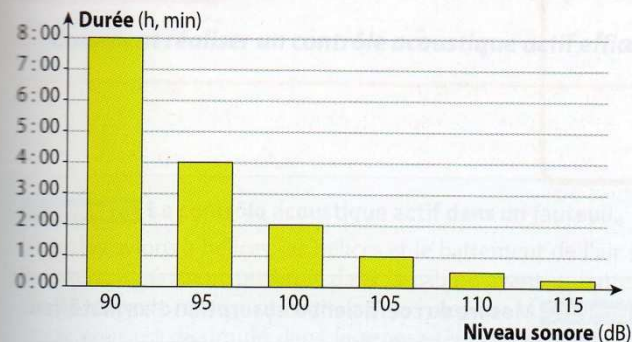


CHAP 08-EXOS Son et architecture

Exercices p 117 à 121 N° 117 (exo résolu) -8-10-13-14

8 Les dommages sur l'audition

Les dommages sur l'audition dépendent du niveau sonore et de la durée de l'exposition au bruit. Le graphe ci-dessous indique la durée maximale d'exposition pour différentes valeurs du niveau sonore.



1. Calculer l'intensité sonore et l'amplitude de la surpression correspondant à un niveau sonore de 115 dB.

2. Pour un plongeur, la surpression due à l'eau sur le tympan est proportionnelle à la hauteur d'eau. Elle vaut 10^5 Pa à 10 m de profondeur. Calculer la surpression sur le tympan d'un nageur se trouvant à 10 cm sous la surface de l'eau. Comparer au résultat précédent.

3. L'amplitude de la surpression correspondant au niveau sonore de 115 dB est-elle seule responsable des dommages sur l'audition ? Quel autre paramètre joue un rôle dans cette altération de l'ouïe ?

1. Calcul de l'intensité sonore.

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

$$I = 10^{-12} \cdot 10^{\frac{115}{10}} = 0,316 \text{ W.m}^{-2}$$

Calcul de l'amplitude de la surpression

On a la formule, cf p 112 livre

$$L = 20 \cdot \log\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0}\right)$$

D'où :

$$\Delta P = \Delta P_0 \cdot 10^{\frac{L}{20}}$$

$$\Delta P = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{\frac{115}{20}} = 11,25 \text{ Pa}$$

2. Calcul de la surpression à 0,1 m :

10^5 Pa pour 10 m

ΔP Pa pour 0,1 m

$$\text{D'où } \Delta P = \frac{0,1 \cdot 10^5}{10} = 10^3 \text{ Pa}$$

Ce qui fait environ : 100 fois plus qu'avant

Rem :

$$\frac{10^3}{11,25} = 100$$

3. Non, l'amplitude de la surpression n'est pas seule responsable, la durée trop importante de l'exposition au bruit est la cause fondamentale d'un dommage sur l'audition, mais la fréquence entre aussi en ligne de compte.

10 Gêne d'un joueur de batterie

Julien joue de la batterie dans sa chambre. Le niveau sonore au niveau des murs vaut $L_1 = 85$ dB dans la bande de fréquence 100 Hz-1 kHz. La chambre de sa sœur est séparée de la sienne par une cloison. La mère de Julien, qui lit un journal dans le salon de l'autre côté du couloir, est séparée de la batterie de Julien par deux cloisons. Le voisin passe l'aspirateur ($L_2 = 65$ dB)

et est séparé de la batterie par un mur porteur. Les coefficients de transmission sont les suivants :

- cloison : $t_c = 5 \cdot 10^{-3}$ dans la bande 100 Hz-1 kHz ;
- mur porteur : $t_m = 1,6 \cdot 10^{-5}$ dans la bande 100 Hz-1 kHz.

1. Calculer les niveaux sonores L_s , L_m , et L_v reçus respectivement par la sœur, la mère et le voisin « victimes » de la batterie de Julien. À l'aide du doc. 1 p. 112, indiquer le niveau de gêne.

