

Acoustique du bâtiment

1. 1) $t = 1 - (a + r) = 0,1$ (10%)

2) a-

$t \cdot I_i = I_{transmise}$

$10^{-6} \text{ W.m}^{-2} = 0,1 \cdot 10^{-5} = I_t$

$(N_t = N_i + 10 \log t)$
 $N_t = 10 \log \frac{I_t}{I_0} \approx 60 \text{ dB}$
 $N_t = 10 \log \frac{t \cdot I_i}{I_0}$
 $= 10 \log \frac{I_i}{I_0} + 10 \log t$

$N_a = N_i + 10 \log a$
 $\approx 69,8 \text{ dB}$

$I_{incidente} \quad N_i = 70 \text{ dB}$
 $I_i = I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_i} = 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$

$I_{refl\u00e9chie} = r \cdot I_i$
 $I_r = 0,9 \cdot 10^{-5}$

$N_r = 10 \log \frac{I_r}{I_0} \approx 67,8 \text{ dB}$
 $= 10 \log r \cdot \frac{I_i}{I_0} = 10 \log \frac{I_i}{I_0} + 10 \log r$
 $(N_r = N_i + 10 \log r)$

3) $N_A = N_{total} = 10 \log \sum 10^{0,1 \cdot N_i}$
 $= 10 \log (10^{0,1 \cdot N_t} + 10^{0,1 \cdot N_a} + 10^{0,1 \cdot N_r}) \approx 70 \text{ dB}$

2. 2)

$t \cdot I_i = I_{transmise}$
 $t = \frac{0,1}{100} \cdot 0,9$
 $t = 0,0009$

$N_t = 10 \log \frac{I_t}{I_0} = 10 \log \frac{t \cdot I_i}{I_0} \approx 49,5 \text{ dB}$

$a = \frac{99,9}{100} \cdot 0,9$
 $a = 0,8991$

$(t + a + r = 1)$ verification
 $(0,0009 + 0,8991 + 0,1)$

$I_{incidente} \quad N_i = 80 \text{ dB}$
 $I_i = I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_i} = 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$

1) $N_r = 70 \text{ dB}$

$I_{refl\u00e9chie} = r \cdot I_i$
 $I_r = I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_r} = 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$

$r = \frac{I_r}{I_i} = 0,1$ (10%)

$r = \frac{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_r}}{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_i}}$
 $r = 10^{0,1 \cdot (N_r - N_i)}$
 $\Delta N = N_r - N_i$

3. $A = \sum \alpha_i \cdot S_i$
 $A \approx 642 \text{ m}^2 + 27 \text{ m}^2 \approx 9,12 \text{ m}^2$

4. $N = 10 \log \frac{I}{I_0}$
 $N' = 10 \log \frac{I'}{I_0} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \cdot \frac{1}{10^6} \right)$
 $= 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log 10^{-6}$
 $N' = N - 60$

5.

2) $T = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$

$A = \alpha_m \cdot S_m + \alpha_d \cdot S_d + \alpha_{pl} \cdot S_{pl} + \alpha_F \cdot S_F + \alpha_{p0} \cdot S_{p0}$
 $1) A = 5,4378 \text{ m}^2$

$V = L \cdot l \cdot h$
 $V = 36 \text{ m}^3$

$T \approx 1,053 \text{ s}$

3) $T' = 0,5 \text{ s}$

$A' = 0,16 \cdot \frac{V}{T'}$

4) $A' = 11,52 \text{ m}^2$

on remplace α_{pl} par α

α'

b)

$$A' = \alpha_m \cdot S_m + \alpha_s \cdot S_s + \alpha' \cdot S_{pl} + \alpha_f \cdot S_f + \alpha_{po} \cdot S_{po}$$

$$\rightarrow A - \alpha_{pl} \cdot S_{pl} \leftarrow$$

$$\alpha' \cdot S_{pl} = A' - (A - \alpha_{pl} \cdot S_{pl})$$

$$\alpha' = \frac{A' - A}{S_{pl}} + \alpha_{pl}$$

$$\alpha' = 0,3679 \approx 0,37$$

sur $\alpha_{pl} S_{pl} + \alpha' S_{pl}$ le plafond est remplacé!

