**Exercice n°1** :son émis par une corde de violoncelle

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 instruments à cordes, les instruments à vent et les percussions.

Dans le cas des instruments à cordes, il existe deux techniques de production du son

: corde frottée et corde pincée.

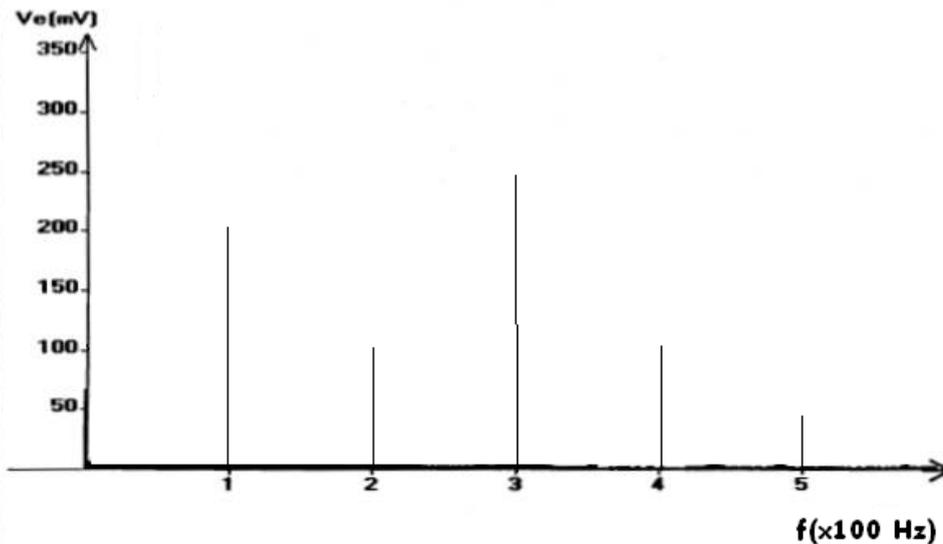
Dans la suite, on étudie le son produit par une corde vibrante, puis on compare les sons produits par l'une des cordes d'un violoncelle, la corde appelée « corde de sol », selon qu'elle est frottée ou pincée en utilisant un archet. Cette corde de longueur $L = 69$ cm est fixée à ses deux extrémités sur l'instrument.

Le son produit par la corde est étudié à l'aide d'un microphone branché à un oscilloscope numérique. L'oscillogramme correspondant est donné ci-dessous.

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

- 1) Exploiter cet oscillogramme pour déterminer la période T et en déduire la fréquence f du signal.
- 2) En déduire la fréquence f , du fondamental.

On réalise une analyse spectrale du son produit par cette corde vibrante sur toute sa longueur. Le spectre en fréquence est représenté ci-dessous.



On note f_2 et f_3 les fréquences des deux harmoniques immédiatement supérieures à la fréquence fondamentale f_1 .

- 3) Retrouver, parmi ces pics, celui qui correspond au fondamental de fréquence f_1 et préciser ceux qui correspondent à f_2 et f_3 .
- 4) Écrire la relation existant entre f_2 et f_1 d'une part; entre f_3 et f_1 d'autre part.
- 5) Déterminer les amplitudes des 4 premiers harmoniques qu'on notera A_1 , A_2 en indiquant leurs unités.

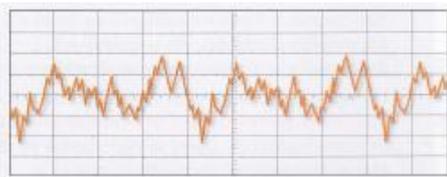
Pour jouer la note à l'octave supérieure, le violoncelliste excite la corde avec l'archet tout en appuyant en son milieu, ce qui revient à diviser la longueur L de la corde par 2. La fréquence du son produit est inversement proportionnelle à la longueur de la corde.

- 6) 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.

B. 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.

L'oscillogramme correspondant au son émis par la corde en appliquant la technique « pizzicato » est donnée ci-dessous.



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

1. Exploiter cet oscillogramme pour déterminer la période T et la fréquence f du son.
2. indiquer si la hauteur du son (sa fréquence) est modifiée par rapport à celle du son

étudié dans la partie A.

