Corrigé du TD 1

Exercice 1

Appelons L_v le niveau de la ventilation, L_c le niveau de la circulation, I_v et I_c les intensités correspondantes. On sait que

$$10\log(\frac{I_v+I_c}{10^{-12}}) = 62dB$$

ce qui donne

$$\frac{I_v+I_c}{10^{-12}} = 10^{6.2}$$

D'une part, on sait que

$$10\log(\frac{I_c}{10^{-12}}) = 57dB$$

ce qui donne

$$\frac{I_c}{10^{-12}} = 10^{5.7}$$

On en déduit

$$\frac{I_v}{10^{-12}} = 10^{6.2} - 10^{5.7}$$

Par définition

$$L_v = 10\log(\frac{I_v}{10^{-12}})$$

d'où

$$L_v = 10\log(10^{6.2} - 10^{5.7}) = 60.3dB$$

Exercice 2

1. Soit L le niveau sonore à $r = 1m$, l'amplitude A est donnée par $A = 4\pi r p_0 10^{L/20}$. La vitesse particulaire est
$$v = \frac{A}{4\pi i\rho\omega r^2}(ikr-1)e^{ikr} \tag{1}$$
2. Son amplitude est
$$|v| = \frac{p_0 10^{L/20}}{\rho\omega r}\sqrt{1+(kr)^2} \tag{2}$$
Application numérique : on trouve $|v| = 5.18\ 10^{-4}m/s$ à $100Hz$ et $|v| = 4.57\ 10^{-4}m/s$ à $1000Hz$.

Exercice 3

1. On a
$$v_1 = \frac{A}{4\pi i\rho\omega r^2}(ikr-1)e^{ikr} \tag{3}$$
$$I_1 = \frac{1}{2}Re(p_1^* v_1) = \frac{|A|^2}{2(4\pi)^2\rho c r^2} \tag{4}$$
$$v_2 = \frac{B}{4\pi i\rho\omega r^2}(-ikr-1)e^{-ikr} \tag{5}$$
$$I_2 = \frac{1}{2}Re(p_2^* v_2) = -\frac{|B|^2}{2(4\pi)^2\rho c r^2} \tag{6}$$
2. La première onde est sortante alors que la seconde est entrante.
3. $$I = \frac{1}{2}Re(p^* v) = \frac{|A|^2-|B|^2}{2(4\pi)^2\rho c r^2} \tag{7}$$

Exercice 4

1. On peut considérer qu'avec une célérité de 300 000 km/s, l'image arrive quasi instantanément. Par contre, à 15 m, le son met un temps $t = d/c = 15/340 = 44ms$ pour parvenir au spectateur. Le décalage est donc de 44 ms environ.
2. Pour que le son parvienne en même temps que l'image, il faut que sur la pellicule, il soit en avance de 44 ms sur l'image. Or, pendant une seconde, 24 images défilent. Il s'écoule donc 41.6 ms entre deux images. Si, sur la pellicule, on avance la piste sonore d'une image, le son sera quasiment synchrone avec l'image pour un spectateur situé à 15 m de l'écran (c'est effectivement ce qui est fait en pratique).
3. Le son frontal arrive 44 ms après son émission par la source. Le son latéral arrive avec un retard de 22 ms. Il y a donc 22 ms de retard entre le son frontal et le son latéral. Cela n'est pas perçu, et il n'est pas nécessaire d'installer une ligne à retard.
4. Pour un spectateur situé à 30m, le son frontal arrive après 88 ms, et le son latéral après 22 ms. Le retard entre les deux sons est donc le 66 ms. Cela est perçu, et il est nécessaire de retarder le son des haut-parleurs latéraux.

Exercice 5

1. La relation est $\frac{1}{r}\frac{\partial^2}{\partial r^2}(rp) + k^2 p = 0$ en dehors de l'origine.
2. Les solutions sont de la forme $p(r) = a\frac{e^{ikr}}{4\pi r} + b\frac{e^{-ikr}}{4\pi r}$.
3. La condition de radiation impose que $p(r) = a\frac{e^{ikr}}{4\pi r}$.
4. Appliquons le théorème de la divergence sur une petite boule de rayon ϵ et de centre l'origine
$$\int_{B(\epsilon)}(\Delta p + k^2 p) = -\int_{B(\epsilon)}\delta(\mathbf{x})$$
$$\int_{S(\epsilon)}\frac{\partial p}{\partial r} + \int_{B(\epsilon)} k^2 p = -1$$
Dans la limite quand ϵ tend vers 0, on trouve $-a = -1$, d'où la solution.

Exercice 7

1. Il y a continuité des vitesses sur la surface du sol. Comme l'onde est plane nous avons $p = \rho c v$ et donc sur le sol $v = p/(\rho c) = 0.005 m/s$.
2. L'intensité pour une onde plane est $I = \frac{1}{2} Re(P^* V) = \frac{p^2}{2\rho c}$ ce qui donne $0.005 W/m^2$.
3. La vitesse du son est indépendente de la pression et de la masse volumique et ne dépend que de la température. Nous avons $I = \frac{1}{2}\rho c v^2$ ce qui donne dans la ionosphère $v = \sqrt{2I/(\rho c)} = 50 m/s$ car l'intensité de $0.005 W/m^2$ est conservée.