Acoustique physique

1. 1) $P_a = 2{,}6\,W$ 2) $P = 10^{-2}\,W$ 3) $\eta = 0{,}2$ (20%)

2. $P_{a,\,piano} = 10^{-1}$ à 10^{0} (1) W $P_{a,\,quadrimoteur} = 10^{4}\,W$

$N_{w,\,voix} = 60$ à $90\,dB$ / $N_{w,\,orchestre} \simeq 127$ à $140\,dB$ / $N_{w,\,HP} \simeq 113$ à $120\,dB$ /

3. 1) $I = \frac{P_a}{S}$ $S = \Omega . R^2$

$\Omega = 4\pi$ (tout l'espace) $\boxed{I = \frac{P_a}{4\pi . R^2}}$

2) $I \simeq 3{,}183 . 10^{-5}\,W.m^{-2}$

3) $p_{efficace} = \sqrt{I.\rho.c}$ $p_{eff} \simeq 0{,}11156\,Pa$

4. 1) $I_0 = \frac{p_0^2}{\rho.c}$ $I_0 \simeq 10^{-12}\,W.m^{-2}$

2) $P_a = I_0 . 4\pi . R^2$ $P_a \simeq 1{,}26 . 10^{-11}\,W$ $(12{,}6 . 10^{-12}\,W)$

5. $R = \sqrt{\frac{P_0}{4\pi . I_0}}$ ($P_0 = I_0 = 10^{-12}$ ... sans les unités) $R = \sqrt{\frac{1}{4\pi}}$

$R \simeq 28{,}2\,cm$

6. $I = \frac{P_a}{\Omega . R^2}$ $I \simeq 5{,}1 . 10^{-3}\,W.m^{-2}$

7. $\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$ $I_2 = I_1 . \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$ – si $R_2 = 2R_1$ $I_2 = I_1 . \left(\frac{R_1}{2R_1}\right)^2 = I_1\left(\frac{1}{4}\right)$

quand la distance à la source double l'intensité sonore est divisée par 4.

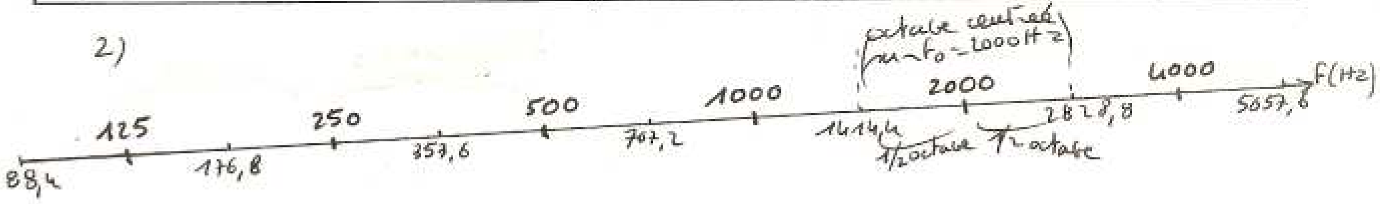
– si $R_2 = 10 . R_1$ ... ... $I_2 = I_1\left(\frac{1}{100}\right)$

quand la distance à la source décuple l'intensité sonore est divisée par 100.

8. 1)

Fréquence centrale F_0 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Fréquence minimum $F_1 = \frac{F_0}{\sqrt{2}}$	88,4	176,8	353,6	707,2	1414,4	2828,8
Fréquence maximum $F_2 = F_0 . \sqrt{2}$	176,8	353,6	707,2	1414,4	2828,8	5657,6

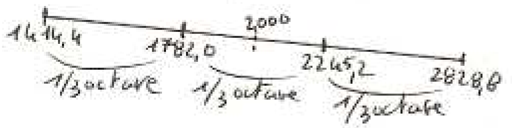
2)



9. $F_0 = 2000\,Hz$ $F_{1,minimum} = 1414{,}4\,Hz$ $F_1 . \sqrt[3]{2} = F_1 . 2^{1/3} \simeq 1782{,}0\,Hz$

$F_1 . (\sqrt[3]{2})^2 = F_1 . 2^{2/3} \simeq 2245{,}2\,Hz$

$(1782{,}0 . 2^{1/3})$



10. 1) $r \simeq 1{,}475$ 2) $I \simeq 3{,}18.10^{-4}\ W.m^{-2}$ et $N_i \simeq 85{,}0\ dB$

