Amérique du nord 2005 EXERCICE III:LE QUATUOR : INSTRUMENTS A CORDES (4 points) SPÉCIALITÉ

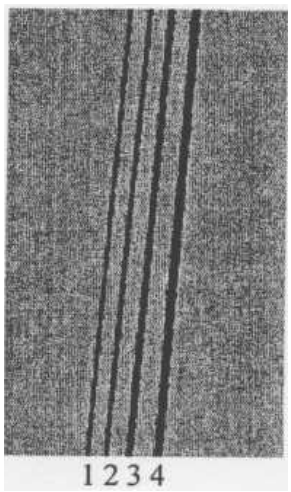
Les instruments du quatuor (deux violons, un alto, un violoncelle) sont de la famille des cordes frottées. Lorsque l'on frotte l'archet sur une corde, on produit une vibration très particulière, différente de celle produite par un marteau sur une corde de piano.
La corde est entraînée par l'archet ; quand l'adhérence cesse la corde glisse en sens opposé, puis elle est à nouveau entraînée par l'archet, etc... Ce mouvement très rapide donne un timbre particulier aux instruments à cordes frottées. La vibration est entretenue tant que l'instrumentaliste fait adhérer l'archet à la corde.

L'obtention de sons plus ou moins graves s'obtient en faisant varier plusieurs paramètres de la corde vibrante :

- l'épaisseur de la corde e : les cordes épaisses produisent un son grave, les cordes fines un son aigu ;
- la longueur de la corde L ;
- la tension de la corde F : ce réglage se fait par l'intermédiaire de chevilles. Plus la corde est tendue, plus le son est aigu.

1. On rappelle que la célérité v d'une onde se propageant dans une corde de masse linéique μ (masse par unité de longueur) et soumise à une tension F, est donnée par la relation:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$



Les quatre cordes d'un violon ont une même longueur L = 330 mm. De la plus grave à la plus aiguë, elles sont accordées de la façon suivante : sol_2, $ré_3$, la_3, mi_4.
On suppose les cordes tendues sous une même tension F = 245 N.

a) Attribuer la note correspondante à chaque corde représentée sur la figure ci-contre. Justifier.

b) Une des cordes a une masse linéique $\mu = 2{,}9\times10^{-3}$ kg.m^{-1}. Calculer la célérité v des ondes dans cette corde.

2. La relation exprimant la quantification des modes de vibration d'une corde est donnée par : $2.L = k.\lambda$ où λ représente la longueur d'onde.

a) Déterminer l'expression des fréquences f_k des modes de vibration d'une corde en fonction de la longueur L et de la célérité v des ondes se propageant dans cette corde.

b) Donner la relation correspondant au mode fondamental.
Calculer cette fréquence pour la corde de la question 1.b).

c) Justifier l'affirmation du texte d'introduction : *« Plus la corde est tendue, plus le son est aigu ».*

d) Comment, sans modifier la tension, le violoniste peut-il jouer un son plus aigu sur une même corde ?

3. On réalise un enregistrement du son émis par l'une des cordes d'un violon frottée par un archet. L'oscillogramme, relevé sur un oscilloscope numérique par l'intermédiaire d'un microphone**,** est donné sur la figure 1 **en ANNEXE.**

On a disposé deux curseurs verticaux sur l'axe horizontal. L'intervalle de temps entre les deux positions des curseurs est affichée sur l'oscillogramme.

a) Déterminer la période T du signal.

b) En déduire la fréquence f_1 du mode fondamental. Justifier.

4. L'oscilloscope numérique permet de calculer et d'afficher le spectre du son de l'oscillogramme 1 (figure 2 en annexe) : amplitude V_e de l'harmonique en fonction de la fréquence f.

a) Retrouver graphiquement la fréquence du mode fondamental.

b) Indiquer les fréquences des trois premières harmoniques en dehors du mode fondamental.

5. Un deuxième enregistrement (figures 3 et 4 de l'annexe) a été effectué avec un autre instrument du quatuor.

a) Qu'appelle-t-on hauteur d'un son ? A partir des oscillogrammes (figures 1 et 3), comparer la hauteur des deux sons.

b) Les sons émis par les deux instruments ont-ils le même timbre ? justifier en utilisant les spectres des deux sons (figures 2 et 4).