$A' = A$ avant
après

$$A' = A + (\alpha' - \alpha_{pl}) \cdot S_{pl}$$

c) fenêtre ouverte : $\alpha_{fen\acute{e}tre} = 1$ T' diminue ($T'' < T'$)
c'est le meilleur absorbant imaginable ... mais c'est le plus mauvais isolant

$$T'' = 0,16 \cdot \frac{V}{A''} \approx 0,34s$$

d) $T''' = 0,16 \cdot \frac{V}{A'''} \approx 0,337s$ < ...
porte et fenêtre ouvertes

$$6. \alpha_{moyen} = \frac{\sum \alpha_i \cdot S_i}{\sum S_i} \approx 0,37$$

source omnidirectionnelle
de puissance $P = 10W$

source émettant uniformément dans toutes les directions

$$S = 4\pi r^2 (4\pi r^2)$$

en ce point de l'auditorium on reçoit le champ direct $I_d = \frac{P}{4\pi r^2} \left(\frac{P}{S} \right)$
et le champ réverbéré $I_r = \frac{4P}{A}$

$$1) I_d = I_r$$

$$\frac{P}{4\pi r_1^2} = \frac{4P}{A}$$

$$\frac{1}{4\pi r_1^2} = \frac{4}{A}$$

$$r_1^2 = \frac{A}{16 \cdot \pi}$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{A}{16 \cdot \pi}}$$

$$r_1 = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r_1 \approx 4m$$

$$\bullet I_1 = I_d + I_r \quad (\text{ou}) \quad 2 \cdot I_d \quad (\text{ou}) \quad 2 \cdot I_r$$

$$I_1 = P \cdot \left(\frac{1}{4\pi r_1^2} + \frac{4}{A} \right) \quad (\text{ou}) \quad 2 \cdot \frac{P}{4\pi r_1^2} \quad (\text{ou}) \quad 2 \cdot \frac{4P}{A}$$

$$I_1 \approx 10^{-3} W \cdot m^{-2}$$

$$\bullet L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

on a aussi calculé N_f directement

$$L = 10 \log \frac{I_d + I_r}{I_0} = 10 \log \frac{P \left(\frac{1}{4\pi r_1^2} + \frac{4}{A} \right)}{I_0}$$

$(P = 10^{-11} W)$
 $(I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2})$

$$L_1 \approx 90dB$$

2) a- $L_D = 10 \log \frac{P_a}{P_0 \cdot 4\pi R^2} \approx 77 \text{ dB}$

b- $L_R = 10 \log \frac{4 \cdot P_a}{P_0 A} \approx 87 \text{ dB}$

c- $L_{dd} \approx 87,4 \text{ dB}$

effectivement
le champ direct
interrompt peu à
une telle distance !!!
on peut donc le négliger
 $m r \geq 12,6 \text{ m}$

8. 1) $R = 10 \log \frac{1}{t}$
 $R = -10 \log t$

t	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	...
R(dBA)	10	20	30	...

chaque fois que le coefficient de transmission
décuple, l'affaiblissement R s'accroît de 10

2) $R = -10 \log t$

$-\frac{R}{10} = \log t$

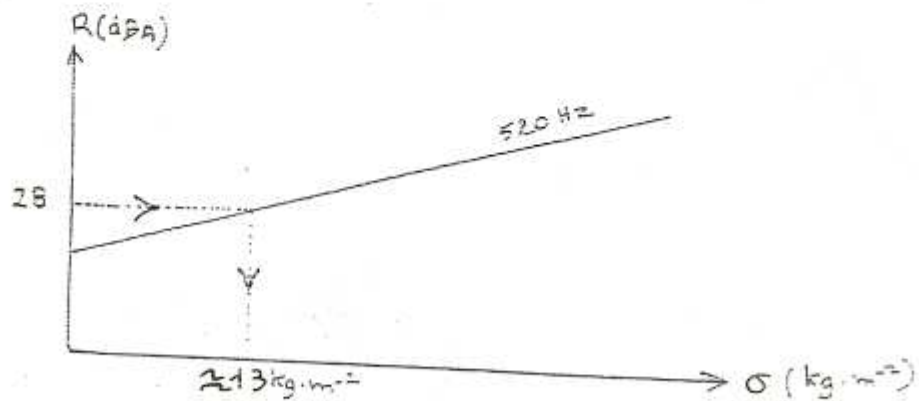
$\log t = -0,1 \cdot R$

$t = 10^{-0,1 \cdot R}$

$t = 10^{0,1 \cdot 39}$

$t = 10^{-3,9} = 1,26 \cdot 10^{-4}$

9. 1)



$\sigma = 213 \text{ kg.m}^{-2}$

$\sigma = \rho \cdot e$

$e = \frac{\sigma}{\rho} \approx 5 \text{ mm}$

2) a- $\sigma = \rho e = 253 \text{ kg.m}^{-2}$

$R \approx 45 \text{ dBA}$

b. $R = 51 \text{ dBA} \rightarrow \sigma \approx 700 \text{ kg.m}^{-2} \quad e = \frac{\sigma}{\rho} \approx 30 \text{ cm} (!!!)$

10.

