

**COURS****1 L'OREILLE, UN RÉCEPTEUR SONORE****ACTIVITÉ 1**

Dans ce protocole, les résultats dépendent évidemment de la qualité des haut-parleurs et de leurs bandes passantes.

1. De 20 Hz à 20 kHz environ.
2. Les limites sont très variables d'un individu à l'autre.
3. Les sons graves correspondent aux basses fréquences et les sons aigus aux plus hautes fréquences.
4. La bande de fréquence varie peu avec l'intensité.

**ACTIVITÉ 2**

1. Plus le haut-parleur reçoit d'énergie, plus le son perçu est intense.
2. L'énergie délivrée par le haut-parleur est répartie sur une surface de plus en plus grande au fur et à mesure de la propagation : elle est donc de plus en plus petite pour une surface donnée.
3. Deux haut-parleurs produisent un son plus fort qu'un seul, mais la sensation n'est pas « double ». Le sonomètre indique une augmentation de l'ordre de trois unités.

**2 SONS MUSICAUX****ACTIVITÉ 3**

1. L'intensité sonore est directement liée à l'amplitude de l'onde.
2. Deux notes de musique distinctes n'ont pas la même fréquence.
3. Quand deux notes portent le même nom, la fréquence de la plus aiguë est multiple de la fréquence de la plus grave.
4. La même note produite par deux instruments différents donne des oscillogrammes de même période (sons de mêmes fréquences) mais de formes différentes.

**ACTIVITÉ 4**

1. L'axe des abscisses est gradué en fréquences ; chaque barre du diagramme représente une fréquence particulière.
2. L'analyse de Fourier montre qu'un son pur ne contient dans son spectre qu'une seule fréquence significative.
3. Un son composé est caractérisé par un spectre riche en fréquences multiples.
4. Deux timbres différents se distinguent par les pics de fréquences : nombre, hauteur, etc.

**CORRIGÉS DES EXERCICES**

1. On entend les sons dont la fréquence  $f$  est telle que  $20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$  environ.
2. Il s'agit d'infrasons en deçà de 20 Hz et d'ultrasons au-delà de 20 kHz.

2. 1.  $L$  désigne le niveau sonore lorsque l'intensité sonore est  $I$ .  $I_0$  représente l'intensité de seuil au-dessous de laquelle un son est inaudible quelle que soit sa fréquence.

2.  $L$  est exprimé en décibel (dB) lorsque  $I$  et  $I_0$  sont exprimées en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

3. La fréquence fixe la hauteur, la forme de l'onde précise le timbre et l'amplitude de l'onde détermine l'intensité.

4. 1. et 2. L'analyse de Fourier décompose le signal périodique en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples d'une fréquence fondamentale  $f_0$ .

5. 1. Deux notes sont à l'octave lorsque leurs fréquences sont dans le rapport 2 ou  $\frac{1}{2}$ .

2. L'octave est divisée en 12 degrés (un ton correspond à deux degrés).

3. On passe d'un degré au suivant en multipliant la fréquence du premier par  $2^{1/12}$  ; le do a donc pour fréquence :  $440 \times 2^{3/12} = 523 \text{ Hz}$ .

6. Les sons audibles ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz pour des intensités supérieures à  $10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , ce qui élimine les cas a, c et e.

7. Le niveau sonore dans le bureau est exprimé par la relation  $L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$  et dans l'atelier par la relation

$$L_2 = 10 \times \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right).$$

$$L_2 - L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) - 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10 \times \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right),$$

soit  $\left(\frac{I_2}{I_1}\right) = 10^{(L_2 - L_1)/10} = 10^5$  : dans l'atelier, l'intensité est 100 000 fois celle du bureau !

8. 1. Le niveau sonore est exprimé par :

$$L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right),$$

donc  $\frac{I_1}{I_0} = 10^{L_1/10}$ , soit  $I_1 = 10^{-12} \times 10^7 = 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

2. L'énergie est répartie sur une sphère de 20 m de rayon. Si on divise le rayon par 4, la surface de la sphère est 16 fois plus petite et donc, pour une même énergie, l'intensité est 16 fois plus grande, soit  $1,6 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Le niveau sonore est donc :  $10 \times \log\left(1,6 \times \frac{10^{-4}}{10^{-12}}\right) = 82$ .