2. Julien est-il gêné par le bruit de l'aspirateur de son voisin ?

1. Calcul de L_s reçue par la sœur :

$$\text{On a : } A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}} = -10 \cdot \log(t)$$

Ici on utilise :

$$L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}} = -10 \cdot \log(t)$$

On a dans notre cas :

$$L_1 - L_s = -10 \cdot \log(t_c)$$

$$-L_s = -10 \cdot \log(t_c) - L_1$$

$$L_s = 10 \cdot \log(t_c) + L_1$$

A.N.

$$L_s = 10 \cdot \log(5 \cdot 10^{-3}) + 85 = 62 \text{ dB}$$

- Calcul de L_m reçue par la mère :

$$L_m = 2 \cdot 10 \cdot \log(t_c) + L_1$$

A.N.

$$L_m = 2 \cdot 10 \cdot \log(5 \cdot 10^{-3}) + 85 = 39 \text{ dB}$$

- Calcul de L_v reçue par le voisin :

$$L_v = 10 \cdot \log(t_p) + L_1$$

A.N.

$$L_s = 10 \cdot \log(1,6 \cdot 10^{-5}) + 85 = 37 \text{ dB}$$

Le voisin n'est pas dérangé par Julien tant qu'il passe l'aspirateur. La sœur de Julien, en revanche, est dérangée par le bruit de la batterie. Sa mère l'est aussi, très légèrement.

2. - Calcul de L_j reçue par Julien :

$$L_j = 10 \cdot \log(t_p) + L_1$$

A.N.

$$L_s = 10 \cdot \log(1,6 \cdot 10^{-5}) + 65 = 17 \text{ dB}$$

Julien n'est absolument pas dérangé par le voisin, surtout s'il joue de la batterie !!!

ΔP (Pa)	I ($W \cdot m^{-2}$)	L (dB)	Exemple de bruit
200	100	140	Réacteur d'avion au décollage
20	1	120	Sirène de pompier
6	0,1	110	Moto à l'accélération
0,2	10^{-4}	80	Circulation automobile
0,036	$3 \cdot 10^{-6}$	65	Conversation animée
$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-8}	40	Chuchotement
$6 \cdot 10^{-5}$	10^{-11}	10	Chambre anéchoïque
$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-12}	0	Limite d'audition (oreille humaine)

1 Correspondance pour quelques bruits usuels des différentes grandeurs.

13 Coefficient d'absorption (4 points)

Problématique

La durée de réverbération d'un matériau indique ses qualités pour absorber les sons et diminuer ainsi la réverbération d'une pièce dans laquelle il est placé.
Comment mesurer cette durée de réverbération ?

Document 1 La chambre réverbérante.

Afin d'améliorer le confort des usagers des piscines, les plafonds de ces bâtiments sont partiellement ou totalement recouverts de matériaux dont le coefficient d'absorption est élevé pour les fréquences audibles, afin de diminuer la réverbération. Ces matériaux sont testés dans une chambre réverbérante.

Un son est émis dans une salle à différentes fréquences, séparées par une octave. Un sonomètre adapté mesure la durée de réverbération de la salle, c'est-à-dire le temps mis par le son pour décroître de 60 dB après l'interruption de la source sonore. La chambre réverbérante est une salle pour laquelle la durée de réverbération est longue ; ses parois sont faites de béton plâtré dont le coefficient d'absorption est faible.

Document 2 Durée de réverbération T_0 d'une chambre réverbérante de volume $V = 150 \text{ m}^3$ pour différentes fréquences F .

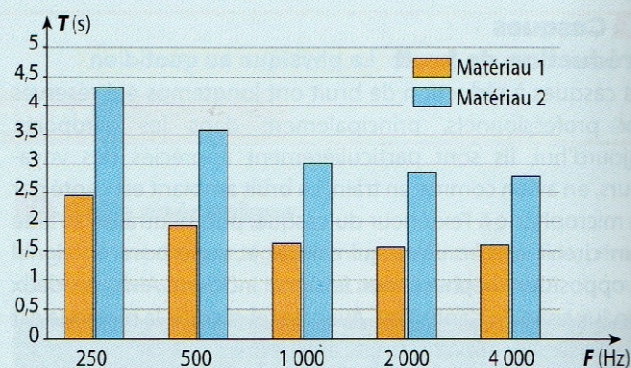
F (Hz)	250	500	1 000	2 000	4 000
T_0 (s)	6,30	6,10	4,30	3,25	3,10

Document 3 Mesure du coefficient d'absorption d'un matériau.