1)

	ρ (kg.m ⁻³)	e (mm)	σ (kg.m ⁻²)	
plâtre	1100	15	16,5	$R = 13,3 \log \sigma = 16,2 \text{ dB}$
béton	2500	150	375	$R = 15 \log \sigma = 47,6 \text{ dB}$
couche	1400	70	98	$R = 13,3 \log \sigma = 26,5 \text{ dB}$

2) $15 \log \sigma = 50$ $\log \sigma = \frac{R}{15}$ $\sigma = 10^{R/15}$ $\sigma = \frac{10^{R/15}}{4}$ $e = \frac{10^{R/15}}{4 \cdot \rho} \approx 215 \text{ mm}$

! < béton ... $R = 47,6 \text{ dB}$ pour $e = 150 \text{ mm}$ et $R = 50 \text{ dB}$ pour $e = 215 \text{ mm}$.
 65 mm de béton pour gagner $50 - 47,6 = 2,4 \text{ dB}$!!! ... il vaut mieux utiliser un isolant phonique >7

3) béton $e = 300 \text{ mm}$ (2e)
 $R = 15 \log \sigma$
 $\sigma = \rho e$
 $R = 15 \log \rho e$ $R \approx 56,1 \text{ dB}$ (!!!)

11.

les 6 bandes d'octave du bâtiment-centrées sur ...

1) F(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
N(dB)	71	70	66	65	65	57
N(dB(A))	54,9	61,4	62,8	65	66,2	58

* $N_g = 10 \cdot \log \sum 10^{0,1 N_i}$

$N_g = 10 \cdot \log (10^{5,49} + 10^{6,14} + 10^{6,28} + 10^{6,5} + 10^{6,62} + 10^{5,7})$
 $N_g \approx 70,3 \text{ dB(A)}$

rappel
 $N_{dB(A)} = N_{dB} + \text{pondération}$
 ex pour $f = 125 \text{ Hz}$
 $N_{dB(A)} = 71 - 16,1 = 54,9 \text{ dB(A)}$

le seuil maximum de tolérance (etant de 30 dB(A)) au bruit pour le Sommeil ... l'indice d'affaiblissement R de la construction doit être : $R = N_g - 30$
 $R \approx 40,3 \text{ dB(A)}$

2) $R_1 = 25 \text{ dB(A)}$
 $R_2 = 45 \text{ dB(A)}$
 $S_1 + S_2 = 30 \text{ m}^2$

le mur est plus isolant que vitrage.

utilisons l'abaque

$\frac{S_1}{S_2}$	$R_1 - R_2$	$R_1 - R$
40		
	20 dB(A)	
		5,2 dB(A)

$S_1 + S_2 = 30$ $\frac{S_1}{S_2} = 40$
 $40 \cdot S_2 + S_2 = 30$
 $S_2 = 0,75 \text{ m}^2$ $S_1 = 29,25 \text{ m}^2$!!!

12. a -

F(Hz)	100	800	6400	12800
R(dBA)	51	57	75	81

b. 25 Hz \longleftrightarrow 13 000 Hz

($N_{\text{local}} = 90 \text{ dBA}$)
 local émetteur $\rightarrow L \approx 90 - 81 = 9 \text{ dBA}$
 local récepteur $\leftarrow 51 - 4 \times 6 = 27 \text{ dBA}$

la fréquence double quand la fréquence de la source s'accroît de 6 dBA

13. $D_b = R + 10 \log \frac{A}{S}$
 $R = D_b - 10 \log \frac{A}{S} \quad R \approx 25,3 \text{ dBA}$

14. $L_{\text{total}} = 10 \log \Sigma 10^{0,1 \cdot L_i} \approx 79,7 \text{ dBA}$
 $L_{\text{total}} = 10 \log \Sigma 10^{0,1 \cdot L_i} \approx 30,5 \text{ dBA}$

