

L'acoustique en un clin d'œil

L'ordre de grandeur



①
valeur maximum
puissance acoustique
de la source :
70 à 100 dB(A)

②
atténuation moyenne
du réseau :
tôle : - 0 à 10 dB(A)
béton : - 0 dB(A)
FibAir : - 20 à 30 dB(A)

L'atténuation :
réduction du niveau
sonore dû aux absorptions
et aux transmissions
par les parois

③
atténuation moyenne
des traitements :
silencieux rectangulaires :
- 10 à 40 dB(A)
silencieux cylindriques :
- 5 à 15 dB(A)
grille acoustique simple :
- 10 à 15 dB(A)
grille acoustique double :
- 25 à 30 dB(A)

④
la Régénération :
c'est un obstacle
à l'écoulement de l'air
qui crée des
turbulences donc du bruit

critère de confort

⑤
atténuation moyenne
du local :
local bureau : - 4 à 10 dB(A)
ou
atténuation moyenne
en extérieur :
auditeur à 1 m = - 10 dB(A)
auditeur à 6 m = - 20 dB(A)
auditeur à 35 m = - 20 dB(A)

②
atténuation moyenne
du réseau :
tôle : - 0 à 10 dB(A)
béton : - 0 dB(A)
FibAir : - 20 à 30 dB(A)

④
régénération due
à la vitesse :
diffuseur :
+ - 20 à 40 dB(A)

①
source

②
réseau

③
silencieux

②
réseau

④
diffuseur

⑤
local/distance

Exemple 1 : réseau tertiaire :

- source ventilateur : 70 dB(A)
- réseau tôle : - 10 dB(A)
- local : - 5 dB(A)

55 dB(A)

- niveau de pression recommandé : 30 dB(A)

il manque une dizaine de dB d'atténuation.
Solution : installer un silencieux.

Niveau de pression acoustique recommandé :

salle de réunion, bibliothèque	30 à 40 dB(A)
bureau	35 à 40 dB(A)
hall d'accueil, gymnase	40 à 50 dB(A)
supermarché	45 à 50 dB(A)

Exemple 2 : rejet :

Rejet dans une rue piétonne à travers une chambre de détente en béton.

- source ventilateur : 100 dB(A)
- réseau béton : - 0 dB(A)
- grille acoustique
- simple : - 15 dB(A)
- auditeur à 3 m : - 20 dB(A)

65 dB(A)

- niveau de pression recommandé : 55 dB(A)

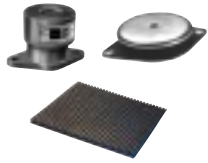
il manque une dizaine de dB d'atténuation.
Solution : doubler la grille.

L_w : la puissance sonore (unité) : dB
- caractérise l'équipement,
- est la base de tout calcul,
- est la base de toute comparaison.



L_p : la pression sonore (unité) : dB
- caractérise l'équipement dans son environnement (position, distance, local,...),
- est le résultat à obtenir dans le local et dont la mesure est effectuée à l'aide d'un sonomètre

Partout dans le réseau, une solution acoustique...

positionnement	atténuation		rayonnement	antivibratoire
	principale (20-50 dB(A))	secondaire (5-25 dB(A))		
local technique	Arpège  SCN  Octave  spécial basses fréquence	SC/VMC spécial VMC 	Acoustimouss capotage (mousse au plomb) 	plots antivibratiles Type V + BCA  isolation petits caissons et supportage des gaines Isol vib
local à traiter	grille acoustique atson 	spécial antitéléphonie  CAF  TM		• passage de paroi • suspension de conduits

Les niveaux sonores

- Lorsque deux trains passent en même temps, la sensation auditive n'est pas doublée.
- Cela impose l'introduction des logarithmes dans l'expression mathématique de la pression acoustique (ce que l'oreille perçoit) et de la puissance acoustique (ce que la source émet).
- La sensation auditive varie (loi de Fechtner) comme le logarithme de l'excitation. De ce fait, on exprime les niveaux (puissance, pression) en logarithme et par rapport à un seuil de perception de référence.

variations pression	impression de l'oreille	logarithme (base 10)
excitation	sensation	
10	1	1 = Log 10
100	2	2 = Log 100
1000	3	3 = Log 1000

- La puissance acoustique s'exprime en décibels (dB) et se définit par la relation suivante :

$$L_w = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$$

avec W = puissance en watts

W_0 = puissance de référence = 10^{-12} watt

- Les niveaux de pression acoustique s'expriment également en décibels, et se définissent par une relation similaire :

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

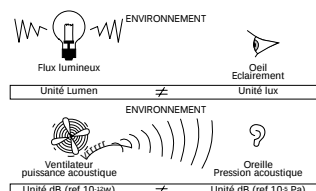
avec P = pression acoustique en pascals

P_0 = pression de référence, seuil d'audibilité à

1000 Hz = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Attention : Dans les deux cas, on parle de niveaux en décibels, mais ce sont deux grandeurs physiques différentes.

