*Répondre vrai ou faux*	*Justification ou explication*
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.		***PAS DE JUSTIFICATION***
1.4.2.		
1.4.3.		
1.5.1		
1.5.2.		
1.5.3.		
1.5.4.		

Proposition	*Répondre vrai ou faux*	*Justification ou explication*
2.1.1.		***PAS DE JUSTIFICATION***
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.		