La loi de Sabine permet de déterminer le coefficient d'absorption d'un matériau par la mesure de la durée de réverbération T : $T = 0,16V/A_{\text{eq}}$; V est le volume de la chambre ; A_{eq} est l'aire absorbante équivalente de la chambre, $A_{\text{eq}} = \sum S_i \alpha_i$; α_i est le coefficient d'absorption du matériau i de surface S_i .

Un échantillon de matériau de surface $S = 10 \text{ m}^2$, faible devant la surface S_0 des parois de la chambre réverbérante, est collé sur une paroi de cette chambre. Les mesures de la durée de réverbération T sont effectuées pour différentes bandes de fréquences. Ces bandes de fréquences sont appelées « bandes d'octave », car les fréquences médianes sont séparées d'une octave.

Le graphique ci-dessous donne les mesures effectuées pour deux matériaux différents.



Questions

- Quel matériau est le mieux adapté pour recouvrir le plafond d'une piscine ?
- Déterminer la relation entre le coefficient d'absorption α_i de ce matériau et les durées de réverbération T_0 et T_i .
- Calculer α_i pour chaque bande d'octave.
- Dans quelle(s) bande(s) d'octave ce matériau est-il le plus performant ?



1. Pour toutes les fréquences étudiées,
 T_1 est plus faible que T_2 , donc le matériau 1
 absorbe bien les sons, propriété recherchée pour les faux plafonds

2. Relation entre α_1 et T_0 et T_1

On a :
 la formule de sabine

$$T = 0,16 \cdot \frac{V}{A_{eq}}$$

Avec

$$A_{eq} = \sum_i \alpha_i \cdot S_i$$

ici :

Pour la surface S_0 la durée de réverbération T_0 est :

$$T_0 = 0,16 \cdot \frac{V}{A_{eq}}$$

Et

$$A_{eq} = \alpha_0 \cdot S_0$$

D'où :

$$T_0 = 0,16 \cdot \frac{V}{\alpha_0 \cdot S_0}$$

Pour la durée de réverbération T_1 on a collé une surface S sur la surface S_0 :

D'où :

$$T_1 = 0,16 \cdot \frac{V}{A_{eq}}$$

Et

$$A_{eq} = \alpha_0 \cdot S_0 + \alpha_1 \cdot S$$

D'où :

$$T_1 = 0,16 \cdot \frac{V}{\alpha_0 \cdot S_0 + \alpha_1 \cdot S}$$

$$T_1 \cdot (\alpha_0 \cdot S_0 + \alpha_1 \cdot S) = 0,16 \cdot V$$

$$T_1 \cdot \alpha_0 \cdot S_0 + T_1 \cdot \alpha_1 \cdot S = 0,16 \cdot V$$

$$T_1 \cdot 0,16 \cdot \frac{V}{T_0} + T_1 \cdot \alpha_1 \cdot S = 0,16 \cdot V$$

$$T_1 \cdot \alpha_1 \cdot S = 0,16 \cdot V - T_1 \cdot 0,16 \cdot \frac{V}{T_0}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{T_1 S} \cdot (0,16 \cdot V - T_1 \cdot 0,16 \cdot \frac{V}{T_0})$$

$$\alpha_1 = \frac{0,16 \cdot V}{T_1 S} \cdot (1 - T_1 \cdot \frac{1}{T_0})$$

$$\alpha_1 = \frac{0,16 \cdot V}{S} \cdot (\frac{1}{T_1} - \frac{T_1}{T_1} \cdot \frac{1}{T_0})$$

$$\alpha_1 = \frac{0,16 \cdot V}{S} \cdot (\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0})$$

$$\alpha_1 = \frac{0,16 \cdot 150}{10} \cdot (\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0})$$

$$\alpha_1 = 2,4 \cdot (\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0})$$

3. Calcul de α_1 pour les différentes fréquences

F (Hz)	250	500	1 000	2 000	4 000
α_1	$0,60 = 2,4 \cdot (\frac{1}{2,5} - \frac{1}{6,3})$	0,84	0,91	0,79	0,72

4. α_1 doit être le plus grand possible. Ce matériau est très performant dans la bande d'octave autour de 1 000 Hz, donc pour les fréquences correspondantes aux sons les plus bruyants dans une piscine.

