

ME3A — Elements d'acoustique

L'acoustique traite de la propagation des ondes de compression dans les matériaux. En général, on se limite à l'acoustique dans l'air, dans le domaine des fréquences perceptibles par l'oreille humaine, fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Dans l'approximation d'une propagation unidimensionnelle selon l'axe x et sans atténuation, le son est une onde de pression $p(x, t)$ se propageant à vitesse c suivant une équation d'onde de la forme

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

Dans l'air, la vitesse est de l'ordre de $c \approx 340$ m/s.

Les solutions générales de (1) sont **toutes** les fonctions de la variable $x + ct$ ou $x - ct$. En pratique, un son est un assemblage complexe de fonctions qui dépendent de la source sonore, de l'environnement de propagation et de la capacité du récepteur à mesurer le son. Une décomposition conventionnelle consiste à décrire un son reçu mesuré à un endroit donné comme une superposition linéaire de fonctions cosinus, chaque fonction ayant une amplitude A_n et une pulsation ω_n :

$$p(t) = \sum_n A_n \cos(\omega_n t + \varphi_n) \quad (2)$$

Dans le langage technique, on préfère utiliser la fréquence

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$$

Une bande d'octave est un intervalle de fréquence dont les bornes sont $[f; 2f]$. Une bande en tiers d'octave est un intervalle de fréquence dont les bornes sont $[f; 2^{1/3}f]$. En acoustique du bâtiment et acoustique industrielle, les bandes de fréquences sont standardisées. Elles sont centrées autour des dix fréquences suivantes (en Hz) : [31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000]. Pour les tiers d'octaves (les bandes sont plus étroites), les trente centres des bandes sont : [25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500, 16000, 20000].

L'intensité d'un son dépend de l'amplitude des fluctuations de la pression $p(x)$. On définit l'**intensité acoustique** par

$$I = \frac{1}{\rho_0 c} \langle p^2 \rangle_t = \frac{1}{\rho_0 c} \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt \quad (3)$$

Cette intensité se mesure en W/m^2 .

Le niveau acoustique est défini par

$$L = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}, \quad (4)$$

et a comme unité le décibel (dB). Cette expression se base sur une intensité acoustique de référence $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Le niveau acoustique a deux valeurs remarquables : 0 dB le seuil d'audition et 120 dB le seuil de douleur. L'expression (4) exprime le fait que l'oreille humaine est un capteur **logarithmique**.

Composition de niveaux acoustiques. Quand on perçoit le son issu de deux sources acoustiques indépendantes de niveaux L_1 et L_2 , le niveau global perçu est

$$L = 10 \log_{10} \left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right)$$

et en généralisant à N sources d'intensités L_i , le niveau global est

$$L = 10 \log_{10} \left(\sum 10^{L_i/10} \right) \quad (5)$$

Quand un son franchit une paroi matérielle, il subit un effet de filtrage et d'atténuation. On peut caractériser cet effet en mesurant la différence de niveau entre un son émis de niveau L_1 (en général bien connu) et un son mesuré de niveau L_2 . C'est une résistance acoustique :

$$R_A(f) = L_2 - L_1$$

Cette résistance caractérise la capacité d'un matériau à absorber certaines fréquences. Cette capacité dépend de la nature du matériau (donc de sa densité) mais aussi de son épaisseur.