Le spectateur placé à 5 m est soumis à 82 dB.

3. Si le rayon de la sphère est multiplié par 3, la superficie est multipliée par 9 et l'intensité divisée d'autant :

$$I = 1,1 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ et } L = 10 \log\left(1,1 \times \frac{10^{-6}}{10^{-12}}\right) = 60,4.$$

À 60 m le niveau est toujours de 60 dB environ.

9. Un niveau  $L_1 = 42 \text{ dB}$  correspond à une intensité  $I_1$  telle que  $L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ .

Le rayon de la sphère est divisé par 3, la superficie est divisée par 9 et l'intensité est multipliée d'autant :

$$I_2 = 9I_1 \text{ et } L_2 = 10 \log \left( \frac{9I_1}{I_0} \right) = L_1 + 10 \log 9 \approx 51,5 \text{ dB.}$$

**10. 1.** Les sons (a) et (b) ont même hauteur, c'est-à-dire même fréquence.

2. (c) est le son le plus aigu car sa fréquence est double.

3. (b) est le son pur car sa fréquence est sinusoïdale.

**11.** Ce son est composé de quatre harmoniques dont le fondamental 220 Hz donne la hauteur.

**12. 1.** Le niveau  $L = 98$  dB est atteint lorsque l'intensité  $I_2$  due à la machine s'ajoute à l'intensité  $I_1$  due au fonctionnement de l'atelier :

$$L = 10 \times \log \left( \frac{I_1 + I_2}{I_0} \right), \text{ soit } I_1 + I_2 = I_0 \times 10^{L/10}.$$

L'atelier seul produit le niveau  $L_1 = 10 \times \log \left( \frac{I_1}{I_0} \right)$ , d'où

$$I_1 = I_0 \times 10^{L_1/10}; \text{ on déduit alors :}$$

$$I_2 = I_0 \times (10^{L/10} - 10^{L_1/10})$$

$$\text{et } L_2 = 10 \times \log \left( \frac{I_2}{I_0} \right) = 10 \log (10^{L/10} - 10^{L_1/10}) = 97.$$

La machine seule génère un niveau sonore de 97 dB.

**2.** L'intensité résultante est :

$$I_1 + 2I_2 = I_0 \times 10^{L/10} + I_0 \times (10^{L/10} - 10^{L_1/10}) \\ = I_0 \times (2 \times 10^{L/10} - 10^{L_1/10}).$$

Le niveau atteint est  $L_3 = 10 \log (2 \times 10^{L/10} - 10^{L_1/10}) = 100,5$ .  
On atteint le niveau sonore de 100,5 dB.

**14. 1. a.** Il s'agit d'un son composé.

b. Une période correspond à 5 divisions :  $T = 2,5$  ms, soit  $f = 400$  Hz.

c. La corde n'est pas accordée car  $f \neq 440$  Hz.

d. Pour l'accorder sur le  $la_3$ , de fréquence plus haute, il faut tendre la corde.

e. On utilise un diapason.

f. Le son émis par le diapason est pur.

**2. a.** La corde 2 permet d'obtenir des fréquences supérieures à 293 Hz.

b. L'étendue des notes étant de quatre octaves par corde, la note la plus aiguë aura pour fréquence  $659,26 \times 2^4$  Hz, soit 10 548 Hz.

Cette note sera jouée par la corde 4.

c. On a bien :  $196 \times \frac{3}{2} = 294$  ;

$$293,63 \times \frac{3}{2} = 440 ;$$

$$440 \times \frac{3}{2} = 660.$$

d. Le troisième schéma est le bon, le fondamental étant à peu près de 300 Hz. Le premier schéma correspond à l'analyse spectrale d'un son pur et le deuxième, de fondamental égal à 440 Hz, à l'analyse spectrale de la corde 3.