$D_b = L_{\text{total}} - L_{\text{total}} \approx 49,2 \text{ dBA}$

15. $D_h = D_b + 10 \log \frac{I}{0,5} \quad D_h \approx 50 \text{ dBA}$

16. $D_b = R + 10 \log \frac{A}{S}$ $\begin{cases} a. D_b > R & 10 \log \frac{A}{S} > 0; \log \frac{A}{S} > 0; \frac{A}{S} > 1 \quad (A > S) \\ b. D_b = R & 10 \log \frac{A}{S} = 0; \log \frac{A}{S} = 0; \frac{A}{S} = 1 \quad (A = S) \\ c. D_b < R & 10 \log \frac{A}{S} < 0; \log \frac{A}{S} < 0; \frac{A}{S} < 1 \quad (A < S) \end{cases}$

17.

a. $D_b = R + 10 \log \frac{A}{S} = N - N$

$D_{b1} = R + 10 \log \frac{A_1}{S} = N - N_1$

$D_{b2} = R + 10 \log \frac{A_2}{S} = N - N_2$

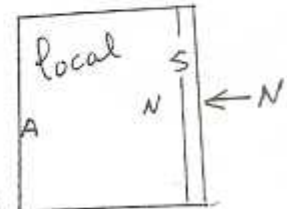
$D_{b1} - D_{b2} = 10 \log \frac{A_1}{S} - 10 \log \frac{A_2}{S} = (N - N_1) - (N - N_2)$

$10 \log \frac{A_1/S}{A_2/S} = 10 \log \frac{A_1}{A_2} = N_2 - N_1 = \Delta N$

et comme $T = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$ $\begin{cases} A_1 = \frac{0,16 \cdot V}{T_1} \\ A_2 = \frac{0,16 \cdot V}{T_2} \end{cases}$

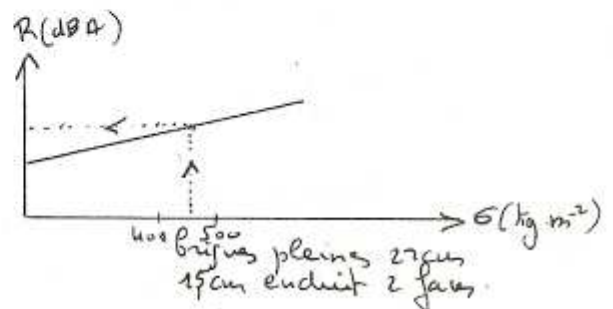
b. $\Delta N \approx 2,4 \text{ dBA}$

$\Delta N = 10 \log \frac{\frac{0,16 \cdot V}{T_1}}{\frac{0,16 \cdot V}{T_2}} = 10 \log \frac{T_2}{T_1} = \Delta N$



18. d'après le graphique

F(Hz)	R(dBA)
100	39
500	48
2000	57



19. $R_c = R_1$
et $R_p = R_2$

1) $t_1 = 10^{-0,1 \cdot R_1} = 0,001 (10^{-3})$
 $t_2 = 10^{-0,1 \cdot R_2} = 0,01 (10^{-2})$

2) $t = \frac{t_1 S_1 + t_2 S_2}{S_1 + S_2} \quad t = 0,0028 (2,8 \cdot 10^{-3})$

3) a. $R = 10 \log \frac{1}{t} \approx 25,5 \text{ dBA}$
 b. $\Delta R = R - R_c \quad \Delta R \approx 4,5 \text{ dBA}$

c.

4) $D_b = 10 \log \frac{A}{t \cdot S}$
 local 1 $D_{b1} = 10 \log \frac{A_1}{t \cdot (S_1 + S_2)} \approx 25,5 \text{ dBA}$

local 2 $D_{b2} = 10 \log \frac{A_2}{t \cdot (S_1 + S_2)} \approx 27,3 \text{ dBA}$

5) a. $R_v = 0$

$t_v = 10^{-0,1 \cdot R_v} = 10^0 = 1$ l'espace "vide" transmet
intégralement le son

b. $t = \frac{\sum t_i \cdot S_i}{\sum S_i}$

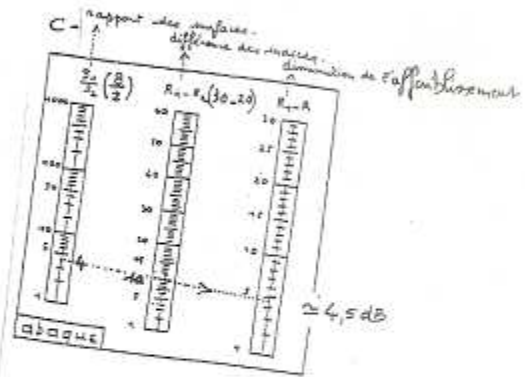
$t = \frac{t_1 \cdot S_1 + t_2 \cdot S_2 + t_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \approx 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

