EXERCICE III. SONS ÉMIS PAR UNE CORDE DE VIOLONCELLE (4 points)
National 2006

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 λ_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 annexe***.
- 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. Déduire 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* ***annexe****. 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 annexe***.
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 annexe****.*
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.

ANNEXE

Figure 7
Base de temps : 2,5 ms.div $^{-1}$

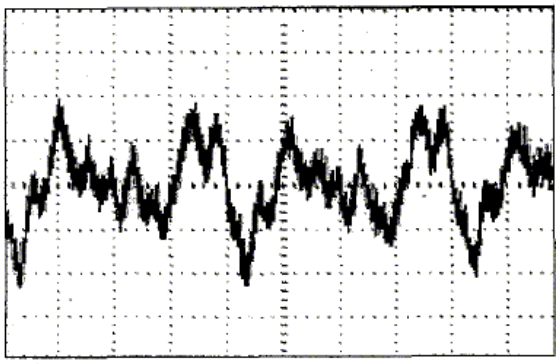


Figure 8

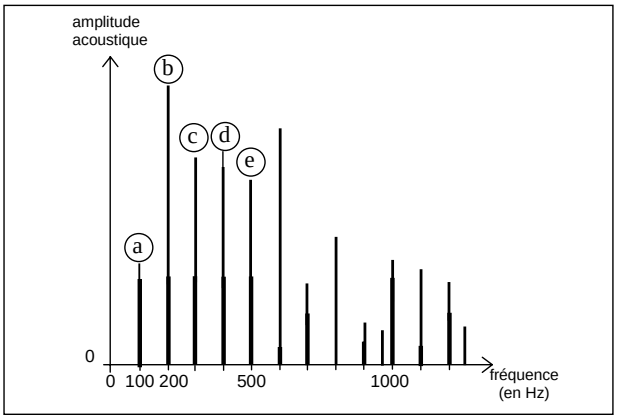


Figure 9
Base de temps : 2,5 ms.div $^{-1}$

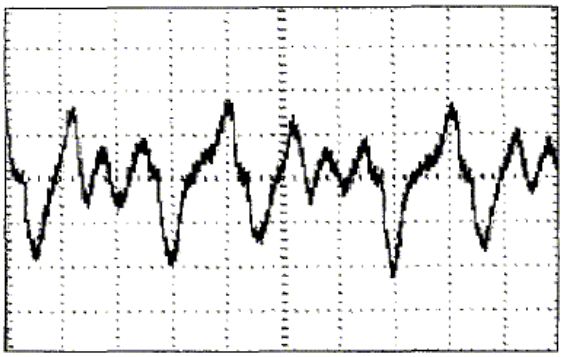


Figure 10