14 L'électronique pour lutter contre le bruit (5 points)

Problématique

Comment réaliser un contrôle acoustique actif efficace ?

Document 1 Le contrôle acoustique actif dans un fauteuil.

Dans les avions à hélices, les hélices et le battement de l'air sur le fuselage génèrent un bruit dans la cabine avant qui atteint 80 dB. Afin de réduire ce bruit, un système de contrôle acoustique actif est dissimulé dans le repose-tête des fauteuils. Un microphone capte le son dans la cabine, celui-ci est analysé par

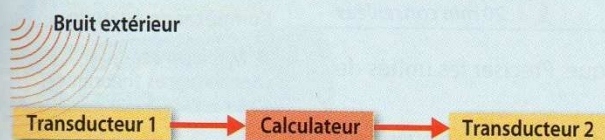
un système électronique, qui produit un « antibruit » transformé en signal sonore par le haut-parleur. Le son est alors réduit d'une trentaine de décibels.

Le microphone et le haut-parleur sont miniaturisés et possèdent une bande passante adaptée au bruit de l'avion.

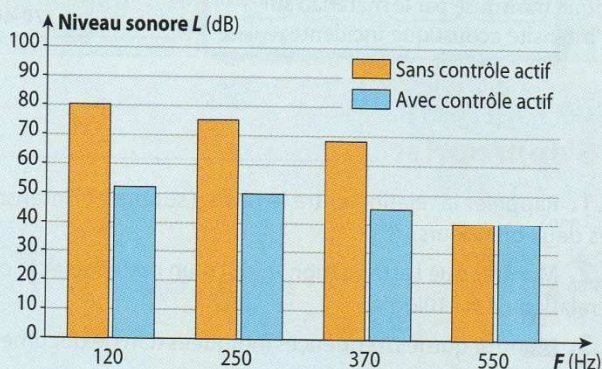
Document 2 Une représentation du contrôle acoustique actif.

Le système électronique du contrôle acoustique actif peut être représenté par le schéma ci-dessous.

L'onde sonore est reçue par le transducteur 1. Le calculateur contient un analyseur de spectre, un générateur de signaux électriques. Il nécessite une alimentation électrique.



Document 3 Analyse du bruit dans la cabine, au niveau de l'oreille du passager.



Document 4 Se protéger du bruit.

Les personnes qui sont soumises dans leur travail à des nuisances sonores sont munies de casques audio équipés d'un dispositif d'acoustique active. Ces casques atténuent le plus possible les bruits nuisibles, tout en permettant l'audition de la parole pour des raisons de sécurité.



Questions

1. Pourquoi le dispositif de contrôle actif est-il placé dans la tête des fauteuils ?
2. Quel est le rôle de chaque transducteur ? Quelles qualités doivent-ils posséder ? En particulier, préciser la largeur minimale de leur bande passante.
3. Quelles sont les périodes des signaux électriques obtenus à la sortie du calculateur ?
4. Pour le son le plus fort, représenter sur un même graphique le signal sonore avant le contrôle actif et celui généré par le contrôle actif, en précisant les amplitudes et la période des signaux.
5. Indiquer le fonctionnement d'un casque audio actif et préciser l'intervalle de fréquences traitées par le dispositif d'acoustique active.

1. Plus le bruit est traité près des oreilles, plus le système est efficace. Le dispositif est donc installé dans la tête de chaque fauteuil.

2. - Le transducteur 1 est un microphone. Il transforme le signal sonore en signal électrique, qui est analysé par le calculateur.

- Dans le calculateur, le générateur de signaux fabrique un signal électrique de même fréquence, mais en opposition de phase avec le signal reçu.

Le transducteur 2 est un haut-parleur. Il transforme le signal électrique en signal sonore de même fréquence.

- Ces composants doivent être miniaturisés afin de pouvoir être placés dans la tête du fauteuil, ils doivent supporter les variations de pression, les vibrations et les secousses de l'avion.

