

A1.- Le décibel et le bruit – les unités acoustiques

A1.1.- Définition du bruit :

A1.1.1.- Production et caractéristiques d'un son

Tout corps qui se déplace ou qui vibre émet un son. Il transmet sa vibration à l'air environnant sous la forme **d'ondes de pression ou de dépression** (fig. A1). A chaque cycle de vibration de la source, il y a création d'une surpression suivie d'une dépression. Dans un milieu homogène, l'air ambiant par exemple, les ondes de pression et de dépression se propagent à vitesse constante, appelée **vitesse du son** ou célérité du son. Dans l'air, à une température voisine de 20°, la vitesse du son c_0 est proche de 340 m/s.

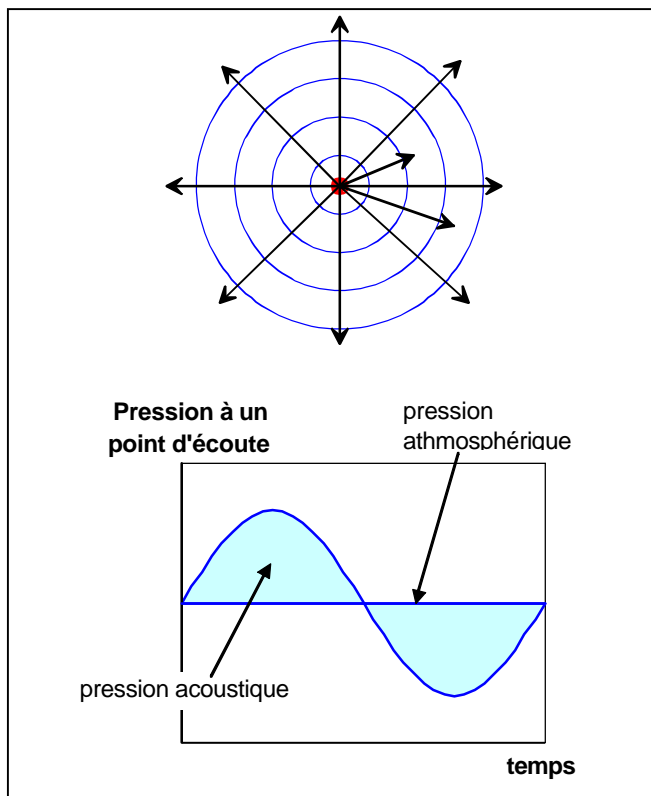


Figure A1 : La source crée des ondes de pression et de dépression qui se propagent à vitesse constante.

Si on observe ce qui se passe en un point, à une certaine distance de la source, on constate le passage des surpressions et des dépressions au même rythme que la vibration de la source. Les variations de la pression par rapport à la pression d'équilibre (pression atmosphérique) sont appelées **pressions acoustiques** (fig. A1).

Il est normal que ce soit cette pression acousti-

que qui produise une sensation sonore. En effet, l'oreille d'un individu est composée d'un conduit auditif qui se termine par une membrane, le tympan, sensible comme toute membrane à une variation de pression.

Le phénomène acoustique en un point est caractérisé par la pression acoustique p et par la fréquence f , nombre de fluctuations par seconde. La vitesse de propagation des ondes étant constante, la fréquence en un point est égale à la fréquence de vibration de la source.

A1.1.2.- Caractéristiques d'une source sonore

Pour créer des sons, la source libère une certaine quantité d'énergie qui se répartit sur les ondes. **On caractérise une source sonore par sa puissance acoustique W et par ses fréquences de vibration**. Ces caractéristiques sont propres à la source.

A1.1.3.- Relations entre le son en un point et les caractéristiques de la source

Lorsque les ondes acoustiques se propagent en s'éloignant de la source, leur surface augmente et l'énergie par unité de surface qu'elles véhiculent diminue (figure A2).

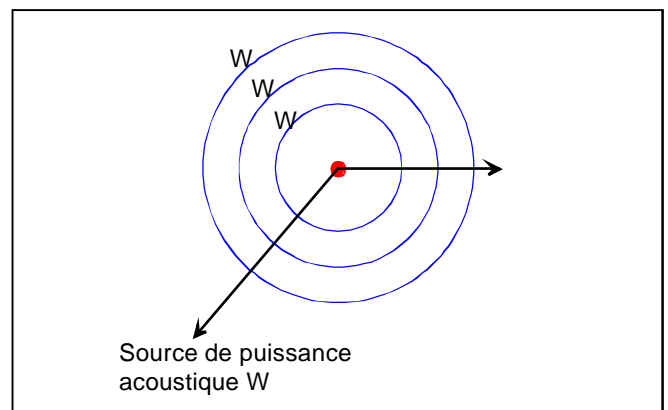


Figure A2 : La puissance acoustique de la source se répartit sur des ondes sphériques de rayon r

Cette énergie par unité de surface est appelée intensité acoustique I . Pour une source omnidirectionnelle (envoyant la même énergie dans toutes les directions) et de petite dimension par rapport à la distance du point d'écoute, les on-

des acoustiques sont sphériques et on a les relations suivantes entre les différentes grandeurs mises en place ci-dessus.

