BAC S Métropole 2011 EXERCICE III Spécialité : CONCERT DE VIOLONS (4 points)
Correction © http://labolycee.org

1. Le violon

1.1. Le signal de l'enregistrement 2 du diapason est une sinusoïde : il correspond à un son pur.
Le signal de l'energistrement 1 du violon est périodique mais non sinusoïdal : il correspond à un son complexe.
Les deux sons joués par les deux instruments ont la même fréquence f_1 = 440 Hz donc la **même hauteur**.
En revanche, ils ont des **timbres différents** car les spectres sont différents.

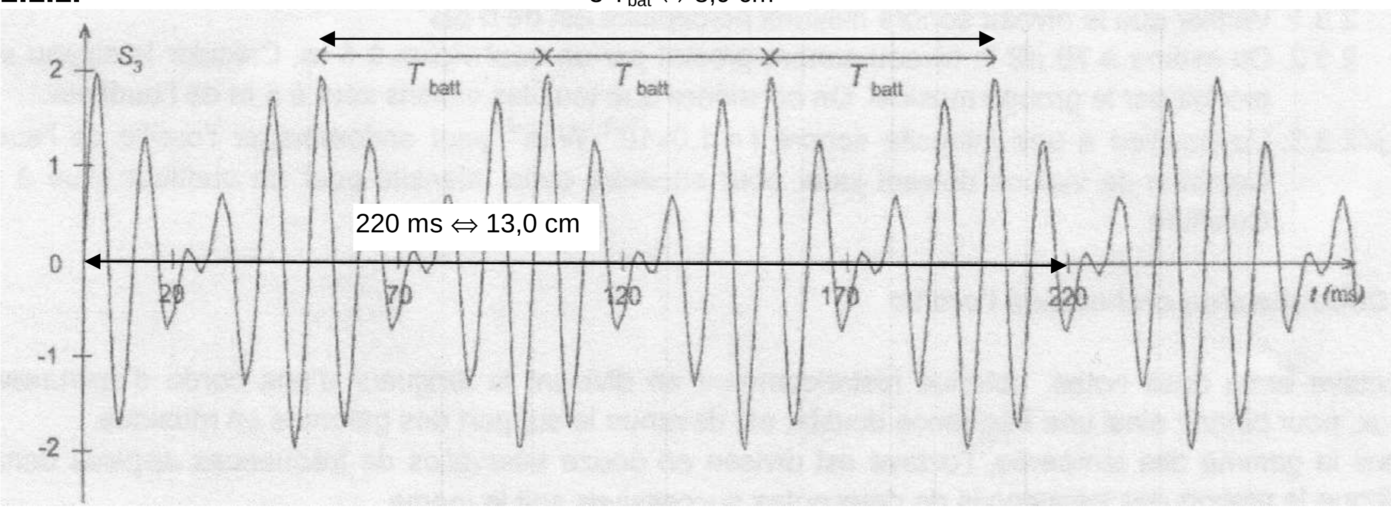
1.2. La fréquence f_1 est appelée **fréquence fondamentale**.

1.3. $f_2 = 2 \times f_1 = 2 \times 440 =$ **880 Hz.**
$f_3 = 3 \times f_1 = 3 \times 440 =$ **1320 Hz**.

2. L'ensemble des violons

2.1.1.

3 $T_{bat} \Leftrightarrow$ 8,9 cm



$3T_{bat} \rightarrow$ 8,9 cm *Les mesures en cm peuvent différer selon l'impression*
220 ms $\rightarrow$ 13,0 cm *mais le résultat final doit être identique ou proche.*
Donc $3T_{bat} = 220 \times 8{,}9 / 13{,}0 = 151$ ms
Donc $\mathbf{T_{bat}} = 151 / 3 =$ **50,2 ms**

$$f_{bat} = \frac{1}{T_{bat}}$$

soit $f_{bat} = \frac{1}{50{,}2 \times 10^{-3}}$ = **19,9 Hz**

$\frac{f_b - f_a}{2} = \frac{460 - 420}{2} = \frac{40}{2} = 20$ Hz.

On vérifie aux erreurs de mesure près : $f_{bat} = \frac{f_b - f_a}{2}$.