- Leur bande passante doit comporter les fréquences de 120 à 370 Hz, (à 550 Hz avec ou sans contrôle actif, c'est pareil)

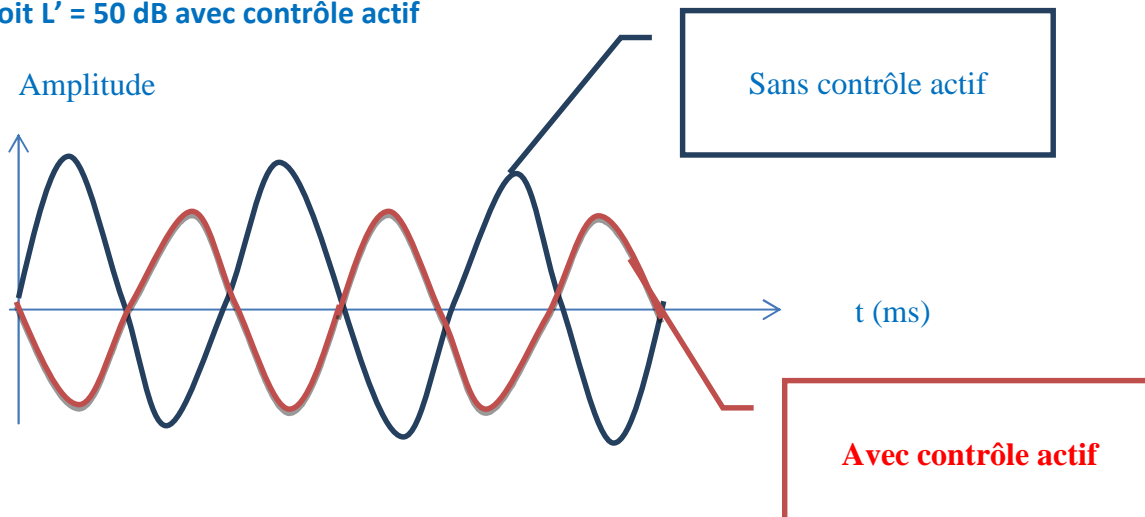
3. Les fréquences traitées sont $F_1 = 120 \text{ Hz}$, $F_2 = 250 \text{ Hz}$ et $F_3 = 370 \text{ Hz}$, ce qui correspond respectivement aux périodes

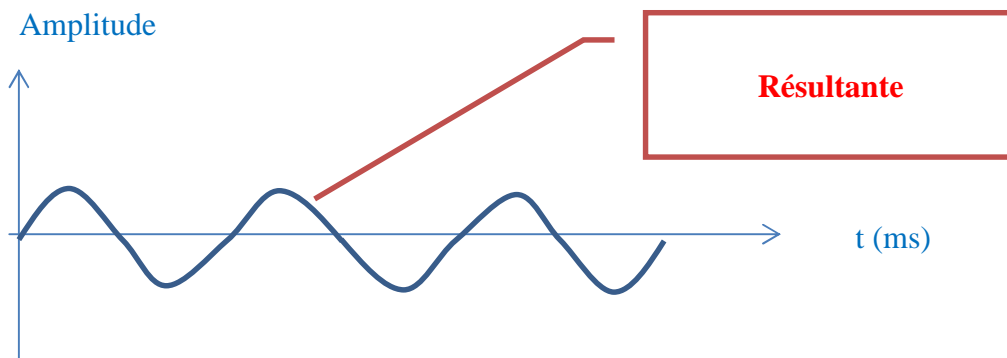
$$T_1 = \frac{1}{F_1} = \frac{1}{120} = 8,4 \text{ ms}$$

$$T_2 = 4 \text{ ms}$$

$$T_3 = 2,7 \text{ ms}$$

4. Le son le plus fort c'est pour $F_1 = 120 \text{ Hz}$ donc $T_1 = 8,4 \text{ ms}$
on a soit $L = 80 \text{ dB}$ sans contrôle actif
soit $L' = 50 \text{ dB}$ avec contrôle actif





5. Le casque contient un microphone miniaturisé qui transforme les sons en un signal électrique. L'analyseur de spectre réalise l'analyse spectrale du signal. Le générateur de signaux génère des signaux en opposition de phase avec ceux dont la fréquence est inférieure à 300 Hz. La parole a un spectre de fréquences dont les valeurs sont essentiellement supérieures à 300 Hz. Le haut-parleur transforme les signaux électriques en signaux sonores qui créent l'antibruit pour les basses fréquences.