



Lors de la préparation d'un concert ou d'un festival le volume sonore doit toujours être réglé correctement pour respecter la législation.

Document 1 : Législation

Depuis le 1^{er} octobre 2018, la loi française impose de limiter le niveau d'intensité sonore à 102 dB maximum pour tous les concerts et festivals.



Sonomètre affichant le niveau d'intensité sonore en régie lors d'un concert

Document 2 : Niveau d'intensité sonore

Le niveau d'intensité sonore noté L (pour « level » in english of course !), se calcule grâce à la formule :

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

L , niveau d'intensité sonore en dB (décibels)

I , intensité sonore de la source en $W \cdot m^{-2}$

I_0 , seuil d'audibilité $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} W \cdot m^{-2}$

L'inverse de la fonction logarithme $\log(x)$ est la fonction antilogarithme $10^x \rightarrow 10^{\log(x)} = x$.

Propriété mathématique utile : $\log(ab) = \log(a) + \log(b)$

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$$

Document 3 : Propagation sphérique du son

On considère qu'à partir d'une source sonore ponctuelle les ondes sonores se déplacent dans toutes les directions, selon une sphère dont la surface a pour formule :

$$S = 4\pi r^2$$

S , surface de la sphère en m^2

r , distance depuis la source en m

Pour une enceinte de sonorisation on peut considérer une diffusion à 180° (demi-sphère).

Document 4 : Paléo Festival à Nyon

La Grande Scène du Paléo festival utilise un système son de type « line array » composé d'une multitude d'enceintes acoustiques. Chaque enceinte est capable de délivrer un niveau d'intensité sonore de 149 dB (mesurés à 1 mètre) avec un angle de dispersion très resserré. L'enceinte la plus proche du public est située à une distance de 16 m.



QUESTIONS

1. **Citer** le nom de l'appareil permettant de mesurer un niveau d'intensité sonore.
2. **Donner** une définition du seuil d'audibilité I_0 .
3. À l'aide d'une analyse dimensionnelle et du *document 2*, **trouver** la formule liant l'intensité sonore I , la puissance sonore P , et la surface S .
4. **Expliquer** comment évolue la surface de propagation du son lorsqu'on double la distance à la source en effectuant un calcul. En déduire l'évolution de l'intensité sonore.
5. De la même façon qu'à la question précédente, **expliquer** comment évolue le niveau d'intensité sonore L lorsque l'intensité sonore I double en effectuant un calcul.
6. Déduire des questions 4 et 5 l'influence de la distance sur le niveau d'intensité sonore.
7. **En déduire** le niveau d'intensité sonore à 1 mètre de l'enceinte la plus proche du public pour respecter la norme.
8. **Calculer** l'intensité sonore I , puis la puissance P , de cette enceinte.
9. À 102 dB pendant une longue durée, **expliquer** les risques encourus pour l'oreille humaine.
10. Les bouchons d'oreille constituent un moyen de lutte contre les risques liés au bruit. Comment peut-on lutter autrement contre le bruit ?

1. L'appareil permettant de mesurer un niveau d'intensité sonore est un **sonomètre**.
2. Le seuil d'audibilité est la plus petite intensité sonore audible par un humain.
3. L'intensité sonore I s'exprime en $W \cdot m^{-2}$ ce qui peut aussi s'écrire $\frac{W}{m^2}$, la puissance P s'exprimant en W et la surface en m^2 la relation peut s'écrire :

$$I = \frac{P}{S}$$

4. La surface de propagation $S = 4\pi r^2$.
Si l'on double la distance r cela devient $S(2r) = 4\pi(2r)^2 = 4 \times 4\pi r^2$ or $4\pi r^2 = S$
Donc $S(2r) = 4 \times S$
Doublé la distance à la source revient à multiplier la surface de propagation par 4
Cela aura pour effet de diviser l'intensité sonore par 4 car $I = \frac{P}{S}$

5. On a $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

Lorsque l'intensité sonore double on peut écrire $L(2I) = 10 \log\left(\frac{2I}{I_0}\right)$

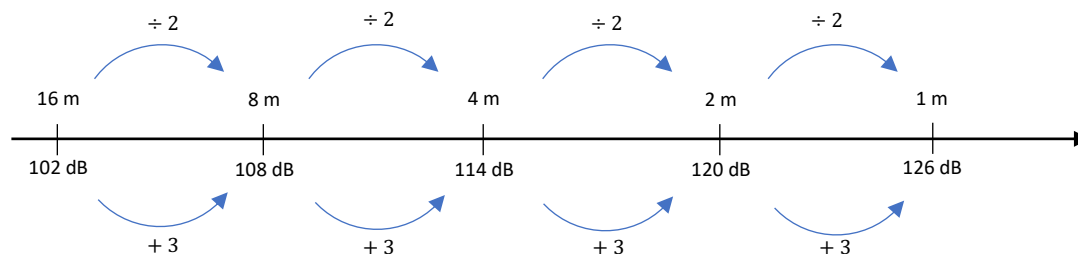
En utilisant les propriétés des logarithmes on peut décomposer l'expression :

$$L(2I) = 10 \log\left(2 \times \frac{I}{I_0}\right) = 10 \log(2) + 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ or } 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = L$$

$$\text{Donc } L(2I) = 10 \log(2) + L = 3 + L$$

Lorsqu'on double l'intensité sonore le niveau d'intensité sonore augmente de 3 dB.

6. Lorsqu'on double la distance à la source, l'intensité sonore est divisée par 4, donc le niveau d'intensité sonore diminue de 6 dB.
7. Grâce au résultat précédent on peut diviser la distance à l'enceinte la plus proche du public plusieurs fois pour retrouver son niveau d'intensité sonore à 1 m :



On s'aperçoit que la relation entre la distance à la source sonore et le niveau d'intensité sonore n'est pas du tout proportionnelle. C'est à cause de la présence du logarithme.

À 1 m de l'enceinte, le niveau sonore avoisine les 126 dB.

8. $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

$$\Leftrightarrow \frac{L}{10} = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$\Leftrightarrow 10^{\frac{L}{10}} = 10^{\log\left(\frac{I}{I_0}\right)}$$

$$\Leftrightarrow 10^{\frac{L}{10}} = \frac{I}{I_0}$$

$$\Leftrightarrow I = 10^{\frac{L}{10}} \times I_0$$

Application numérique (A.N.) : $I = 10^{\frac{126}{10}} \times 1,0 \cdot 10^{-12} = 3,98 W \cdot m^{-2}$

On en déduit $P = I \times S = 3,98 \times 2 \times \pi \times 1^2 = 25 W$ (Attention on ne prend que la moitié de la surface car l'enceinte a une ouverture de 180° ce qui correspond à une demi sphère).

L'enceinte à une intensité sonore de $3,98 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et une puissance de 25 W

9. Si l'exposition au bruit est trop longue ou trop forte, les risques encourus sont :
 - Acouphènes, bourdonnements
 - Perte temporaire ou permanente d'audition
 - Déchirure du tympan
10. Les bouchons d'oreille agissent sur l'atténuation par absorption du bruit en absorbant une partie du signal sonore. Une autre possibilité pour limiter les dommages dus à l'exposition sonore excessive est de s'éloigner de la source sonore, ce qui constitue une atténuation géométrique du bruit. Finalement, réduire les durées d'exposition permet aussi de se protéger.