ANNEXE

Oscillogramme 1

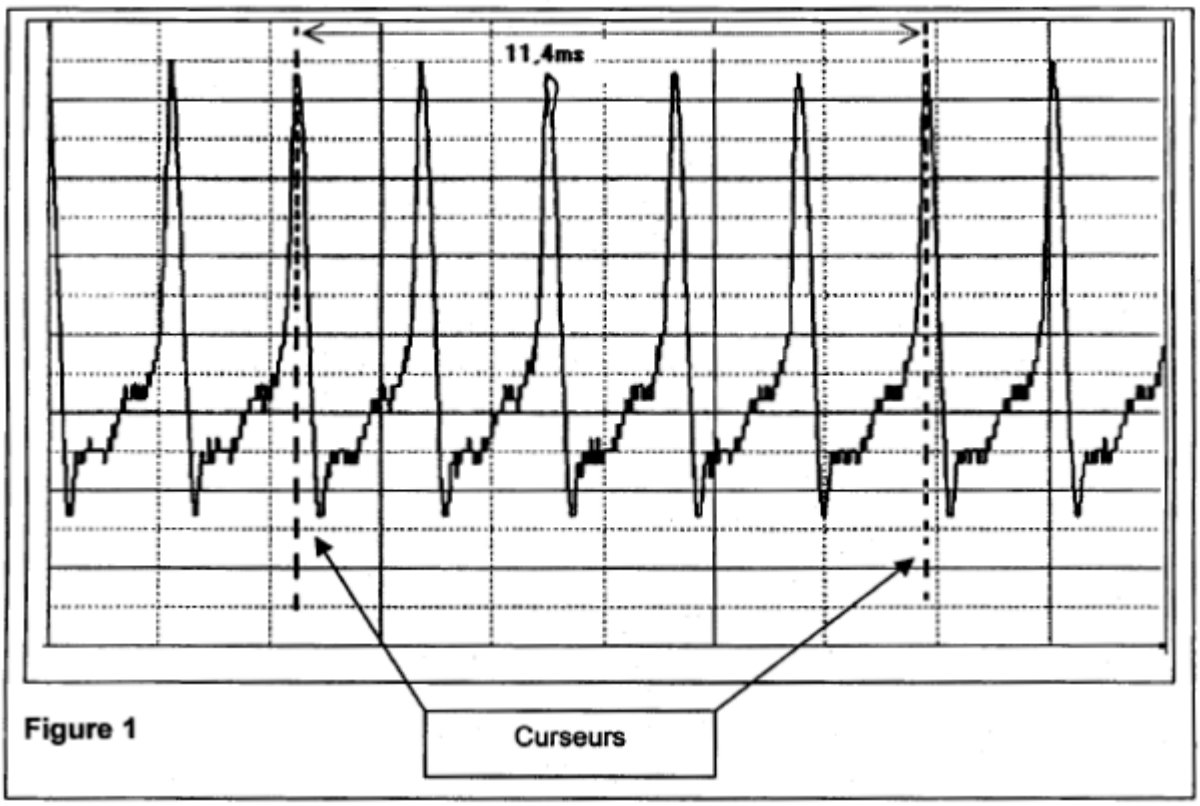


Figure 1

Spectre 1