$I = W / (4 \pi r^2)$ où r est la distance du point d'écoute par rapport à la source

$4 \pi r^2$ est la surface de la sphère de rayon r .

$I = p^2 / \rho c_0$ où p est la pression acoustique, ρ est la masse volumique de l'air et c_0 la vitesse du son

Le phénomène acoustique en un point dépend donc non seulement de la source et de sa puissance acoustique, mais aussi de la position du point par rapport à cette source.

A1.2.- Les niveaux sonores

A1.2.1.- Le décibel

On a l'habitude de dire qu'une des grandes difficultés rencontrées par ceux qui abordent l'acoustique du bâtiment est liée aux unités à utiliser. Or, les grandeurs que nous avons introduites ci-dessus s'expriment à l'aide des unités classiques, Watt pour les puissances acoustiques, Pascals pour les pressions, Watts par mètre carré pour les intensités et Hertz (nombre de cycles par seconde) pour les fréquences.

Mais, il a été montré que « la sensation auditive pour les sons de fréquences moyennes est proportionnelle au logarithme décimal de l'excitation ». En acoustique du bâtiment, c'est l'individu qui perçoit les bruits qui nous intéressent, il faut donc tenir compte de cette relation. Pour cela, il suffit de déterminer des **niveaux de pression acoustique et des niveaux d'intensité acoustiques** en utilisant la relation entre la sensation et l'excitation.

On utilise la notion de niveau d'intensité acoustique L_I , tel que :

$$L_I = 10 \log (I / I_0)$$

où I est l'intensité d'un son perçu en un point et I_0 est une intensité de référence très faible, égale à 10^{-12} Watts/mètre².

Ce niveau d'intensité acoustique est exprimé en décibels symbolisé par les lettres dB.

De même on définit un **niveau de pression acoustique, exprimé en dB**, tel que :

$$L_p = 10 \log (p^2 / p_0^2)$$

où p est la pression acoustique du son en un point et p_0 est une pression acoustique de référence ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pascal).

A1.2.2.- Addition de niveaux sonores en décibels

La définition des niveaux sonores exprimée en décibels entraîne une difficulté lorsqu'il s'agit d'additionner deux niveaux sonores.

Lorsque deux sources produisent des sons en un point, ce sont les intensités acoustiques (ou les carrés des pressions acoustiques) qui s'ajoutent et non pas les niveaux sonores en décibels.

Pour la première source, $L_{I1} = 10 \log (I_1/I_0)$.

Pour la deuxième, $L_{I2} = 10 \log (I_2/I_0)$.

Le niveau d'intensité acoustique résultant du fonctionnement des deux sources est

$$L_I = 10 \log((I_1+I_2)/I_0)$$

Si les deux sources produisent la même intensité, $I_1 = I_2$

$$L_I = 10 \log (2 I_1 / I_0) = L_{I1} + 10 \log 2$$

soit, $L_{I1} + 3 \text{ dB}$.

Cet exemple montre l'importance de 3 dB. Un écart de 3 dB, correspond à deux sons dont l'un a deux fois plus d'énergie que l'autre.

Plus généralement, si on veut éviter des calculs faisant intervenir des logarithmes, on utilise des tableaux ou des abaques pour additionner deux niveaux sonores dont on connaît la différence arithmétique « d » en décibels (voir la figure A3 ci-dessous et le tableau A1 de la page suivante).

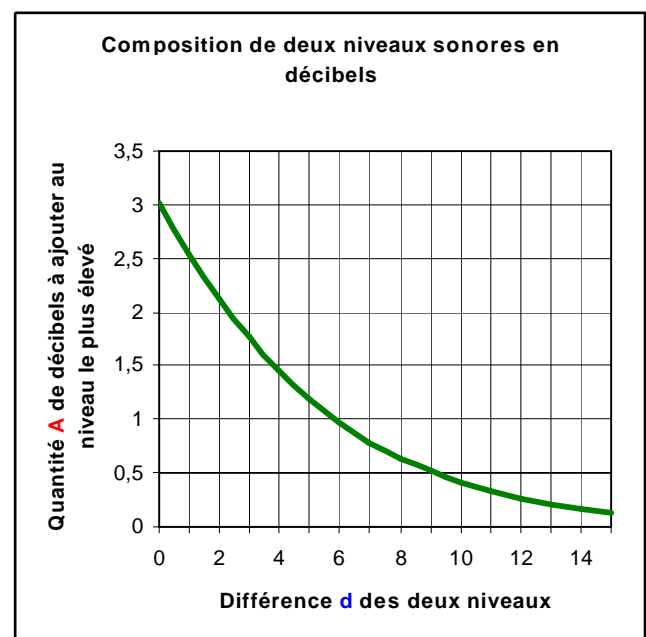


Figure A3 : Addition de deux niveaux sonores : quantité **A** de décibels à ajouter au niveau le plus élevé, connaissant la différence arithmétique **d** des deux niveaux