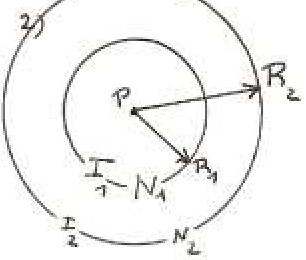
11. 1) $I = 4.10^{-5}\ W.m^{-2}$ 2) $N_i \simeq 76{,}0\ dB$

3) $\frac{I}{I_0} = \frac{p^2}{p_0^2}$ $p = p_0 \sqrt{\frac{I}{I_0}}$ $p \simeq 0{,}126\ Pa$ (ou) $p = p_0 . 10^{0{,}05.N}$

12. 1) $I = 10^{-5}\ W.m^{-2}$ 2) $P_a \simeq 3{,}14.10^{-3}\ W$ (3,14 mW) 3) $N_w \simeq 95{,}0\ dB$

13. 1) $N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$ $\left.\begin{array}{l} I_1 = \frac{P_a}{S} \\ S = 4\pi R_1^2 \end{array}\right\}$ $N_1 = 10 \log \frac{P_a}{4\pi . I_0 . R_1^2}$ $N_1 \simeq 89{,}0\ dB$

2)



③

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$ $R_2^2 = R_1^2 . \frac{I_1}{I_2}$

$R_2 = R_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} \leftarrow \left\{\begin{array}{l} I_1 = I_0 . 10^{0{,}1.N_1} \\ I_2 = I_0 . 10^{0{,}1.N_2} \end{array}\right.$

$R_2 = R_1 \sqrt{\frac{\cancel{I_0} . 10^{0{,}1.N_1}}{\cancel{I_0} . 10^{0{,}1.N_2}}}$

$\boxed{R_2 = R_1 \sqrt{10^{0{,}1(N_1 - N_2)}}}$

$R_2 \simeq 17{,}8\ m$

méthode utilisée de préférence si on ne connait pas la puissance P_a de la source.

ou

② $N_2 = 10 \log \frac{P}{4\pi . I_0 . R_2^2}$ → il faut extraire R_2 ?

$\frac{N_2}{10} = \log \frac{P}{4\pi\ I_0 . R_2^2}$

$(Y = \log X)$

$X = 10^Y$

$\frac{P}{4\pi\ I_0 . R_2^2} = 10^{0{,}1.N_2}$

$R_2^2 = \frac{P}{4\pi\ I_0 . 10^{0{,}1.N_2}}$

$\boxed{R_2 = \sqrt{\frac{P}{4\pi\ I_0 . 10^{0{,}1.N_2}}}}$

méthode utilisée par les passionnés du log... oui! il y en a!

plus simplement (?)

①

$I_2 = \frac{P}{4\pi R_2^2}$

$R_2^2 = \frac{P}{I_2 . 4\pi}$

$I_2 = I_0 . 10^{0{,}1.N_2}$

$\boxed{R_2 = \sqrt{\frac{P}{4\pi . I_0 . 10^{0{,}1.N_2}}}}$

(A partir de maintenant je désigne la puissance sonore de la source par **P**)

14. 1) $N_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$ $N_p \simeq 88{,}0\ dB$

2) $p = p_0 . 10^{0{,}05.N_p}$ $p \simeq 20\ Pa$

15. 1) $N_1 = 10 . \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{\frac{P}{S}}{I_0} = \boxed{10 \log \frac{P}{\Omega . I_0 . R_1^2} = N_1}$

2) $N_1 \simeq 123{,}0\ dB$ pour $\Omega = 2\pi\ sr$ et $R_1 = 0{,}2\ m$

si $R_2 = 2R_1$? N_1 devient $N_2 \simeq 117{,}0\ dB$

$N_2 = 10 \log \frac{P}{\Omega . I_0 . R_2^2}$

Quand on double la distance le niveau sonore chute de 6 dB

16. $N = 10 \log \frac{I}{I_0}$ · si I devient $\frac{I}{10^6} = I'$, N devient $N' = 10 \log \frac{I'}{I_0}$