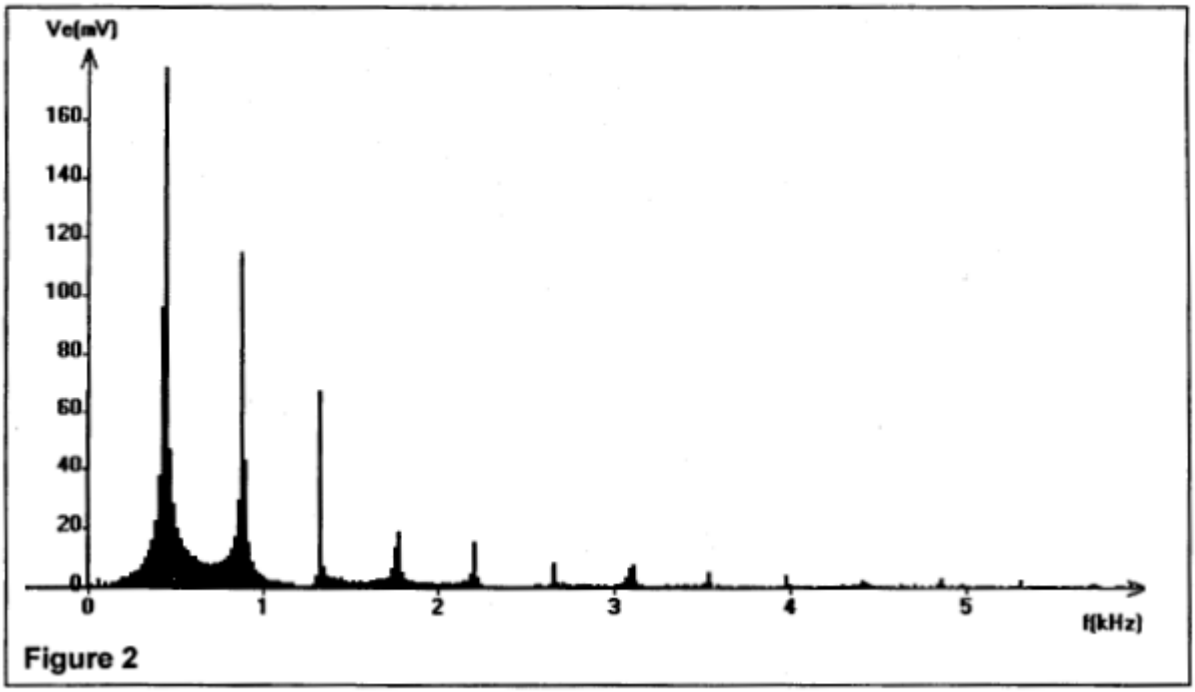


Figure 2

Oscillogramme 2

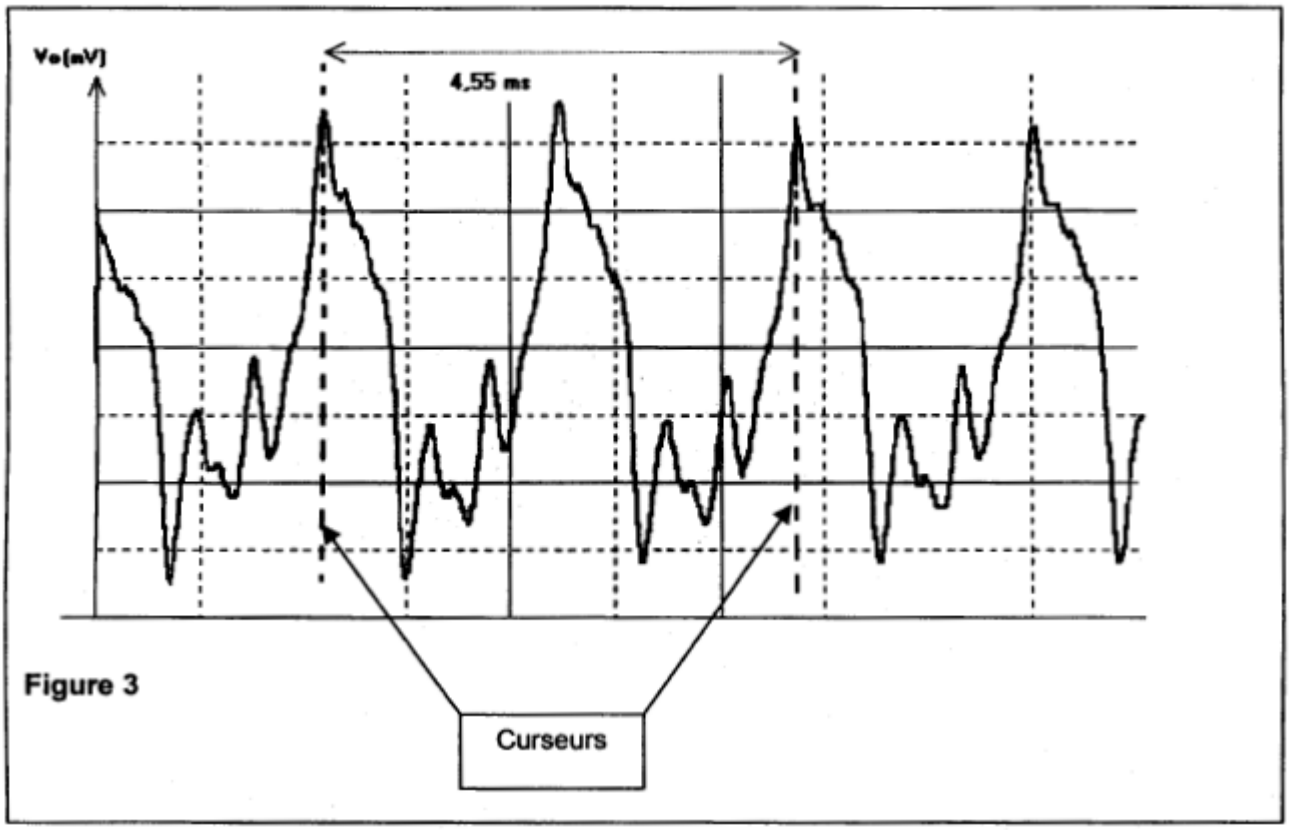


