

1. Caractéristiques du casque et oreille humaine

La réponse en fréquence du casque est **10 Hz – 25 kHz** or le domaine de l'audible pour l'oreille humaine est **20 Hz – 20 kHz** donc la réponse en fréquence est **adaptée** à l'oreille humaine puisqu'elle inclut le domaine de l'audible.

2. Efficacité du dispositif de réduction du bruit

2.1. Nommons L_1 le niveau d'intensité sonore ambiant à proximité immédiate du casque,

L_2 celui entre les oreillettes lorsque le dispositif actif est éteint et que les oreillettes interviennent seules, et L_3 celui entre les oreillettes lorsque le dispositif actif fonctionne.

- seules les oreillettes sont efficaces pour la réduction de bruit ambiant :

On peut comprendre cette phrase de deux façons :

Les oreillettes sont efficaces seules, c'est-à-dire sans voir besoin de recourir au dispositif actif.

C'est le cas si $L_2 < L_1$.

Domaine de fréquences : **environ 170 Hz à 20 kHz.**

Les oreillettes sont les seules à être efficaces. Le dispositif anti-bruit bien qu'en fonctionnement ne sert à rien, voire il est contre-productif en créant lui-même du bruit supplémentaire.

C'est le cas si $L_2 < L_1$ et si $L_3 > L_2$.

Domaine de fréquences : **700 Hz à 20 kHz**

- seul le dispositif actif est efficace pour la réduction du bruit ambiant :

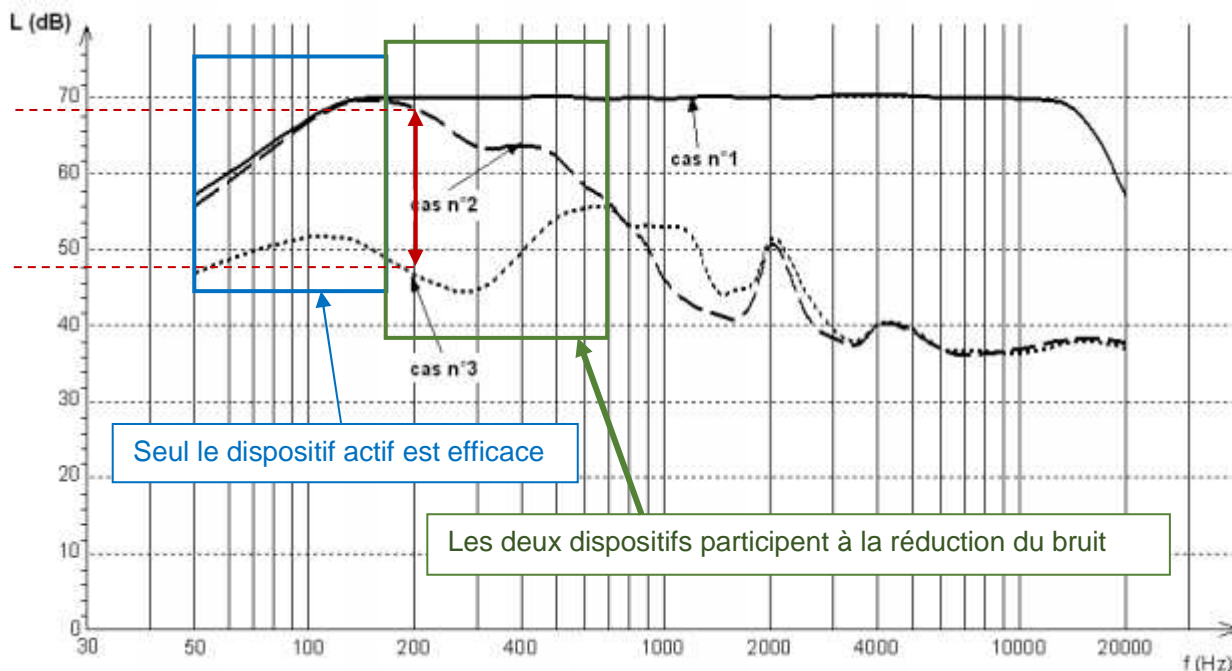
Les oreillettes ne réduisent pas le niveau d'intensité sonore, soit $L_2 = L_1$. Alors que le dispositif actif parvient à réduire ce niveau, soit $L_3 < L_1$.