Tableau A1: « Addition » de deux niveaux sonores exprimés en décibels - Quantité **A** de décibels, connaissant la différence arithmétique **d** des deux niveaux.

d en dB	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A en dB	3	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.33	0.26

Exemple : Si on veut calculer le niveau résultant du fonctionnement de trois sources de bruit qui produisent en un point d'écoute respectivement des niveaux sonores de 50, 56, 59 dB, on peut procéder de la façon suivante. On « ajoute » les deux premiers niveaux, soit 50 et 56 dB. L'écart est de 6 dB, et le niveau à ajouter à 56 dB, le plus élevé des deux, est de 1 dB. Il en résulte un niveau de 56 + 1 = 57 dB. Il suffit de lui combiner le troisième niveau de 59 dB. L'écart « d » de 57 à 59 dB est de 2 dB, il faut donc ajouter 2.1 dB à 59 pour avoir le niveau résultant du fonctionnement des trois sources. Le résultat est de 59 + 2.1 = 61.1 dB qu'on arrondi à 61 dB. Notons qu'il est d'usage de conduire les calculs en tenant compte des dixièmes de décibels et d'arrondir le résultat final au décibel le plus proche.

Le graphique et le tableau montrent que si deux sources de bruit produisent des niveaux dont les écarts sont de plus de 10 dB, le résultat correspond au niveau produit par la source la plus bruyante. Cette source masque la source qui correspond au niveau le plus faible.

A1.3.- Les bruits

A1.3.1.- Analyse en fonction de la fréquence – le spectre d'un bruit

Dans tout ce qui précède, nous avons considéré des sons purs correspondant à une énergie acoustique à une fréquence déterminée. En fait, en acoustique du bâtiment, on a affaire à des bruits, mélanges complexes de sons de fréquences différentes.

Pour bien traiter un bruit, il faut connaître sa répartition d'énergie acoustique en fonction de la fréquence. En d'autres termes, il faut déterminer les sons qui le composent. Pour cela on procède à **une analyse du bruit**. Sur un graphique, on porte en ordonnées les niveaux de pression acoustique et en abscisse les fréquences. On obtient ainsi, **le spectre sonore du bruit**.

Pour faire cette analyse, il serait trop long et souvent inutile de mesurer le niveau de pression acoustique à chaque fréquence. Pratiquement, on utilise des filtres qui permettent de mesurer le niveau de pression acoustique dans des intervalles de fréquences. On utilise généralement des largeurs de bandes de fréquence d'une octave ou d'un tiers d'octave.

L'octave est l'intervalle entre deux fréquences telles que l'une est le double de l'autre : par exemple l'intervalle entre 90 et 180 Hz.

Ainsi, on mesure en une seule fois toute l'énergie acoustique contenue dans l'intervalle. On affecte le résultat sous la forme d'un niveau sonore (de pression acoustique, d'intensité acoustique ou de puissance acoustique) en décibels à la fréquence médiane de l'intervalle.

Le spectre du bruit correspondant est porté sur un graphique dont l'axe des abscisses est découpé suivant une échelle logarithmique, ce qui revient à donner la même importance à chaque intervalle d'octave ou de tiers d'octave.

Les bandes d'analyse sont normalisées (norme NF S 30 002). Dans le bâtiment, on utilise le plus souvent les fréquences comprises entre la bande d'octave centrée sur 125 et celle centrée sur 2000 ou 4000 Hz. Pour les analyses par bandes de tiers d'octave, les fréquences utilisées sont comprises entre le tiers d'octave centré sur 100 Hz et le tiers d'octave centré sur 3150 ou celui centré sur 5000 Hz.

La figure 4 montre deux spectres d'un même bruit, l'un mesuré **par intervalles d'octave**, l'autre mesuré **par intervalles de tiers d'octave**. L'écart entre les deux courbes montre qu'il est indispensable de connaître l'intervalle utilisé lors des mesures.