Exemple :



Conclusion :

Puissance $\longleftrightarrow$ caractéristique intrinsèque du matériel

Pression $\longleftrightarrow$ caractérise le matériel dans un environnement donné

Addition de niveaux sonores

- L'introduction des logarithmes fait que l'addition de deux niveaux sonores n'est pas une somme arithmétique, et donc :

$$60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} \neq 120 \text{ dB}$$

- En effet, en ajoutant les niveaux sonores, on ajoute arithmétiquement les puissances (ou pressions) appliquées, et le calcul du niveau sonore final se fait de la manière suivante :

- Soit une puissance appliquée de 10^{-6} W.

Le niveau sonore correspondant est de 60 dB :

$$10 \log \left(\frac{10^{-6}}{10^{-12}} \right) = 60 \text{ dB}$$

$$L_w = 10 \log (2 \times 10^{-6} / 10^{-12})$$

$$= 10 \log 2 + 10 \log (10^{-6} / 10^{-12})$$

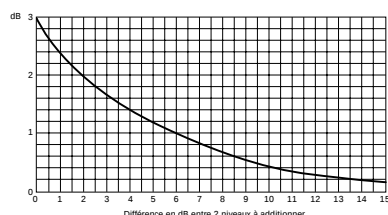
$$= 3 + 60$$

$$= 63 \text{ dB}$$

$$\text{Donc } 60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dB}$$

D'une manière pratique, pour connaître le résultat d'une addition de deux niveaux sonores, il suffit de se référer à l'abaque ci-après, et lire, à partir de la différence entre les deux niveaux, la valeur à ajouter au niveau le plus grand.

Attention : Les niveaux de puissance peuvent s'additionner sans risque, mais pour les niveaux de pression il faut vérifier que l'environnement est le même (par exemple pour 2 ventilateurs rejetant dans la même trémie, si l'un fait 60 dB(A) à 3 m et l'autre 60 dB(A) à 1 m on ne pourra rien en conclure directement).

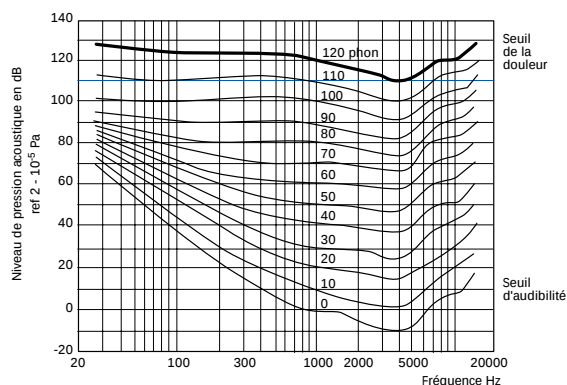


Les courbes isophoniques et la pondération A

Les courbes isophoniques

- L'oreille humaine n'entend pas tous les sons de la même manière : 60 dB à 63 Hz (graves) ne sont pas aussi bien perçus que 60 dB à 1000 Hz (aigus). L'homme est donc plus réceptif aux hautes qu'aux basses fréquences.
- Cela nous amène à introduire la notion de courbes isophoniques, c'est à dire des courbes d'égale sensation d'un son : ainsi, l'oreille perçoit la même sensation pour :
 - un son de 50 dB à 100 Hz et
 - un son de 20 dB à 1000 Hz

Diagramme Fletcher - Munson
courbes ipsophoniques



La pondération A

Des courbes isophoniques, on a établi une pondération «A» restituant la sensibilité différentielle de l'oreille en fonction des fréquences, où le niveau des basses fréquences, peu entendues, est abaissé. Le dB(A) représente ce qu'entend l'oreille pour des niveaux faibles (< 60 dB(A)).

Pour calculer cette pondération, on ajoutera les coefficients suivants à la valeur réelle en dB.

fréquence Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
pondération A	-26,7	-16,3	-8,5	-3	0	+1,2	+1

Nota : pour bien distinguer le dB(A) du dB non pondéré, on appelle souvent ce dernier dB(lin).

Il existe 2 autres pondérations : la B et la C, pour des niveaux plus importants (< 85 dB pour la B, > 85 dB pour la C).

Calcul du niveau global

En considérant un spectre en bande d'octave, le calcul du niveau global se réalise en ajoutant deux à deux les valeurs des niveaux de chaque bande de fréquence, selon la méthode de calcul décrite précédemment.

Remarque : ce niveau global peut être calculé soit en dB(lin), soit en dB(A).