$N' = 10 \log \frac{I/10^6}{I_0} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \cdot \frac{1}{10^6}\right)$ … $\log(a \cdot b) = \log a + \log b$

A savoir par coeur

$N' = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log 10^{-6}$

$$\boxed{N' = N - 60\,\text{dB}}$$

17. 1) $N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$ $\qquad N_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$ avec $\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$

$N_2 = 10 \log \frac{I_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2}{I_0}$

$N_2 = 10 \log \left[\frac{I_1}{I_0} \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2\right] = 10 \log \frac{I_1}{I_0} + 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$

$$\boxed{N_2 = N_1 + 20 \log \frac{R_1}{R_2}}$$

a- $R_2 = 2 \cdot R_1$ $\qquad N_2 = N_1 + 20 \log \frac{R_1}{2R_1}$

$= N_1 + 20 \log \frac{1}{2}$

$N_2 = N_1 - 6\,\text{dB}$

b. $R_2 = 10 \cdot R_1$

$N_2 = N_1 + 20 \log \frac{1}{10} = N_1 + 20 \log 10^{-1}$

$N_2 = N_1 - 20\,\text{dB}$

2) $\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_1}}{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_2}} = \frac{10^{0,1 \cdot N_1}}{10^{0,1 \cdot N_2}} = 10^{0,1 \cdot N_1 - 0,1 \cdot N_2}$

$$\boxed{\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = 10^{0,1(N_1 - N_2)}}$$

Application $R_1 = 4,9\,\text{m}$ $\quad N_1 = 73,0\,\text{dB}$

$R_2 ? = x$ $\quad N_2 = 70,0\,\text{dB}\,(73-3)$

$R_2 = R_1 \cdot \sqrt{10^{0,1 \cdot \Delta N}}$

$R_2 \simeq 6,9\,\text{m}$

18. 1) $\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \alpha)$ $\to$ $\alpha = \frac{30°}{2} = 15°$ (demi-angle au sommet du cône)

$\Omega \simeq 0,2141\,\text{sr}$

2) $N_w \simeq 113,3\,\text{dB}$

3) $N_i \Rightarrow 0,1\,\text{m}$ $\qquad N_i = 10 \log \frac{P}{\Omega \cdot I_0 \cdot R^2}$

$N_i \simeq 140\,\text{dB}$

Eh oui !! le niveau sonore au point d'écoute peut être supérieur au niveau de puissance de la source sonore

$N_i = N_w + 10 \log \frac{1}{\Omega \cdot R^2}$

$N_i = 113,3 + \dots$

$N_i \Rightarrow 0,5\,\text{m}$

$N_i \simeq 126\,\text{dB}$

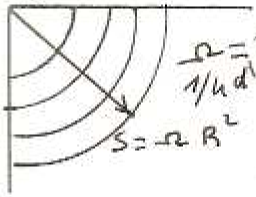
quand la distance quintuple le niveau chute de 14 dB

19. 1) $N_1 \simeq 84{,}2\ dB$

2) $P = 4\pi . R^2 . I_0 . 10^{0{,}1 \cdot N}$ $\quad P \simeq 1{,}13.10^{-3} W$ (1,13 mW)

(ou) $P = P_0 . 10^{0{,}1 . N_W} = P_0 . 10^{0{,}1 (N + 11 + 20 \log R)}$

20. N_W



$\Omega = \pi sr$ 1/4 d'espace

$S = \Omega R^2$

1) $P = 1 mW$

2) $N \simeq 105\ dB$

3) a. $R_1 \simeq 0{,}56 m$ (à cette distance $N_W = N$)

$I = \dfrac{P}{4\pi R^2}$ $\quad$ (ou) $N = N_W + 10 \log \dfrac{1}{\Omega . R^2}$ $= 0$

$R^2 = \dfrac{P}{4\pi . I} \ldots$

$\log \dfrac{1}{\Omega . R^2} = 0$

$\dfrac{1}{\Omega . R^2} = 1$

$\boxed{R = \sqrt{\dfrac{1}{\Omega}} = \Omega^{-1/2}}$

b. $R_2 \simeq 56 m$

21. $N = 10 \log \dfrac{P}{I_0 . \Omega . R^2}$

1) $N' = 10 \log \dfrac{(x.P)}{I_0 . \Omega . R^2} = 10 \log \dfrac{P}{I_0 . \Omega . R^2} + 10 \log x$

