CORRECTION EXERCICES SUR ONDES SONORES

Exercice 1 :

$c = \sqrt{\dfrac{\gamma R T}{M}}$ donc pour un gaz donné on peut écrire : $c = k \, . \sqrt{T}$

a) Situation 0 : $c_o = 330 \text{ m.s}^{-1}$ $T_o = 273$ K

Situation 1 : $c_1 = ?$ $T_1 = 313$ K

$$\frac{c_o}{\sqrt{T_o}} = \frac{c_1}{\sqrt{T_1}} \Rightarrow c_1 = c_o \, . \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_o}} \Rightarrow c_1 = 330 \, . \sqrt{\frac{313}{273}} \Rightarrow c_1 = 353 \text{ m.s}^{-1}$$

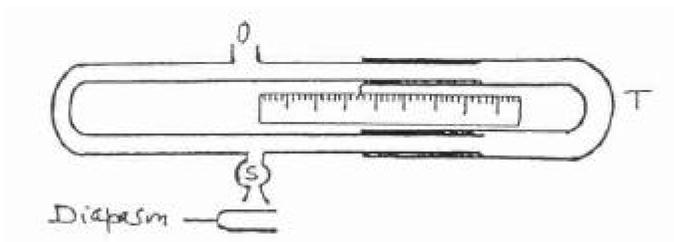
b) Situation 0 : $c_o = 330 \text{ m.s}^{-1}$ $T_o = 273$ K

Situation 2 : $c_2 = 340 \text{ m.s}^{-1}$ $T_2 = ?$

$$\frac{c_o}{\sqrt{T_o}} = \frac{c_2}{\sqrt{T_2}} \Rightarrow T_2 = T_o \, . \frac{c_2^{\,2}}{c_o^{\,2}} \Rightarrow T_2 = 273 \, . \frac{340^2}{330^2} \Rightarrow T_2 = 290 \text{ K}$$

Donc $\theta_2 = 17°C$

Exercice 2 :



1.) Une seule source et 2 chemins possibles : Chemin DIRECT et Chemin COULISSE. Nous avons donc 2 ondes qui se SUPERPOSENT.

La différence de chemin parcouru provoque un décalage entre les 2 ondes . Si les 2 ondes arrivent en O en OPPOSITION de PHASE, alors le son global aura une intensité nulle.

Lorsqu'on déplace la coulisse toujours dans le même sens, on lodifie le décalage pour l'onde passant par la coulisse. On passera alors successivement par des ondes en phase, puis en opposition de phase, et ainsi de suite. L'oreille entendra donc une succession de sons fort, puis nul et ainsi de suite.

2.) Son NUL $\longrightarrow$ Son NUL : le chemin coulisse s'est allongé d'une période càd λ .

$\lambda_o = 2 \, . L_o = 0{,}66$ m avec $\lambda_o = \dfrac{c_o}{f}$ $\Rightarrow$ $f = \dfrac{c_o}{\lambda_o} = \dfrac{330}{0{,}66}$ $\Rightarrow$ **$f = 500$ Hz**

3.) On change la température $\Rightarrow$ La vitesse de propagation change $\Rightarrow$ la longueur d'onde change

$\lambda_1 = 2 \, . L_1 = 0{,}726$ m avec $\lambda_1 = \dfrac{c_1}{f}$ $\Rightarrow$ $c_1 = \lambda_1 \, . f = 363 \text{ m.s}^{-1}$

Ensuite : $\dfrac{c_o}{\sqrt{T_o}} = \dfrac{c_1}{\sqrt{T_1}} \Rightarrow T_1 = T_o \, . \dfrac{c_1^{\,2}}{c_o^{\,2}} \Rightarrow T_1 = 330 \text{ K} \Rightarrow \theta_1 = 57°C$

Exercice 3 :

1.) $N_{max} = 10 \log \dfrac{I_{max}}{I_o} = 10 \log \dfrac{10^2}{10^{-12}} \Rightarrow N_{max} = 140$ dB

2.) $N = 10 \log \dfrac{I}{I_o} \Rightarrow \dfrac{N}{10} = \log \dfrac{I}{I_o} \Rightarrow 10^{N/10} = \dfrac{I}{I_o} \Rightarrow I = I_o \, . 10^{N/10}$

Donc $I = 10^{-12} \, . \, 10^{6,8} \Rightarrow I = 6{,}3 \; 10^{-6} \text{ W.m}^{-2}$

3.) En utilisant le diagramme de FLECHTER et MUNSON :

- On se place au point (1000 Hz, 60 dB)

- on se déplace sur un horizontale vers la gauche jusqu'au point d'abcisse f = 200 Hz : la courbe de sensation sonore passant par ce point est à peu près la courbe 50 dB(A)
- Conclusion : un son de 60 dB à 1000 Hz (référence) n'est perçu par l'oreille qu'avec un niveau de 50 dB(A).