Domaine de fréquences : **50 Hz à environ 170 Hz.**

- les deux dispositifs participent à la réduction du bruit ambiant :

Les oreillettes réduisent le niveau d'intensité sonore, soit $L_2 < L_1$. Et le dispositif actif renforce en plus cette réduction donc $L_3 < L_2$.

Domaine de fréquences : **170 Hz à 700 Hz.**



2.2. La notice mentionne une fonction réductrice de bruit pour le dispositif actif « allant jusqu'à 20 dB ».

En mesurant l'atténuation apportée par le dispositif anti-bruit (= $L_2 - L_3$), on constate que la diminution peut atteindre jusqu'à 20 dB mais uniquement **autour de la fréquence de 200 Hz**. **Souvent la diminution est inférieure à 20 dB**, mais la notice indique « jusqu'à 20 dB » ce qui est **une formulation juste** mais qui peut induire en erreur...

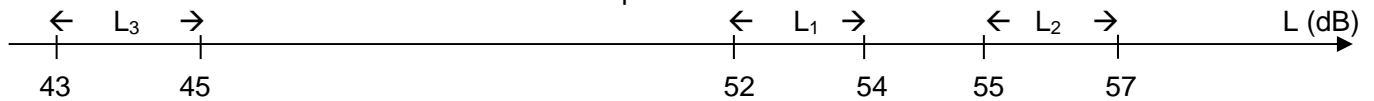
2.3. Le doc. 2 nous montre que dans un train Corail, l'essentiel du bruit ambiant a des fréquences comprises entre **50 Hz et 400 Hz** environ, ce qui correspond à un domaine de fréquences où le dispositif actif est efficace ($10 \leq L_2 - L_3 \leq 22$ dB d'atténuation sur le doc 1).

Le doc. 3 nous montre que lors d'une discussion dans une pièce, l'essentiel du bruit ambiant a lieu entre **200 Hz et 1000 Hz** environ. Or, **au-delà de 700 Hz, le dispositif actif n'apporte aucune atténuation** ($L_2 - L_3 \leq 0$ dB.)

Donc la **diminution du bruit ambiant sera meilleure dans un train Corail** que dans une pièce où a lieu une discussion.

3. Simulation du dispositif actif

3.1. Les intervalles de confiance permettent de conclure que les valeurs mesurées sont significativement différentes car ces intervalles ne se chevauchent pas :



3.2. Les niveaux sonores sont ici systématiquement ajustés à la même valeur : $L_A = L_B = 10 \log \frac{I}{I_0} = 50 \text{ dB}$

Si on additionne les intensités de chaque source, on obtient :

$$L_{A+B} = 10 \log \frac{I+I}{I_0} = 10 \log \left(2 \times \frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log 2 = L_A + 3 \text{ (augmentation de 3 dB)}$$

Ainsi le niveau sonore correspondant est $50 + 3 = 53 \text{ dB}$; il s'agit de l'**expérience 1**.

3.3.1. Dans les expériences 2 et 3, les deux signaux sont émis avec la même fréquence, le phénomène d'**interférences** entre les deux signaux intervient :

- si les signaux sont reçus **en phase**, il y a interférences **constructives** et le niveau sonore augmente (56 dB au lieu de 53 dB)
- si les signaux sont reçus **en opposition de phase**, il y a interférences **destructives** et le niveau sonore diminue (44 dB au lieu de 53 dB).

3.3.2. Ainsi, c'est l'**expérience 3** qui modélise le dispositif actif de réduction de bruit car le niveau sonore global diminue lorsque le dispositif émet un signal anti-bruit en opposition de phase avec le bruit provenant de l'extérieur.

