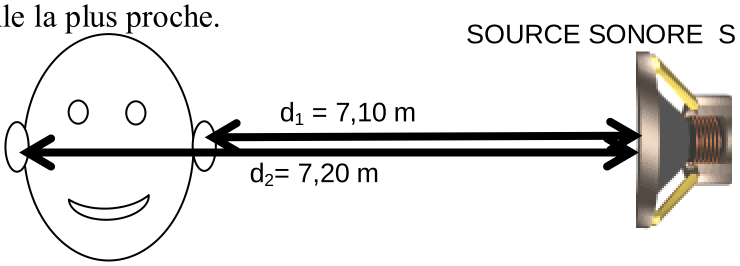
CORRECTION DU DM DE SPECIALITE : TUYAUX SONORES

1. <u>Ondes sonores</u>

1.1. L'onde sonore qui se propage dans l'air est une onde **mécanique, progressive et longitudinale.**

1.2. Soit t_0 la date de début d'émission du son.
Soit t_1 la date à laquelle le son parvient à l'oreille la plus proche.
Soit t_2 la date à laquelle le son parvient à la seconde oreille.



$$v = \frac{d_1}{t_1 - t_0} = \frac{d_2}{t_2 - t_0}$$

avec $t_0 = 0$: $\left.\begin{array}{l} v = \dfrac{d_1}{t_1} \text{ soit } t_1 = \dfrac{d_1}{v} \\ v = \dfrac{d_2}{t_2} \text{ soit } t_2 = \dfrac{d_2}{v} \end{array}\right\}$

$\tau = t_2 - t_1$ est le retard de perception entre les oreilles.

$$\tau = \frac{d_2}{v} - \frac{d_1}{v} = \frac{d_2 - d_1}{v}$$

$$\tau = \frac{7{,}20 - 7{,}10}{340} = \mathbf{2{,}94\times10^{-4}\ s}$$

Le retard étant supérieur à $1{,}0\times10^{-4}$ s, l'auditeur **peut déterminer** la direction de la source sonore.

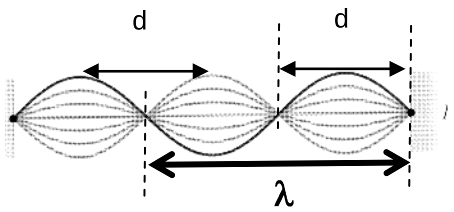
2. <u>Tuyaux sonores à embouchure de flûte</u>

2.1. Tuyau sonore ouvert aux deux extrémités

2.1.1. Dans la colonne d'air, il s'établit des **ondes stationnaires**.

2.1.2. La fréquence du son caractérise sa **hauteur**.

2.1.3. Pour une corde tendue, deux ventres (ou deux nœuds) consécutifs sont séparés d'une distance $\boxed{d = \dfrac{\lambda}{2}}$

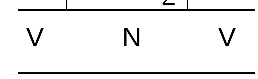


D'autre part $\boxed{\lambda = \dfrac{v}{f}}$.

D'après le texte, à une extrémité ouverte, est toujours situé un ventre de vibration.

Ainsi dans le tuyau de longueur L, il y a un nombre entier de demi-fuseaux : $\boxed{L = n.\dfrac{\lambda}{2}}$.

En considérant que le tuyau vibre suivant le mode fondamental : **n = 1**.



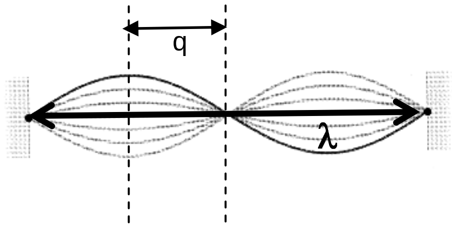
Si on note f la fréquence du mode fondamental, alors $L = \dfrac{\lambda}{2} = \boxed{\dfrac{v}{2f}}$.

2.1.4. D'après la relation précédente $L = \dfrac{v}{2f}$, plus f diminue et plus L augmente.
Un son de basse fréquence est perçu comme étant grave.
L'affirmation « À un tuyau long, correspond un son grave » est donc **vraie**.