$N' = N + 10 \log x \rightarrow x = 2$, $N' = N + 3 dB$

2) $N' = 10 \log \dfrac{P}{I_0 (x . \Omega) R^2} = 10 \log \dfrac{P}{I_0 . \Omega . R^2} + \underbrace{10 \log \dfrac{1}{x}}_{-10 \log x}$

$N' = N - 10 \log x \rightarrow x = \dfrac{1}{3}$ $\quad N' \simeq N + 4{,}8\ dB$

3) $N' = 10 \log \dfrac{P}{I_0 . \Omega . (x R)^2} = 10 \log \dfrac{P}{I_0 . \Omega . R^2} + \underbrace{10 \log \dfrac{1}{x^2}}_{-20 \log x}$

$N' = N - 20 \log x \rightarrow x = 10$ $\quad N' = N - 20\ dB$

22. 1) $\left.\begin{array}{l} N = 10 \log \dfrac{P}{I_0 . \Omega . R^2} \\ N = 10 \log \dfrac{x . P}{I_0 . \Omega . (y R)^2} \end{array}\right\}$ $\dfrac{P}{I_0 . \Omega . R^2} = \dfrac{x . P}{I_0 . \Omega . y^2 . R^2}$ $\quad \dfrac{x}{y^2} = 1$ $\quad y = \sqrt{x}$

2) N_P ou N_i c'est pareil

$N' = N - 10 \log x$ $\quad N' = N + 3\ dB$

3) $N = N_W$ $\quad \dfrac{1}{\Omega R^2} = 1$ $\quad R = \sqrt{\dfrac{1}{\Omega}} = \sqrt{\Omega^{-1}} = \Omega^{-1/2}$

4) si $\Omega = 4\pi sr$ (source omnidirectionnelle)

$R = (\Omega)^{-1/2} = (4\pi)^{-1/2}$

$R \simeq 28{,}2 cm$

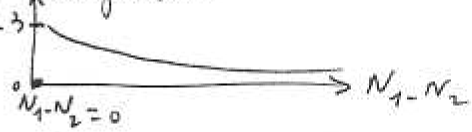
23. 1) $I_{totale} = 2 \cdot I = 2 \cdot (I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N}) = \underline{2 \cdot 10^{-5}\ W \cdot m^{-2}} = I_T$

2) $N_{total} = 10 \log \dfrac{I_T}{I_0}$

(ou) $N_T = 10 \log (2 \cdot 10^{0,1 \cdot N}) \rightarrow \approx 73\ dB$

3) a- $\Delta N = 3\ dB$ augmentation

b-



24. 1) $I_T \simeq 1{,}42\ \underline{10^{-5}\ W} \cdot m^{-2}$ 2) $N_T \simeq \underline{71{,}5\ dB}$

25. 1) $I_T = I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_T}$ $I_T \approx 3{,}7 \cdot 10^{-4}\ W \cdot m^{-2}$

$I_1 = I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_1}$ $I_1 \approx 2{,}0 \cdot 10^{-4}\ W \cdot m^{-2}$

$I_2 = I_T - I_1 \simeq 1{,}7 \cdot 10^{-4}\ W \cdot m^{-2}$

2) $N_2 = 10 \log \dfrac{I_2}{I_0}$ $\left(N_2 = 10 \log \dfrac{I_T - I_1}{I_0} \right)$

$\underline{N_2 \simeq 82{,}3\ dB}$

$N_2 = 10 \log \dfrac{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_T} - I_0\ 10^{0,1 \cdot N_1}}{I_0}$

$\boxed{N_2 = 10 \log (10^{0,1 \cdot N_T} - 10^{0,1 \cdot N_1})}$

26.

