

Electroacoustique Généralités

- Indicateurs -

Bruno GAZENGEL

Introduction

- Les indicateurs utilisés en électroacoustique permettent de quantifier grâce à des valeurs numériques les caractéristiques et performances des systèmes électroacoustiques
- Indicateurs
 - Niveau électrique,
 - Niveau sonore et intensité acoustique,
 - Puissance, rendement
 - Efficacité, sensibilité
 - Dynamique
 - Rapport signal à bruit

Niveaux électriques

- Intérêt : permet de mesurer le niveau de tension U (en Volt) par rapport à une référence. Il est exprimé en dB.

- Niveau en dB V, $U_1 = 1 \text{ V}$ $1 \text{ dB V} = 20 \log_{10} \frac{U}{U_1}$

- Niveau en dB u, $U_2 = 0,775 \text{ V}$ $1 \text{ dB u} = 20 \log_{10} \frac{U}{U_2}$

- Quelques valeurs

| U (Volt) | dB V | dB u |
|----------|--------|------|
| 0,1 | -20 dB | |
| 0,5 | -6 dB | |
| 0,775 | | 0 dB |
| 1 | 0 dB | |
| 1,55 | | 6 dB |
| 2 | 6 dB | |
| 4 | 12 dB | |

Niveau sonore

- Pression acoustique
 - Définition : écart de pression instantané autour de la pression atmosphérique
- Pression acoustique de référence
 - Définition : pression acoustique correspondant au seuil d'audition $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa.
- Niveau sonore en dB SPL
 - Calculé à partir de la pression acoustique efficace
$$L_p(t) = 20 \log \frac{p_{eff}(t)}{p_0}$$

Niveau sonore

- Relations utiles
 - Référence 1 Pa \Leftrightarrow 94 dB SPL
 - Pression * racine (2) \Leftrightarrow niveau + 3 dB
 - Pression x 2 \Leftrightarrow niveau + 6 dB
 - Pression x 3,16 \Leftrightarrow niveau + 10 dB
 - Pression * 10 \Leftrightarrow niveau + 20 dB

| Pression (Pa) | Niveau (dB SPL) |
|---------------|-----------------|
| 1 | 94 |
| 2 | 100 |
| 3,16 | 104 |
| 10 | 114 |

Niveau sonore

- Niveau dû à plusieurs sources
 - Hypothèse : les sources sont incohérentes
 - Mode de calcul : le niveau sonore est dû à la somme des intensités des différentes sources

$$L_T = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right)$$

- Cas de N sources identiques de niveau L

$$L_T = L + 10 \log_{10} N$$

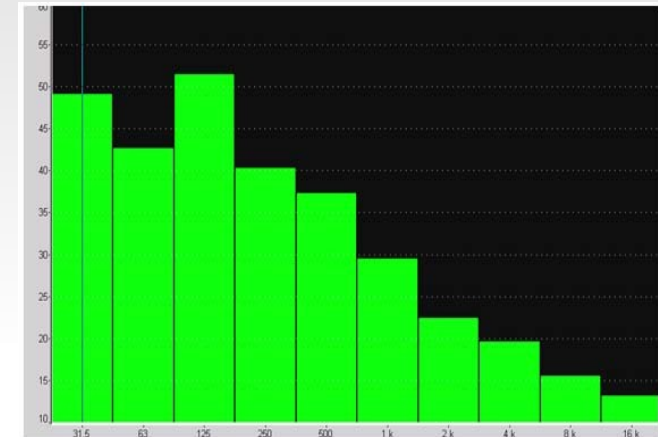
Niveau sonore

- Niveau par bande
 - Bandes d'octave

$$f_c(n) = f_c(n-1) * 2$$

$$f_d(n) = f_c \frac{(n)}{\sqrt{2}}$$

| Fréquence centrale | Fréquence début | Fréquence fin |
|--------------------|-----------------|---------------|
| 125 | 88 | 176 |
| 250 | 176 | 353 |
| 500 | 353 | 707 |