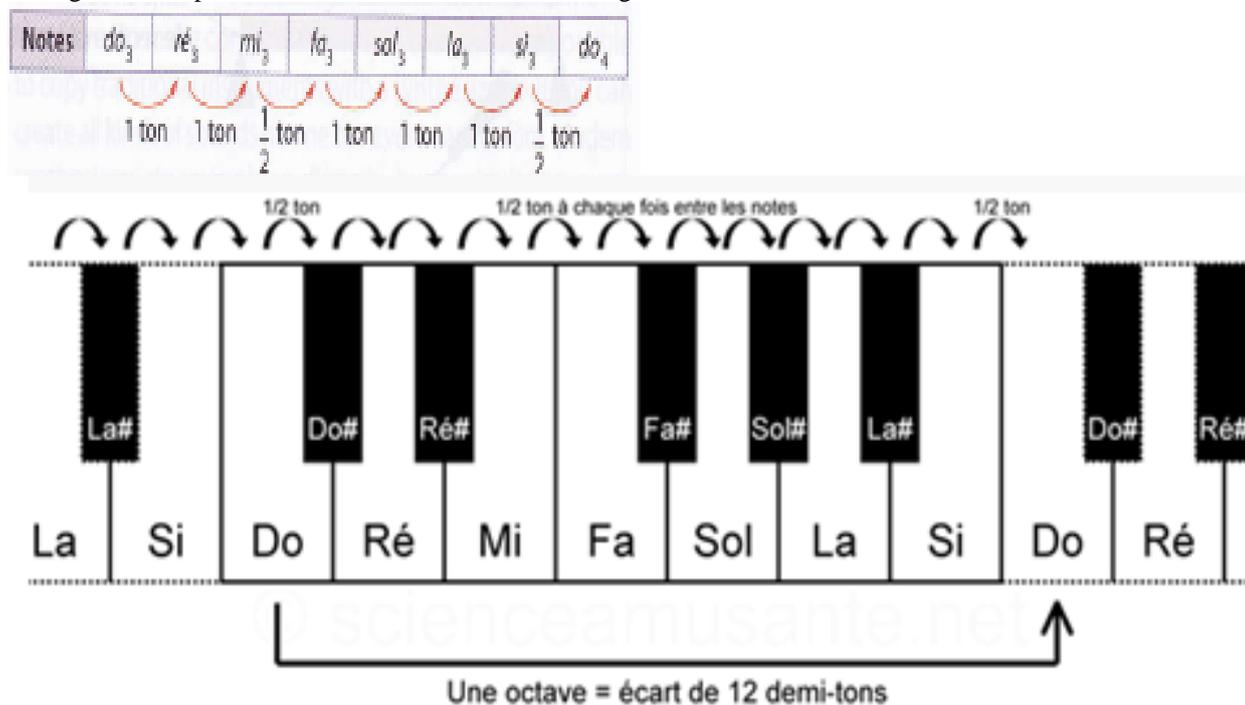
3. En comparant les oscillogrammes des parties A et B, indiquer si les amplitudes des harmoniques correspondant au signal A seront différentes de celle du signal B. Pourquoi ?

Exercice n°2 : Jouer la gamme.

La gamme est l'ensemble des notes comprises dans une octave. Le tableau ci-dessous récapitule les fréquences, en hertz, de notes sur trois octaves successives :

do ₃	262	do ₄	523	do ₅	1 046
ré ₃	294	ré ₄	587	ré ₅	1 175
mi ₃	330	mi ₄	659	mi ₅	1 318
fa ₃	349	fa ₄	698	fa ₅	1 397
sol ₃	392	sol ₄	784	sol ₅	1 568
la ₃	440	la ₄	880	la ₅	1 760
si ₃	494	si ₄	988	si ₅	1 976

- De combien de notes est constituée la gamme ?
- Quelle relation en termes de fréquence existe-t-il entre un do de la troisième octave (do₃) et un do de la quatrième octave (do₄) ?
- Quelle est la fréquence du do₁ de la première octave ?
- La gamme tempérée divise l'octave en 12 intervalles égaux:



Qu'appelle-t-on un demi-ton ?

5) Démontrer que le coefficient multiplicateur noté x pour passer d'une fréquence à celle du demi-ton supérieur est $x = 2^{1/12} = 1,06$.

6) Retrouver la fréquence du ré₃, connaissant celle du do₃ à l'aide du coefficient multiplicateur trouvé dans la question 5. vérifier votre résultat à l'aide du tableau ci-dessus.

Aide aux calcul: $1,06/2 = 0,503$; $1,06 \times 4 = 4,24$; $1,06^3 = 1,80$; $1,06^{1/2} = 1,03$; $1,06^2 = 1,12$