(Parfois on désigne la puissance acoustique P_a par W)

1) $N = 10 \log \dfrac{I}{I_0} = 10 \log \dfrac{\frac{W}{S}}{I_0}$

$N = 10 \log \dfrac{W}{I_0 \cdot S}$

$\log \dfrac{W}{I_0 \cdot S} = 0{,}1 \cdot N$

$\dfrac{W}{I_0 \cdot S} = 10^{0,1 \cdot N}$

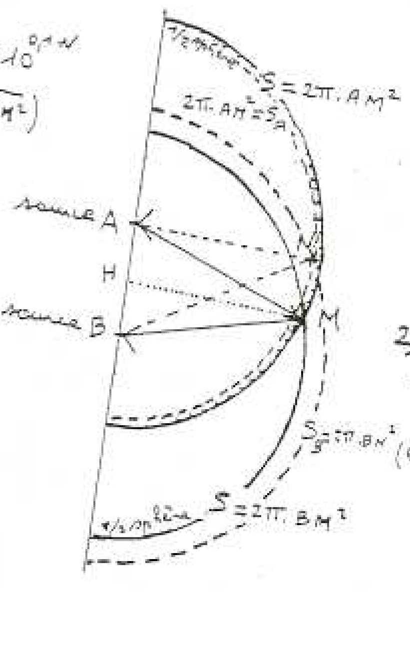
$W = I_0 \cdot S \cdot 10^{0,1 \cdot N}$

$AM = BM = R = 4{,}27\ m = \sqrt{AH^2 + HM^2}$

$\boxed{W_A = 2\pi \cdot I_0 \cdot R^2 \cdot 10^{0,1 \cdot N_1}}$ 1,146 mW

$\boxed{W_B = 2\pi \cdot I_0 \cdot R^2 \cdot 10^{0,1 \cdot N_2}}$ 3,623 mW

$\Omega = 2\pi\ sr$
1/2 espace



3) $N_{global\ en\ N} = 10 \log (10^{0,1 \cdot N'_1} + 10^{0,1 \cdot N'_2})$

$\begin{pmatrix} S_A = 2\pi \cdot AN^2 \\ S_B = 2\pi \cdot BN^2 \end{pmatrix}$ $10 \log \dfrac{W_A}{I_0 \cdot S_A} = N'_1 \simeq \underline{70{,}6\ dB}$

$10 \log \dfrac{W_B}{I_0 \cdot S_B} = N'_2 \simeq \underline{73{,}6\ dB}$

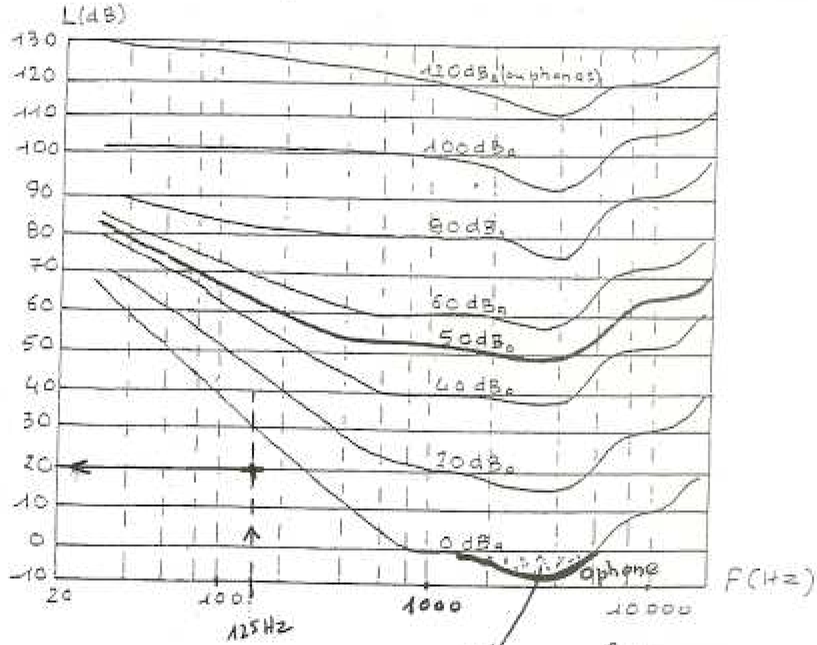
$N_{(en\ N)} \simeq 75{,}4\ dB$

$\left(\begin{array}{l} AN = 4\ m \\ BN = \sqrt{BA^2 + AN^2} = 5\ m \end{array} \right)$

2) $N_{global\ en\ M} = 10 \log (10^{0,1 \cdot N_1} + 10^{0,1 \cdot N_2})$

$N_{(en\ M)} \simeq 76{,}2\ dB$

27.