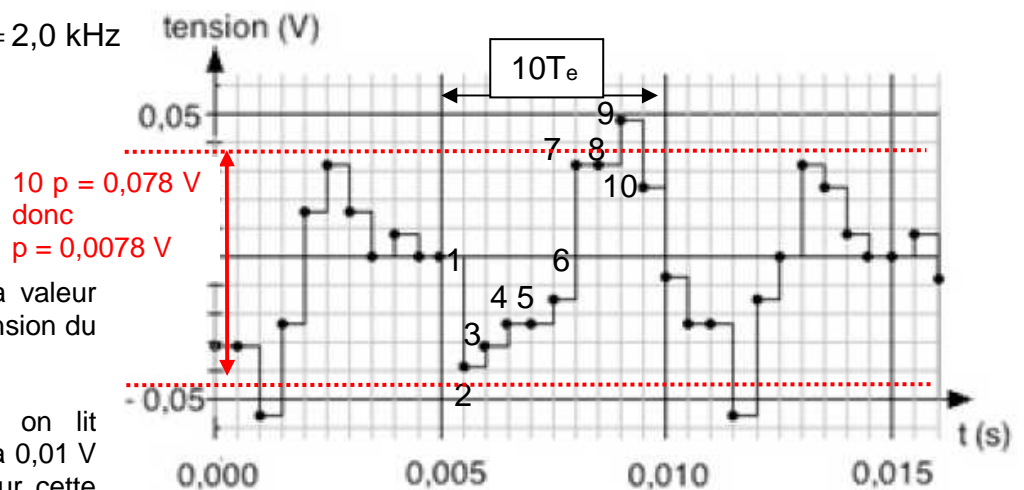
4. Traitement numérique du bruit

4.1. Le 2^{ème} graphique nous montre que 10 mesures sont réalisées entre 0,005 s et 0,010 s.

La période d'échantillonnage est donc $T_e = 0,0005 \text{ s}$ soit $5,0 \times 10^{-4} \text{ s}$.

La fréquence d'échantillonnage (nombre d'échantillons par seconde) est $f_e = \frac{1}{T_e}$ donc

$$f_e = \frac{1}{5,0 \times 10^{-4}} = 2,0 \times 10^3 \text{ Hz} = 2,0 \text{ kHz}$$



10 p = 0,078 V
donc
p = 0,0078 V

Le pas de quantification est la valeur de la plus petite variation de tension du signal numérisé.

Sur le deuxième graphique, on lit $p = 0,0078 \text{ V}$ que l'on arrondit à $0,01 \text{ V}$ vu le manque de précision pour cette lecture graphique.

Rq : l'énoncé demandait juste d'estimer la valeur de p.

4.2. D'après les données, $p = \frac{\Delta U}{2^n}$ avec $\Delta U = 2 \text{ V}$.

Si $n = 8 \text{ bits}$: $p = \frac{2}{2^8} \approx 0,0078 \text{ V}$;

si $n = 16 \text{ bits}$: $p = \frac{2}{2^{16}} \approx 0,000031 \text{ V}$

On a estimé que $p \approx 0,01 \text{ V}$, il s'agit donc d'un codage sur 8 bits.

4.3.1. Pas de formule « magique » de cours à appliquer pour répondre !

La fréquence d'échantillonnage est 20 kHz : cela signifie qu'il y a 20×10^3 échantillons par seconde.

À partir de la durée Δt de l'enregistrement et de la fréquence d'échantillonnage f_e (nombre d'échantillons par seconde), on peut déterminer le nombre d'échantillons N_e : $N_e = f_e \times \Delta t$

$$N_e = f_e \times \Delta t$$

↑ ↑ ↑
sans unité Hz s

De plus, chaque échantillon est codé sur 8 bits soit 1 octet.

La quantité de données numériques d'une séquence de durée Δt est donc $n = f_e \times \Delta t$ (n en octets)

$$n = 20 \times 10^3 \times 6,4 \times 10^{-3} = 128 \text{ octets} \approx 1,3 \times 10^2 \text{ octets}$$

4.3.2. D'après le théorème de Shannon (données), la fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de le numériser correctement.

Ici, la fréquence d'échantillonnage étant de 20 kHz, on peut numériser correctement jusqu'à une fréquence de 10 kHz ce qui est suffisant pour les bruits dont les spectres sont indiqués sur les documents 2 et 3 (8 kHz et 5 kHz environ pour la fréquence maximale)

Pour en savoir plus, lire l'article de Mme Delphine Chareyron :

<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/numerisation-acoustique-Chareyron1.xml>