Corrigé du TD 2

Exercice 1

1. On a

$$20log_{10}\frac{(1+mcos(0))}{(1+mcos(\pi/4))}=2$$

$$1+m=10^{1/10}(1+m/\sqrt{2})$$

$$m=\frac{10^{1/10}-1}{1-10^{1/10}/\sqrt{2}}$$

$$m=2.36$$

2. On trace $20log_{10}(|\frac{1+mcos\theta}{(1+m)}|)$, voir figure 1.

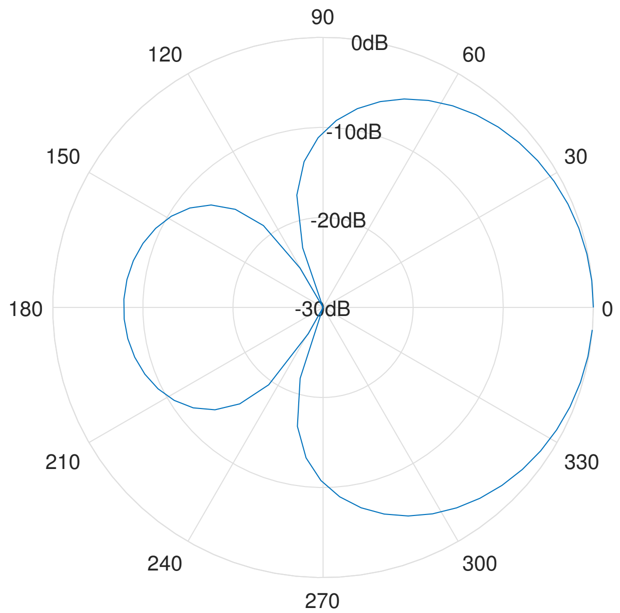

FIGURE 1 – Directivité du microphone.

Exercice 2

1. La force est $F=\pi r^2 p=\pi r^2 p_0 10^{L/20}$ avec $p_0=2\ 10^{-5}Pa$ et $L=90dB$. Cela donne $F=111,8\ 10^{-6}N$.
2. $v=F/Z_m$ ce qui donne $v=223,5\ 10^{-6}m/s$. La tension est donnée par $u=Blv$ soit $u=447,1\ 10^{-6}V$.
3. La sensibilité du microphone est $s=u/p$ soit $s=0.7mV/Pa$.

Exercice 3

Le haut parleur produit un champ de pression donné par

$$p(r) = \frac{A}{4\pi r} e^{ikr} \tag{1}$$

donc

$$L = 20 \log_{10} \frac{|A|}{4\pi r p_0} \tag{2}$$

et

$$|A| = 4\pi r p_0 10^{\,L/20} \tag{3}$$

Le champ de vitesse particulaire radial est

$$v = \frac{A}{4\pi i \rho \omega r^2}(ikr - 1)e^{ikr} \tag{4}$$

et la puissance rayonnée

$$W_{acous} = 2\pi r^2 I = 2\pi r^2 \frac{1}{T}\int_0^T p(t)v(t)dt = 2\pi r^2 (\frac{1}{2} Re(pv^*)) = \frac{|A|^2}{16\pi\rho c} = \frac{(4\pi r p_0 10^{\,L/20})^2}{16\pi\rho c} \tag{5}$$

L'efficacité de la conversion d'énergie est donc

$$e = \frac{W_{acous}}{W_{elec}} = \frac{(4\pi r p_0 10^{\,L/20})^2}{16\pi\rho c W_{elec}} \tag{6}$$

L'application numérique donne

$$e = \frac{W_{acous}}{W_{elec}} = 0.3\% \tag{7}$$

Exercice 4

1.

$$\begin{aligned} \hat{x}(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt && (8) \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\delta(t - n\Delta t) e^{-i\omega t} dt && (9) \\ &= \sum_{-\infty}^{+\infty} x(n) e^{-i\omega n \Delta t} && (10) \end{aligned}$$

et

$$\hat{y}(\omega) = \frac{1}{2}(1 + e^{-i\omega\Delta t})\hat{x}(\omega) \tag{11}$$

2. Le signal transformé est périodique de fréquence $f_0 = 1/\Delta t$.
3. Le gain à fréquence nulle est $\frac{1}{2}|1 + e^{-i\omega\Delta t}|_{\omega=0} = 1$.

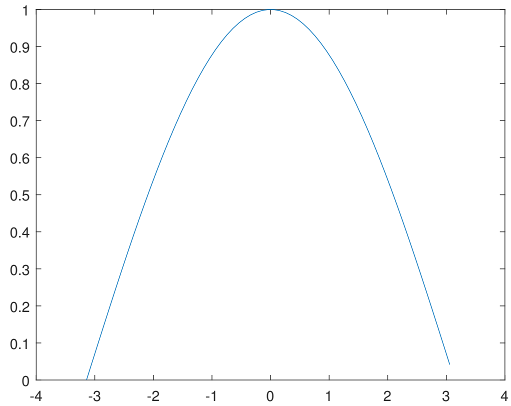

FIGURE 2 – Gain du filtre.

4. La haute fréquence est obtenue pour $\omega\Delta t = \pi$ et le gain à haute fréquence est $\frac{1}{2}|1 + e^{-i\omega\Delta t}|_{\omega=\pi/\Delta t} = 0$
5. Le gain en fonction de la fréquence est donné sur la figure 2.
6. Il s'agit d'un filtre passe-bas.

Exercice 5

1. Prenons une distance $l = 30cm$, nous obtenons $l = c/f$ soit $f = c/l = 1133Hz$. C'est la zone de fréquence de sensibilité maximale de l'oreille.
2. $dt = l/c = 8.8\ 10^{-4}s$.
3. Cette différence de temps d'arrivée permet la localisation du son par le système nerveux. Pour les hautes fréquences, la localisation est plutôt obtenue par la différence de niveaux sonores perçus aux deux oreilles.

Exercice 6

1. Nous avons $I = I_0\,10^{L/10}$ ce qui donne $I = 3.2\,10^{-4}W/m^2$ pour L=85dB et $I = 0.1W/m^2$ pour L=110dB.
2. Les énergies reçues sont $E = IT$ où T est le temps d'exposition au son. Cela donne $E = 60J/m^2$ pour 10mn à 110dB et $E = 9.1J/m^2$ pour 8H à 85dB.

Exercice 7

Le bruit de quantification est un signal aléatoire uniformément distribué avec une amplitude crête à crête d'un niveau de quantification. Pour une représentation sur 16 bits, nous avons

$$SNR = 20\log_{10}(2^{16}) = 96dB$$

et pour une représentation sur 24 bits

$$SNR = 20\log_{10}(2^{24}) = 144dB$$