$t \approx 0,0048$

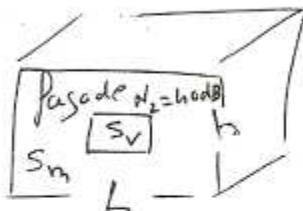
$R \approx 23,2 \text{ dBA}$

c. sans espace $t \approx 0,0028$
 avec espace $t \approx 0,0048$

pourcentage d'amen : $\frac{0,0048 - 0,0028}{0,0028} \times 100 \approx 71\%$



20



$\frac{r_{me}}{N_1} = 70 \text{ dB}$

1) $R = N_1 - N_2$
 $R = 30 \text{ dB}$

2) $t_f = \frac{I_2}{I_1} = \frac{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_2}}{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot N_1}}$

$t_f = \frac{10^{0,1 \cdot N_2}}{10^{0,1 \cdot N_1}} = 10^{0,1 \cdot (N_2 - N_1)}$

$t_f = 10^{-0,1 \cdot R} \quad t_f = 10^{-3}$

3) $t_f = \frac{\sum t_i \cdot S_i}{\sum S_i}$

$t_f = \frac{t_v \cdot S_v + t_m \cdot S_m}{S_v + S_m}$
 $S_f = L \cdot h$

$t_v \cdot S_v + t_m \cdot S_m = t_f \cdot (S_f)$
 $(S_f - S_v = L \cdot h - Z)$

$t_m = \frac{t_f \cdot L \cdot h - t_v \cdot S_v}{L \cdot h - Z}$
 $t_m \approx 1,46 \cdot 10^{-3}$

21

Le niveau N_b de la pression acoustique dans le local F , résulte d'une transmission directe par le mur séparant le local E du local F et d'une transmission indirecte par l'intermédiaire du couloir.

1)

Transmission directe $E \rightarrow F$

Recherche de l'isolement brut obtenu dans le local F (transmission directe)

L'isolement brut entre 2 locaux où règne un champ réverbéré est donné par :

$$D_b = R + 10 \log \frac{A}{S}$$

Calcul de l'aire d'absorption équivalente A (local de réception).

$$A = \frac{0,16 V}{T} = \frac{0,16 \times 168}{1} = 26,8 \text{ m}^2$$

Isolement brut obtenu dans le local

$$D_b = R + 10 \log \frac{A}{S}$$

$$D_b = 30 + 10 \log \frac{26,8}{24} = 48,4 \text{ dB}_A \quad (D_{b1})$$

R : Indice d'affaiblissement de la paroi.

A : Aire d'absorption équivalente (réception).

S : Surface de la paroi séparative.

2)

Transmission indirecte $E \rightarrow C \rightarrow F$

a. Recherche de l'isolement brut obtenu dans le couloir (transmission E vers C).

La cloison n'est pas homogène. Elle est constituée de deux parties (maçonnerie et porte) ne possédant pas le même coefficient de transmission du son.

Indices d'affaiblissement de la paroi :

maçonnerie 30 dB

portes 20 dB.

• Calcul du coefficient de transmission moyen t_m de la cloison.

Le coefficient de transmission est lié à l'indice d'affaiblissement par :

$$R = 10 \log \frac{1}{t}$$

Calcul des coefficients t de la paroi

Maçonnerie (30 dB) Porte (20 dB)

$$R = 10 \log \frac{1}{t}$$

$$R = 10 \log \frac{1}{t}$$

$$30 = 10 \log \frac{1}{t}$$

$$20 = 10 \log \frac{1}{t}$$

$$\log \frac{1}{t} = \frac{30}{10} = 3$$

$$\log \frac{1}{t} = \frac{20}{10} = 2$$

$$\frac{1}{t} = 10^3; t = 0,001 \quad \frac{1}{t} = 10^2; t = 0,01$$

Calcul du coefficient de transmission t_m .

$$t_m = \frac{\sum (f_n \cdot S_n)}{S}$$

$$t_m = \frac{(0,001 \times 26) + (0,01 \times 2)}{28} = 0,0016$$

• Calcul de l'indice d'affaiblissement R de la cloison séparant les salles de classe du couloir.

$$R = 10 \log \frac{1}{0,0016} = 27,9 \text{ dB}_A$$

• Isolement brut obtenu dans le couloir.

