Correction concert en sous sol

1. Accord des instruments.

Avant le concert, les musiciens doivent « accorder » leurs instruments. Pour cela, ils utilisent un diapason qui émet la note « La3 ». Chacun joue cette note sur son instrument, la compare à celle émise par le diapason et procède aux réglages permettant d'obtenir une note de même hauteur.

En utilisant les enregistrements des différents sons produits et leurs spectres, répondre aux questions suivantes :

1.1. Quelle est la fréquence f de vibration du son émis par le diapason ?
1.2. Les trois musiciens jouent-ils une note de même hauteur ? Justifier.

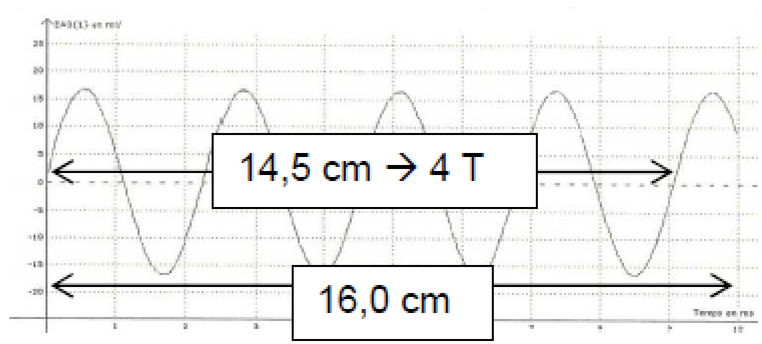
1.1. (0,75 pt) Fréquence f de vibration du son émis par le diapason :
Sur le document 2, on mesure la période de la tension.
Pour une meilleure précision, on mesure plusieurs périodes.

$10{,}0 \text{ ms} = 10{,}0\times10^{-3} \text{ s} \rightarrow 16{,}0 \text{ cm}$

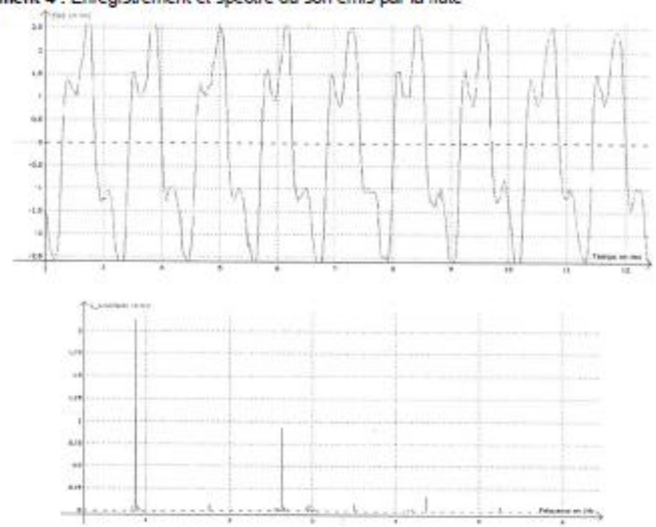
$4\text{ T} \rightarrow 14{,}5 \text{ cm}$

$$T = \frac{10{,}0\times10^{-3}\times14{,}5}{4\times16{,}0}$$

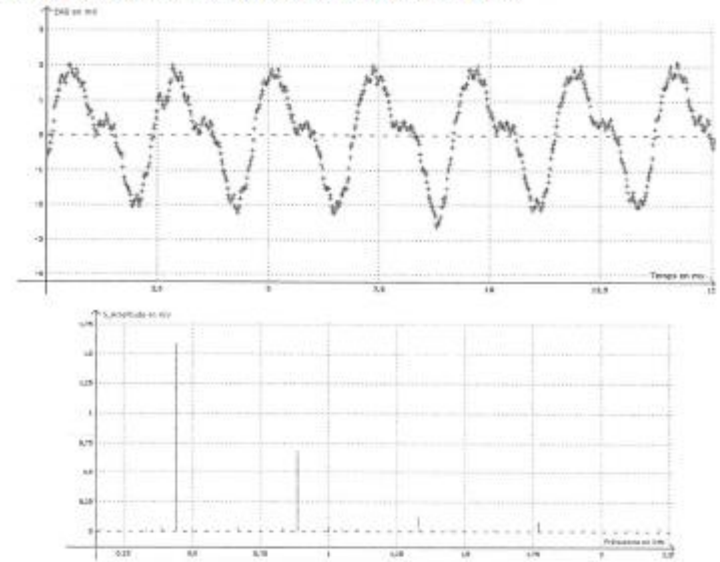
$$f = \frac{1}{T} \text{ donc } f = \frac{4\times16{,}0}{10{,}0\times10^{-3}\times14{,}5} = \mathbf{441\ Hz}$$



Document 4 : Enregistrement et spectre du son émis par la flûte



Document 3 : Enregistrement et spectre du son émis par le piano.



Document 5 : Enregistrement et spectre du son émis par la guitare

1.2. (0,75 pt) Il faut déterminer la fréquence du son émis par chaque instrument.