Les critères de confort :

- Deux spectres sonores différents mais identiques en niveau global dB(A) peuvent représenter une gêne différente, notamment si un de ces spectres présente une émergence significative dans une bande par rapport aux bandes adjacentes. Pour des raisons de confort, plusieurs critères ont été définis afin de prendre en compte ce phénomène, tels que le Noise Criteria (NC), utilisé aux États-Unis, et le Noise Rating (NR) adopté en norme ISO et NF.
- Le Noise Rating (ISO) : pour respecter une courbe NR donnée, il faut que le spectre se situe en dessous de la courbe NR sur toutes les bandes de fréquences.

Niveaux acoustiques préconisés

- 2 cas peuvent être considérés : à l'extérieur ou à l'intérieur des bâtiments.

Dans le 1^{er} cas les limites fixées tiennent compte du lieu d'implantation. La valeur maximale est alors définie comme une émergence par rapport au bruit ambiant (3 à 5 dB(A) suivant les cas).

Dans le 2^e cas, certains locaux ont des exigences réglementaires (NRA pour l'habitat, locaux d'enseignement, code du travail, etc.) pour les autres locaux on peut tenir compte des recommandations du GIAC ou de la future norme européenne.

type de local	niveau de pression acoustique	
	exigence haute dB(A)	exigence basse dB(A)
local de restauration		
restaurant d'entreprise	35	50
restaurant, cafétéria	35	45
salle de rencontre		
foyer, salle fumeur	35	45
salle de réunion	30	40
local sportif		
piscine sportive, patinoire	40	45
piscine ludique	45	50
salle de relaxation	30	35
salle EPS	35	45
gymnase	40	50
grande salle, palais sports	40	50
lieu de passage		
atrium	40	50
galerie marchande	45	55
hall d'aéroport	40	50
hall de gare, hall d'exposition	45	55
magasin de vente	40	50
lieu de culte, église	30	45
musée	30	40

Niveaux de bruit de fond recommandés par le Giac par type d'activité (ne préjugant pas des niveaux fixés par la réglementation).

type de bâtiment	type de local	niveau de pression sonore dB(A)		
		A	B	C
garderie d'enfants	crèches maternelles	30	40	45
commerces	supermarchés	40	45	50
bureaux	bureaux et salles de conférences	35	40	45
	bureaux paysagés	35	40	45
restaurants	cafétérias et restaurants	35	45	50

- Les lettres A, B, C, correspondent à des catégories de bâtiments et n'ont aucune relation avec les pondérateurs A, B ou C apportés au dB (d'après projet de norme européenne CEN TC 156/WG 6).
- Niveaux de pression en dB(A) générés ou transmis par le système de ventilation et autorisés dans différents types de locaux.

Puissance et pression sonore

1 - niveau de puissance $L_w = 40 \text{ dB(A)}$ (1)

2 - niveau de pression direct

- distance à l'auditeur = 2 m (fig.1)
correction = - 17 dB (2)
- directivité (fig.2)
correction = + 3 dB (3)

$$L_{pd} = 26 \text{ dB(A)} \quad (4) = (1) + (2) + (3)$$

3 - niveau de pression réverbéré : nul en champ libre (extérieur)

- volume du local = m^3 (fig.3)
correction = - 7 dB (5)
- temps de réverbération = 0,6 s (fig.4)
correction = - 3 dB (6)

$$L_{pr} = 30 \text{ dB(A)} \quad (7) = (1) + (5) + (6)$$

4 - niveau final (fig.5)

$$L_p = L_{pd} + L_{pr} = 31 \text{ dB(A)}$$

Fig. 1
distance à l'auditeur

20	-37
	-36
	-35
15	-34
	-33
	-32
10	-31
	-30
9	-29
8	-28
7	-27
6	-26
5	-25
	-24
4	-23
	-22
3	-21
	-20
	-19
	-18
2	-17
	-16
	-15
	-14
	-13
	-12
1	-11
	-10

Fig. 2
directivité

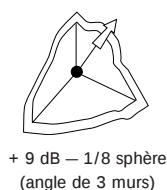
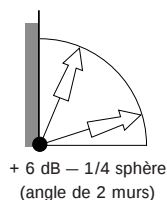
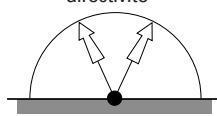


Fig. 3
volume du local

V 10	+4
	+3
15	+2
	+1
20	0
	-1
30	-2
	-3
50	-4
	-5
100	-6
	-7
	-8
200	-9
	-10
	-11
	-12
500	-13

Fig. 4
temps de réverbération

Tr	-8	0,2
	-7	
	-6	
	-5	
	-4	0,5
	-3	
	-2	
	-1	1,0
	0	
	+1	
	+2	2,0
	+3	
	+4	
	+5	3,0

Fig. 5
addition de 2 niveaux sonores