$$D_b = R + 10 \log \frac{A}{S} \text{ avec } A = \frac{0,16 V}{T} = \frac{0,16 \times 84}{2} = 6,7 \text{ m}^2$$

$$D_b = 27,9 + 10 \log \frac{6,7}{28} \quad D_b = 27,9 - 6,2 = 21,7 \text{ dB}_A$$

b- Recherche de l'isolement brut obtenu dans le local F (transmission du couloir C vers F).

$$D_b = 27,9 + 10 \log \frac{26,8}{28}$$

$$D_b = 27,9 - 0,2 = 27,7 \text{ dB}_A$$

c- Isolement brut obtenu dans le local F (transmission indirecte $E \rightarrow C \rightarrow F$)

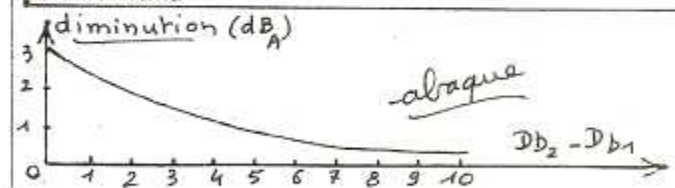
$$21,7 \text{ et } 27,7 \Rightarrow 49,4 \text{ dB}_A \quad (D_{b2})$$

3)

On constate dans l'exemple choisi, qu'il passe plus d'énergie sonore par la voie directe (48,4) que par la voie indirecte (D_{b2} 49,4 dB_A).

4)

Le niveau sonore dans le local découle de l'isolement des deux transmissions. La différence des isolements obtenus donne sur l'abaque la valeur en dB à retrancher au plus faible des isolements. Le résultat obtenu représente l'isolement brut résultant.



Fréquence	D_b En transmission :				
	directe $E \rightarrow F$	indirecte $E \rightarrow C \rightarrow F$	Différence des D_b	Valeur en dB à retrancher de l'isolement le plus faible (voir abaque)	isolement brut résultant dans le local F
500 Hz	48,4 dB _A	49,4 dB _A	1	2,5 dB _A	45,9 dB _A

22

Les sources de bruit étant situées assez loin de l'emplacement réservé à la salle de commande, on peut considérer que de part et d'autre de la cloison règne un champ réverbéré.

L'isolement brut D_b est égal à la différence des niveaux existant dans chaque local.

$$D_b = N_{p1} - N_{p2}$$

Recherche du niveau (champ réverbéré) régnant dans l'atelier.

$$N_I = N_p = N_w + 6 - 10 \log A.$$

N_p Niveau de pression dans le local (dB),
 N_w Niveau de puissance de la source (dB),
 A Aire d'absorption équivalente du local (m^2).

Calcul de l'aire d'absorption équivalente A de l'atelier.

$$A = \sum S_i \cdot \alpha_i$$

1)

	Surfaces S (m^2)	Coefficients d'absorption α	Aires d'absorption (m^2)
Murs, sol, plafond	718	0,02	14,3
Cloison vitrée	32	0,10	3,2
Aire d'absorption équivalente $A =$			17,5 m^2

2)

Niveau sonore émis par chaque machine fonctionnant seule :

$$1^{\text{re}} \text{ machine : } N_{p1} = 90 + 6 - 12,4 = 83,6 \text{ dB}_A$$

$$2^{\text{e}} \text{ machine : } N_{p2} = 88 + 6 - 12,4 = 81,6 \text{ dB}_A$$

Niveau sonore global N_{pr} résultant de la marche simultanée des 2 machines.

Par combinaison des niveaux précédents on obtient :

$$N_{pr} = 85,7 \text{ dB}_A$$

Nota : On peut éviter le calcul et utiliser l'abaque permettant l'addition des niveaux sonores.

3) Recherche de l'indice d'affaiblissement R de la paroi séparative.

$$D_b = R + 10 \log \frac{A}{S}$$

Les conditions imposées exigent un isolement brut D_b tel que :

$$D_b = 85,7 - 60 = 25,7 \text{ dB}_A$$

4)

Calcul de l'aire d'absorption équivalente du bureau.

	Surfaces S (m^2)	Coefficients d'absorption α	Aires d'absorption (m^2)
Murs, sol, plafond	62	0,5	31
Paroi vitrée	32	0,10	3,2
Assistance	2	0,5	1
Aire d'absorption équivalente $A =$			35,2 m^2

$$R = D_b - 10 \log \frac{A}{S}$$

$$R = 25,7 - 10 \log \frac{35,2}{32}$$

$$R \approx 25,3 \text{ dB}_A \quad \text{une paroi en verre de } 6 \text{ mm convient}$$