Figure 3

Spectre 2

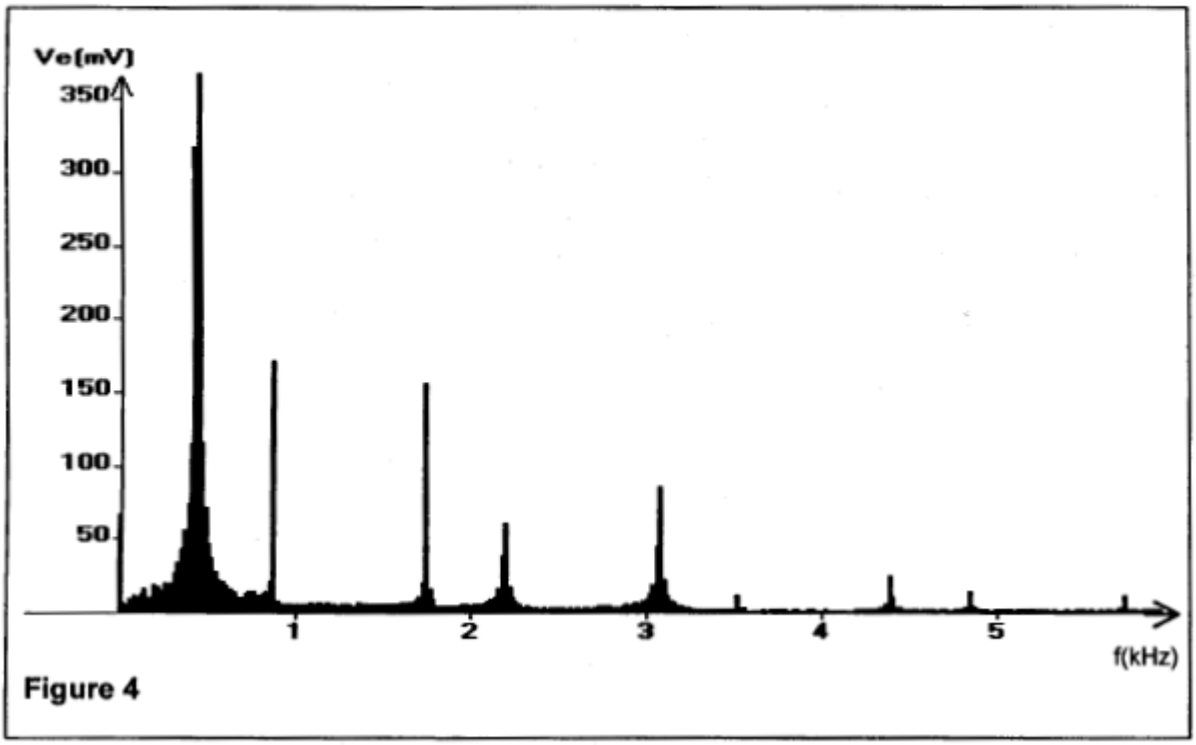


Figure 4