L'analyse spectrale donne la fréquence du fondamental qui caractérise la hauteur du son :

- pour le piano, la fréquence du fondamental vaut environ 0,4 kHz,
- pour la flûte, on lit environ 0,8 kHz,
- pour la guitare, on lit environ 0,4 kHz.

La flûte ne joue pas une note de même hauteur que les autres instruments.

2. La pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ?

Le concert a lieu dans une salle au sous-sol d'une maison. La salle a une forme parallélépipédique, de longueur L = 10,0 m, de largeur l = 5,0 m et de hauteur h = 3,0 m.

Cette salle, vide et sans vitrage, possède une porte en bois de surface S_{bois} = 3,0 m².
Le sol, les murs et les plafonds sont en béton d'une surface totale : $S_{béton}$ = 187 m².

2.1. Quels sont les phénomènes physiques qui interviennent au cours de la propagation du son dans une salle ? En citer au moins trois.
2.2. Quelle est l'unité du coefficient de valeur 0,16 dans la formule de Sabine (**document 7)** ?

2.1. (0,75 pt) Trois phénomènes physiques interviennent au cours de la propagation du son dans une salle : réflexion, absorption (atténuation), diffraction (par l'ouverture de la porte…).

2.2. (0,5 pt) Formule de Sabine : $T_R = \dfrac{0{,}16 \times V}{A}$ soit $0{,}16 = \dfrac{T_R \times A}{V}$

En remplaçant les grandeurs par leurs unités, on a $\dfrac{s \times m^2}{m^3}$, donc le coefficient s'exprime en $s.m^{-1}$.

2.3. En l'absence de spectateurs, la pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ? Justifier.

2.4. On souhaite obtenir une durée de réverbération égale à 2,0 s. Pour cela, on dispose sur les murs des panneaux absorbants verticaux de coefficient d'absorption acoustique $\alpha_{panneau}$ = 0,50.
Quelle surface de panneau faut-il utiliser pour satisfaire la nouvelle durée de réverbération T_R ?

2.3. (1 pt) Le document 6 nous apprend qu'une bonne salle de concert présente une durée de réverbération de 1,0 s à 2,5 s.

Calculons la durée de réverbération du sous-sol : $T_R = \dfrac{0{,}16 \times V}{A}$ avec $A = \sum_i (\alpha \times S_i)$

$$T_R = \frac{0{,}16 \times V}{\alpha_{Béton}.S_{Béton} + \alpha_{Bois}.S_{Bois}} = \frac{0{,}16 \times L\ .\ l\ .\ h}{\alpha_{Béton}.S_{Béton} + \alpha_{Bois}.S_{Bois}}$$

$$T_R = \frac{0{,}16 \times 10{,}0 \times 5{,}0 \times 3{,}0}{0{,}010 \times 187 + 0{,}15 \times 3{,}0} = \mathbf{10\ s}$$

(0,25 pt) La durée de réverbération est trop longue, les notes successives vont se chevaucher et l'ensemble sera inintelligible.

2.4. (1 pt) La surface du béton sera réduite par la pose de panneaux, elle vaudra $S_{Béton} - S_{Panneau}$

$$T_R = \frac{0,16 \times L\ .\ l\ .\ h}{\alpha_{Béton}.(S_{Béton} - S_{Panneau}) + \alpha_{Bois}.S_{Bois} + \alpha_{Panneau}.S_{Panneau}}$$

$$\alpha_{Béton}.(S_{Béton} - S_{Panneau}) + \alpha_{Bois}.S_{Bois} + \alpha_{Panneau}.S_{panneau} = \frac{0,16 \times L\ .\ l\ .\ h}{T_R}$$

$$\alpha_{Béton}.S_{Béton} - \alpha_{Béton}.S_{Panneau} + \alpha_{Bois}.S_{Bois} + \alpha_{Panneau}.S_{panneau} = \frac{0,16 \times L\ .\ l\ .\ h}{T_R}$$

$$\alpha_{Béton}.S_{Béton} + S_{Panneau}.(\alpha_{Panneau} - \alpha_{Béton}) + \alpha_{Bois}.S_{Bois} = \frac{0,16 \times L\ .\ l\ .\ h}{T_R}$$

$$S_{Panneau}.(\alpha_{Panneau} - \alpha_{Béton}) = \frac{0,16 \times L\ .\ l\ .\ h}{T_R} - \alpha_{Béton}.S_{Béton} - \alpha_{Bois}.S_{Bois}$$

$$S_{Panneau} = \frac{\dfrac{0,16 \times L\ .\ l\ .\ h}{T_R} - \alpha_{Béton}.S_{Béton} - \alpha_{Bois}.S_{Bois}}{(\alpha_{Panneau} - \alpha_{Béton})}$$

$$S_{panneau} = \frac{\dfrac{0,16 \times 10,0 \times 5,0 \times 3,0}{2,0} - 0,010 \times 187 - 0,15 \times 3,0}{(0,50 - 0,010)} = \frac{12 - 1,87 - 0,45}{0,49} = \mathbf{20\ m^2}$$

Il faut installer environ 20 m² de panneaux absorbants.