2.1.2. Lorsqu'il n'y a plus de battement, f_{bat} = 0 Hz donc $f_b = f_a$: tous les deux violons sont **accordés.**

2.2.1. Condition de stabilité des ondes stationnaires : $L = n.\frac{\lambda}{2}$ pour le mode fondamental n = 1 ainsi $\boxed{L = \frac{\lambda}{2}}$.

2.2.2. $v = \lambda.f$ et $\lambda = 2.L$ donc pour la fréquence fondamentale f_0: $\mathbf{v = 2.L.f_0}$

2.2.3. Analyse dimensionnelle : [F] = [m].[a] car d'après la deuxième loi de Newton une force est homogène à une masse fois une accélération.
$[F] = M.L.T^{-2}$.
$[\mu] = [m] / [L] = M.L^{-1}$
Donc : $\left[\sqrt{\frac{F}{\mu}}\right] = \left(\frac{M.L.T^{-2}}{M.L^{-1}}\right)^{1/2} = \left(L^2.T^{-2}\right)^{1/2} = L.T^{-1}$ ce qui est bien homogène à une vitesse.
La relation $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ est homogène.

2.2.4. $f_0 = \frac{v}{2.L} = \frac{1}{2.L}.\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

2.2.5. L et µ sont fixées. La fréquence est proportionnelle à la racine carrée de la tension F de la corde. On souhaite diminuer la fréquence f_0 (de 460 Hz à 440 Hz) : il faut donc **diminuer** la tension F de la corde.

2.3.1. Lorsque $I_1 = I_0$ alors : $\mathbf{L_1} = 10\times\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10\times\log\left(\frac{I_0}{I_0}\right) = 10\times\log(1) = \mathbf{0}$ **d**B

2.3.2. Pour un violon, on a $L_1 = 10\times\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 70$ dB

Pour les 10 violons : $\mathbf{L_{10}} = 10\times\log\left(\frac{10I_1}{I_0}\right) = 10\times\log 10 + 10\times\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10 + 70 =$ **80 dB**

2.3.3. Pour un auditeur situé à 5 m : $\mathbf{n.I_1 = I}$ où n représente le nombre de violons.
avec I_1 tel que **:** $\mathbf{L_1} = 10\times\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ soit $\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = \frac{L_1}{10}$ d'où : $I_1 = I_0 \,.\, 10^{L1/10}$
avec $L_1 = 70$ dB il vient : $I_1 = 1{,}0\times10^{-12}\times10^{70/10} = 1{,}0\times10^{-5}$ W.m^{-2}
donc $n = \frac{I}{I_1}$ soit $n = \frac{1{,}0\times10^{-1}}{1{,}0\times10^{-5}} \approx$ $\mathbf{10^4}$ **violons !**
Lors d'un concert, le nombre de violons est limité à une ou deux dizaine(s) : l'intensité sonore correspondant à des dommages de l'oreille ne sera pas atteinte.

3.1. $\frac{f_{13}}{f_1} = \frac{f_{13}}{f_{12}}\times\frac{f_{12}}{f_{11}}\times\frac{f_{11}}{f_{10}}\times\frac{f_{10}}{f_9}\times\frac{f_9}{f_8}\times\frac{f_8}{f_7}\times\frac{f_7}{f_6}\times\frac{f_6}{f_5}\times\frac{f_5}{f_4}\times\frac{f_4}{f_3}\times\frac{f_3}{f_2}\times\frac{f_2}{f_1} = 2$ donc $\frac{f_{13}}{f_1} = \left(\frac{f_{i+1}}{f_i}\right)^{12} = 2$ finalement : $\left(\frac{f_{i+1}}{f_i}\right) = 2^{\frac{1}{12}}$.

3.2. si_3 et la_3 sont séparés de deux demi-tons alors : $\left(\frac{f_{si_3}}{f_{la_3}}\right) = 2^{\frac{1}{12}}.2^{\frac{1}{12}}$ avec $f_{la3} = 440$ Hz alors :

$f_{si_3} = 2^{\frac{1}{12}}.2^{\frac{1}{12}}.f_{la_3}$

soit $f_{Si_3} = 2^{\frac{1}{12}}\times2^{\frac{1}{12}}\times440 =$ **494 Hz**.