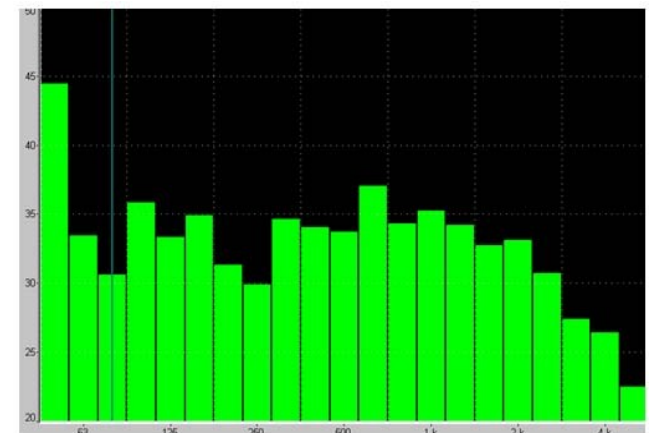


- Bandes de 1/3 octave

$$f_c(n) = f_c(n-1) * 2^{1/3}$$

$$f_d(n) = f_c \frac{(n)}{2^{1/6}}$$

| Fréquence centrale | Fréquence début | Fréquence fin |
|--------------------|-----------------|---------------|
| 125 | 111 | 140 |
| 160 | 140 | 177 |
| 200 | 177 | 223 |



Niveau sonore

- Niveau global
 - Le niveau global est obtenu en ajoutant la somme des énergies contenues dans les différentes bandes d'analyse

$$L_T = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right)$$

- Niveau global pondéré
 - Dans le cas où on utilise un système de pondération (A, C), le niveau global est la somme des énergies pondérées

$$L_P = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{(L_i + \text{pondération})/10} \right)$$

Intensité acoustique

- Définition : (grandeur vectorielle variant dans le temps). $\vec{I} = p \vec{v}$
- Unité : W/m^2
- Intensité active :
 - valeur moyenne de l'intensité dans le temps

$$I_a = \frac{1}{T} \int_T p(t) v(t) dt$$

- En régime cissoïdal (P et V : amplitudes complexes de la pression et la vitesse)

$$I_a = \frac{1}{2} \Re(P V^*)$$

Niveau et intensité sonore

- Niveau d'intensité $L_I = 10 \log_{10} \frac{I_a}{I_0}$
 - I_0 : intensité de référence $I_0 = p_0 v_0$
 - p_0 : pression de référence $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
 - v_0 : vitesse de référence
 - conditions de champ libre $v_0 = \frac{p_0}{\rho c}$
 - Impédance caractéristique de l'air $\rho c \simeq 400$
 - Intensité de référence

$$I_0 = \frac{p_0^2}{\rho c} \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Puissances, rendement

- Puissance électrique (Watt)

- Puissance active

- Puissance moyenne consommée sur une période

$$P_a = \frac{1}{T} \int_T u(t) i(t) dt$$

- En régime cissoïdal $P_a = \frac{1}{2} \Re(U I^*)$

- Puissance acoustique (Watt)

- Définition : $W = \iint_S \vec{I} \cdot \vec{dS} = \iint_S I_n dS$

- Pour une onde plane $W = \iint_S I dS$

- Niveau de puissance $L_W = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$

- Puissance de référence $W_0 = 10^{-12} \text{ W}$

- => intensité de référence dans un surface de 1 m²)

Puissances, rendement

- Rendement

- Définition : Rrppport de deux puissances $\eta = \frac{P_s}{P_e}$

- Pour un haut-parleur

- Puissance électrique
 - Puissance acoustique

Efficacité, sensibilité

- Sensibilité
 - Rapport de la tension de sortie et de la pression acoustique incidente pour un microphone (V/Pa)
 - Dépend de la fréquence et de l'angle d'incidence
- Efficacité
 - Niveau dans l'axe d'un haut-parleur à une distance de 1 mètre pour une puissance électrique de 1 W (dB/W/m)
 - Calcul du niveau pour une puissance électrique P_e
$$L_p = Eff + 10 \log P_e$$

Dynamique

- Définition
 - Pour un signal
 - En linéaire : rapport entre l'amplitude maximale et l'amplitude minimale.
 - En dB : différence entre le niveau maximal (en dB) et le niveau minimal (en dB)
 - Pour un système
 - En linéaire : rapport entre l'amplitude à la saturation et l'amplitude du bruit de fond.
 - En dB : différence entre le niveau de saturation (en dB) et le niveau de bruit de fond (en dB)