Exercice 4 :

1.) $N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_o} = 10 \log \frac{2{,}2.\ 10^{-3}}{10^{-12}} \Rightarrow N_1 = 93{,}4\ \text{dB}$

2.) $I_1 = \frac{P}{4\,\pi\,R_1^2} \Rightarrow P = I_1 . 4\,\pi\,R_1^2 \Rightarrow P = 2{,}76\ \text{W}$

3.) $I_2 = \frac{P}{4\,\pi\,R_2^2} = \frac{2{,}76}{4\,\pi\,100^2} \Rightarrow I_2 = 2{,}2 . 10^{-5}\ \text{W.m}^{-2}$

Donc $N_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_o} \Rightarrow N_2 = 73{,}4\ \text{dB}$

4.) $R_a = ?$ avec $N_a = 50$ dB

Comme $N_a = 10 \log \frac{I_a}{I_o} \Rightarrow \frac{N_a}{10} = \log \frac{I_a}{I_o} \Rightarrow I_a = I_o . 10^{\,Na/10}$

Ce qui donne $I_a = 1 . 10^{-7}\ \text{W.m}^{-2}$ avec $I_a = \frac{P}{4\,\pi\,R_a^2} \Rightarrow R_a = \sqrt{\frac{P}{4\,\pi\,I_a}}$

Donc $R_a = 1482$ m = 1,5 km

Exercice 5 :

En utilisant le diagramme de FLECHTER et MUNSON :

- On se place sur la courbe de sensation sonore L = 40 dB(A) à la fréquence 2048 Hz
- On se déplace sur une ligne horizontale jusqu'à la fréquence 1000 Hz
- Le point d'intersection ainsi obtenu a une ordonnée environ N = 37 dB .

$N_p = 20 \log \frac{P_s}{P_{so}} \Rightarrow \frac{N_p}{20} = \log \frac{P_s}{P_{so}} \Rightarrow P_s = P_{so} . 10^{\,Np/20} \Rightarrow P_s = 2 . 10^{-5} . 10^{\,37/20}$

ce qui donne $P_s = p = 1{,}42 . 10^{-3}$ Pa

Comme $p = \frac{F}{s} \Rightarrow F = p . s = 1{,}42 . 10^{-3} . 2 . 10^{-4} \Rightarrow F = 2{,}84 . 10^{-7}$ N

Exercice 6 :

$N = 20 \log \frac{P_s}{P_{so}} = 20 \log \frac{6{,}3 . 10^2}{2 . 10^{-5}} \Rightarrow N = 70\ \text{dB}$

$N = 10 \log \frac{I}{I_o} \Rightarrow \frac{N}{10} = \log \frac{I}{I_o} \Rightarrow I = I_o . 10^{\,N/10} = 10^{-12} . 10^7 \Rightarrow I = 10^{-5}\ \text{W.m}^{-2}$

Exercice 7 :

La source étant juste au-dessus d'une surface réfléchissante, l'énergie se repartit donc sur une demi-sphère : la formule de l'intensité devient alors $I = \frac{P}{2\,\pi\,R_1^2}$

1.) $N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_o} \Rightarrow \frac{N_1}{10} = \log \frac{I_1}{I_o} \Rightarrow I_1 = I_o . 10^{\,N/10} = 10^{-12} . 10^7 \Rightarrow I_1 = 10^{-5}\ \text{W.m}^{-2}$

$I_1 = \frac{P}{2\,\pi\,R_1^2} \Rightarrow P = I_1 . 2\,\pi\,R_1^2 \Rightarrow P = 6{,}28 . 10^{-3}\ \text{W}$

2.) $R_2 = 20$ m $\Rightarrow I_2 = \frac{P}{2\,\pi\,R_2^2} = = 2{,}5 . 10^{-6}\ \text{W.m}^{-2}$ donc $N_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_o} \Rightarrow N_2 = 64\ \text{dB}$

$R_3 = 100$ m $\Rightarrow$ $I_3 = \dfrac{P}{2\,\pi\,R_3^{\,2}} = = 10^{-7}$ W.m^{-2} donc $N_3 = 10 \log \dfrac{I_3}{I_o}$ $\Rightarrow$ $N_3 = 50$ dB

3.) Lorsque le niveau ambiant est identique au niveau de la source, on ne pourra plus distinguer la source du reste : $\Rightarrow$ $N_4 = 10 \log \dfrac{I_4}{I_o}$ $\Rightarrow$ $\dfrac{N_4}{10} = \log \dfrac{I_4}{I_o}$ $\Rightarrow$ $I_4 = I_o \,.\, 10^{N_4/10} = 10^{-12} \,.\, 10^{3,5}$

$\Rightarrow$ $I_4 = 3{,}16 \,.\, 10^{-9}$ W.m^{-2}

Donc : avec $I_4 = \dfrac{P}{2\,\pi\,R_4^{\,2}}$ $\Rightarrow$ $R_4 = \sqrt{\dfrac{P}{2\,\pi\,I_4}}$ $\Rightarrow$ $R_4 = 562$ m