1) Non on est hors du champ d'audibilité

Jusqu'ici I_0, l'intensité de référence ... la plus petite possible qui donne $N = 0$ dB à $F = 1000$ Hz.

grâce à la très grande sensibilité de l'oreille aux niveaux faibles et fréquences aigues l'oreille ... réagit pour des intensités $< I_0 (10^{-12} W.m^{-2})$

2) $N = 10 \log \frac{I}{I_0} < 0$

$\frac{I}{I_0} < 1$

28. 1. $N_T \simeq 90{,}45$ dB $(10 \log \Sigma 10^{0{,}1 \cdot N_i})$

2.

fréquence F (Hz)	63	1000	4000	16 000
N (dB)	80	50	70	90
pondération	-16	0	0	-22
N (dBA)	64	~~70~~	70	68

lire sur l'audiogramme.

$N_T(dBA) = 10 \log \Sigma 10^{0{,}1 \cdot N_i}$ $\quad N_T \simeq 72{,}7$ dBA

29. $N_T = 10 \log \Sigma 10^{0{,}1 \cdot N_i}$ $\quad N_T \simeq 62{,}85$ dB — faire le calcul de 2 façons différentes
- avec les niveaux par octave
- avec les niveaux par 1/3 d'octave.

30. 1) $N_{octave} = N_S + 10 \log \Delta f$ $\quad (1414{,}4 - 707{,}2)$

$N_{octave} \simeq 68{,}5$ dB

707,2 — 1/2 octave N_1 — $F_0 = 1000$ Hz — 1/2 octave N_2 — 1414,4
1/3 octave N'_1 — 891,0 — 1/3 oct N'_2 — 1122,6 — 1/3 oct N'_3 — 1414,4

2) $N_{octave} = 10 \log (10^{0{,}1 \cdot N_1} + 10^{0{,}1 \cdot N_2})$

$N_{octave} \simeq 68{,}5$ dB

$N_1 = N_S + 10 \log \Delta f_1$ (64,7) $\quad \Delta f_1 = 1000 - 707{,}2$

$N_2 = N_S + 10 \log \Delta f_2$ (66,2) $\quad \Delta f_2 = 1414{,}2 - 1000$

3) $N_{octave} = 10 \log (10^{0{,}1 \cdot N'_1} + 10^{0{,}1 \cdot N'_2} + 10^{0{,}1 \cdot N'_3})$

$N_{octave} \simeq 68{,}5$ dB

$N'_1 \simeq 62{,}6$ dB
$N'_2 \simeq 63{,}65$ dB
$N'_3 \simeq 64{,}65$ dB

31. 1) $N_T \simeq 64{,}2\,dB$

2) $N_T \simeq 56{,}2\,dBA$

32. 1) $P_a = \Sigma P_{a1}$ $\quad P_a = 8 \cdot P_{a1} = 8 \cdot 10^{-3}\,W$

$N_W = 10 \log \frac{P_a}{P_0}$ $\quad N_W \simeq 99\,dB$

2) $I = \frac{P_a}{S}$ $\quad S = 4\pi \cdot d^2$ $\quad N = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{P_a}{I_0 \cdot 4\pi \cdot d^2}$

$N \simeq 82\,dB$

3) a- $N = 10 \log \Sigma 10^{0{,}1 N_i}$ $\quad N \simeq 82\,dB$

b-

bande	1	2	3	4	5	6	7	8
niveau atténué	61	59	55	50	37	42	38	39

c- $N_{atténué} = 10 \log \Sigma 10^{0{,}1 N_i}$ $\quad N_{atténué} \simeq 64\,dB$

d- atténuation du casque : $\Delta N \simeq 18\,dB$

4)

a-

N (dBA)	33	43	46	47		43	39	36

b- $N = 10 \log \Sigma 10^{0{,}1 N_i}$ $\quad N \simeq 51{,}7\,dBA$

33. bruit blanc : $N_{2\Delta f} = N_{\Delta f} + 3\,dB$

bruit rose : $N_{2\Delta f} = N_{\Delta f}$

f_0 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
bruit blanc (dB)	60	63	66	69	72	75
bruit rose (dB)	69	69	69	69	69	69