2.1.5. L'harmonique de rang 2 du tuyau de longueur L a pour fréquence $f_2 = 2$ f.
Cette fréquence f_2 correspond au fondamental du tuyau de longueur L_2.

$L_2 = \dfrac{v}{2f_2} = \dfrac{v}{2\times 2f}$, comme $\boxed{\mathbf{L} = \dfrac{v}{2f}}$ alors $\boxed{\mathbf{L_2} = \dfrac{L}{2}}$.

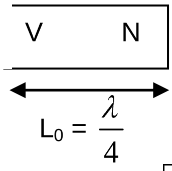
2.2. Tuyau sonore fermé à une extrémité



2.2.1. Pour une corde tendue entre deux points fixes :
- soit q la distance entre un ventre et un nœud,
- soit λ la longueur d'onde.

On a : $q = \dfrac{\lambda}{4}$

Pour le tuyau : D'après le texte, à une extrémité fermée, est toujours situé un nœud de vibration ; à une extrémité ouverte, est toujours situé un ventre de vibration.



D'autre part $\boxed{\lambda = \dfrac{v}{f}}$.

Si on note f_0 la fréquence du mode fondamental, alors $L_0 = \dfrac{\lambda}{4} = \dfrac{v}{4f_0}$, finalement $\boxed{f_0 = \dfrac{v}{4L_0}}$

2.2.2. Pour le tuyau ouvert aux deux extrémités $L = \dfrac{v}{2f}$.

Pour le tuyau fermé à une extrémité $L_0 = \dfrac{v}{4f_0}$.

Les deux tuyaux ont même longueur $L = L_0$, alors $\dfrac{v}{2f} = \dfrac{v}{4f_0}$ donc $2f.v = 4f_0.v$, ou $2f = 4f_0$.

Finalement $\mathbf{f = 2\,f_0}$, l'affirmation « Un tuyau ouvert aux deux extrémités sonne avec une fréquence double de celle d'un tuyau de même longueur fermé à une extrémité » est **vraie**.

2.3. Influence de la température sur la fréquence du son émis

$$\left.\begin{array}{l} \textbf{2.3.1. } v = k.\sqrt{T} \text{ soit } k = \dfrac{v}{\sqrt{T}} \\ \text{Et } v' = k.\sqrt{T'}\text{, soit } k = \dfrac{v'}{\sqrt{T'}} \end{array}\right\} \quad \frac{v}{\sqrt{T}} = \frac{v'}{\sqrt{T'}} \text{ alors } v' = \frac{v.\sqrt{T'}}{\sqrt{T}} = \boxed{v.\sqrt{\frac{T'}{T}}}$$

2.3.2. Au 2.1.3. on a établi $L = \dfrac{v}{2f}$, soit $v = 2L.f$.

De la même manière $v' = 2L.f'$, la longueur du tuyau n'a pas changé.

$$2L.f' = 2L.f.\sqrt{\frac{T'}{T}}$$

$$f' = f.\sqrt{\frac{T'}{T}}$$

2.3.3. $\dfrac{f'}{f} = \sqrt{\dfrac{T'}{T}} = \left(\dfrac{T'}{T}\right)^{1/2}$

$$\log\frac{f'}{f} = \log\left(\frac{T'}{T}\right)^{1/2} = \frac{1}{2}\log\left(\frac{T'}{T}\right)$$

La température $\theta = 15$°C, et $T = 273{,}15 + \theta$, donc $T = 288$ K

addition : on ne garde pas de décimales puisque θ n'en comporte pas.

La température augmente de 7°C soit 7 K alors $T' = 295$ K

$\log\dfrac{f'}{f} = \dfrac{1}{2}\log\left(\dfrac{295}{288}\right) = \mathbf{5{,}21.10^{-3}}$. Cette valeur est proche, voire égale à celle à partir de laquelle l'oreille distingue les deux sons (l'énoncé donnant ce rapport avec un seul chiffre significatif : 5.10^{-3}).
Ainsi on peut penser que l'oreille ne distinguerait pas les deux sons ou alors avec beaucoup de difficulté.