<u>Exercice 8</u> :

1.) Pour chaque bande d'octaves : $N = 10 \log \dfrac{I}{I_o}$ $\Rightarrow$ $\dfrac{N}{10} = \log \dfrac{I}{I_o}$ $\Rightarrow$ $I = I_o \,.\, 10^{N/10}$

D'autre part on peut dire que l'intensité totale est la somme des intensités : $I = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$

Ce qui donne : $I = = I_o \,.\, 10^{N_1/10} + I_o \,.\, 10^{N_2/10} + I_o \,.\, 10^{N_3/10} + \ldots$

Donc : $N = 10 \log \dfrac{I}{I_o} = 10 \log \dfrac{I_o\,(10^{N_1/10} + 10^{N_2/10} + 10^{N_3/10} + \ldots)}{I_o}$

Et en simplifiant par I_o on obtient la formule demandée : $N = 10 \log (10^{N_1/10} + 10^{N_2/10} + 10^{N_3/10} + \ldots)$

2.) $N = 10 \log (10^{8,93} + 10^{7,55} + 10^{8,23} + 10^{7,7} + 10^{7,43} + 10^{7,3})$
$N = 10 \log (1{,}15 \,.\, 10^9)$ $\Rightarrow$ $N = 90{,}6$ dB

3.) En regardant le tableau on constate que pour les sons situés 1 octave au-dessus la fréquence est multipliée par 2 : (125, 250, 500, …)

4.) dB est l'unité de niveau sonore
dB(A) est l'unité de niveau de sensation sonore : l'oreille ne perçoit pas les sons de la même manière quand la fréquence change :

5.) le tableau suivant donne l'atténuation de niveau pour trouver le niveau réellemnt perçu par l'oreille :

f (en Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
N (en dB)	89,3	75,5	82,3	77	74,3	73
ΔN en dB(A)	-16	-9	-3	0	+1	+1
L en dB(A)	73,3	66,5	79,3	77	75,3	74

Pour le calcul du niveau de sensation sonore global L , le calcul est le même que pour le niveau N .
On trouve : $L = 10 \log (10^{7,33} + 10^{6,65} + 10^{7,93} + 10^{7,7} + 10^{7,53} + 10^{7,4}) = 10 \log (2{,}20 \,.\, 10^8)$
$\Rightarrow$ $L = 83{,}4$ dB(A)

<u>Exercice 9</u> :

<u>exercice 1</u> : 1. 1.1 Période : $T \Rightarrow 4$ car $\Rightarrow T = 4 \times 500 \cdot 10^{-6}$

$T = 2\ ms$.

fréquence $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{f = 500\ Hz}$

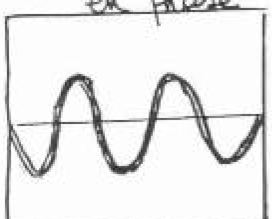
1.2. $I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} = \frac{1,5}{4\pi \cdot 1} \Rightarrow \boxed{I_1 = 0,119\ W/m^2}$

$N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{0,119}{10^{-12}} \Rightarrow \boxed{N_1 = 111\ dB}$

$N_1 = 20 \log \frac{P_{S1}}{P_{S0}} \Rightarrow \frac{N_1}{20} = \log P_{S1} - \log P_{S0} \Rightarrow \log P_{S1} = \log P_{S0} + \frac{N_1}{20}$

$\Rightarrow \boxed{P_{S1} = P_{S0}\ 10^{N_1/20}}$ $\quad P_{S1} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{5,5} \Rightarrow \boxed{P_{S1} \simeq 7\ Pa}$

2. 2.1 les 2 courbes sont en phase



2.2 La courbe sur la voie Y_1 reste fixe et la courbe sur la voie Y_2 se décale et diminue légèrement d'amplitude.

2.3. Entre une opposition de phase et la superposition suivante : c'est une demi-période :
donc la distance $d = \frac{\lambda}{2}$ avec $\lambda = \frac{c_1}{f}$

donc $2d = \frac{c_1}{f} \Rightarrow \boxed{c_1 = 2d \cdot f}$ $\quad c_1 = 2 \cdot 0,343 \times 500$ $\quad \boxed{c_1 = 343\ m/s}$

2.4. $c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$

Situat° 1 : $c_1 = 343\ m/s$, $T_1 = 296\ K$

Situat° 0 : $c_0 = ?$, $T_0 = 273\ K$

γ, R, M constants.

$\frac{c}{\sqrt{T}} = cte \quad \frac{c_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{c_0}{\sqrt{T_0}}$

$\Rightarrow \boxed{c_0 = c_1 \sqrt{\frac{T_0}{T_1}}}$ $\quad c_0 = 343 \sqrt{\frac{273}{296}} \Rightarrow \boxed{c_0 \simeq 330\ m/s}$