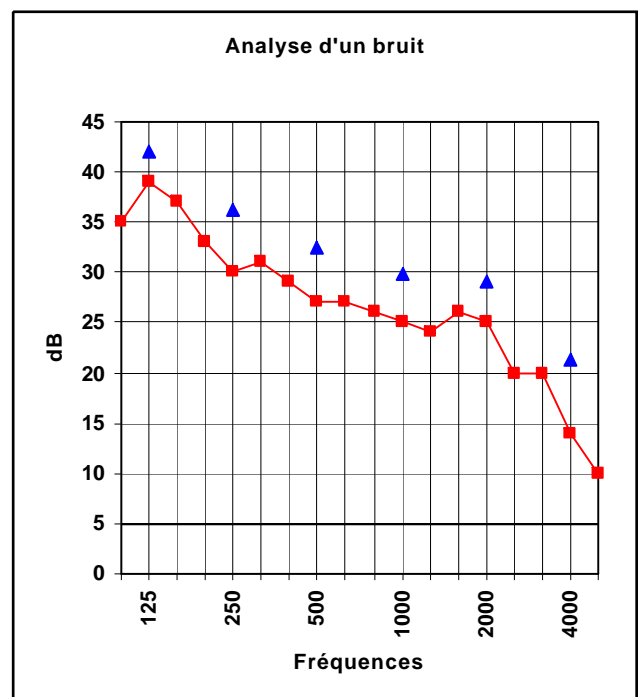


Figure A4 : Analyse d'un même bruit de ventilation, en **octaves** et **en tiers d'octave**

FREQUENCES MEDIANES DES INTERVALLES DE TIERS D'OCTAVE (en Hz)																	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
125			250			500			1000			2000			4000		
FREQUENCES MEDIANES DES INTERVALLES D'OCTAVE (en Hz)																	

Figure A5 : Les intervalles d'octave et de tiers d'octave utilisés pour l'analyse des bruits

A1.3.2.- Les intervalles de fréquences utilisés

En règle générale, on utilise **les intervalles de tiers d'octave pour des mesures en laboratoire** et on utilise **les intervalles d'octave pour les mesures in situ**.

La figure A5 donne la correspondance entre les intervalles d'octave et de tiers d'octave. Actuellement, la plupart des mesures en laboratoire se font depuis le tiers d'octave centré sur 100 Hz et le tiers d'octave centré sur 3150 Hz et les mesures in situ depuis l'octave centrée sur 125 Hz et l'octave centrée sur 2000 Hz.

A1.4.- Le décibel pondéré A dB(A)

Dans tout ce qui précède, les bruits sont caractérisés par des grandeurs physiques, pression, intensité, puissance, fréquence, spectre Or, **l'individu ne perçoit pas des sons de fréquences différentes de la même façon**. Il entend moins bien les sons de fréquences graves que ceux de fréquences moyennes ou aiguës.

Quand on traite un problème d'acoustique dans le bâtiment, il faut satisfaire un individu. Il est donc nécessaire de pouvoir caractériser un bruit suivant un critère qui correspond à ce que ressent effectivement cet individu. Comme il exerce naturellement une espèce de pondération des niveaux sonores en fonction de la fréquence, il faut que le sonomètre, appareil de mesure des bruits, permette de reproduire cette pondération. C'est pourquoi, les sonomètres contiennent **un filtre de pondération, appelé filtre A**, qui transforme l'appareil en une espèce d'oreille artificielle. Si on n'active pas le filtre A, la mesure donne un niveau sonore physique, en décibels. Si le filtre A est introduit, la mesure donne un niveau physiologique, tenant compte de la sensibilité de l'oreille. Le résultat est exprimé en déci-

bel pondéré A, noté **dB(A)**. La mesure d'un bruit en dB(A) est une mesure globale, toutes fréquences confondues. Un bruit mesuré en dB(A) est caractérisé par une seule valeur.

Le décibel pondéré A a longtemps été utilisé dans la réglementation française pour exprimer les objectifs d'isollements acoustiques entre locaux. Notamment, il était exigé que si, dans un logement était produit un bruit dit « rose », défini par son spectre (80 décibels dans chaque intervalles d'octave centrés sur 125, 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz), le niveau de pression acoustique dans les pièces principales du logement voisin ne devait pas dépasser une limite exprimée en dB(A) (35 dB(A)). Ainsi, le niveau à l'émission était caractérisé par des grandeurs physiques, et le niveau à la réception, plus lié à une notion de gêne, était défini par ses caractéristiques physiologiques (figure A7).

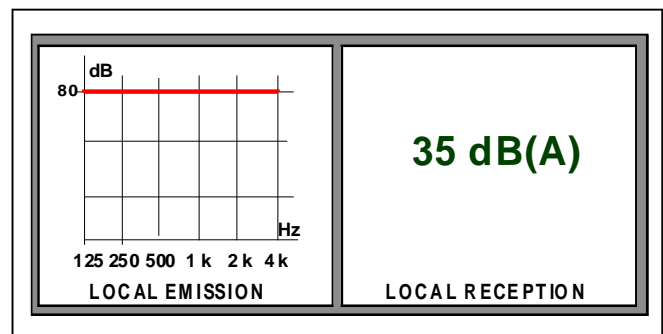
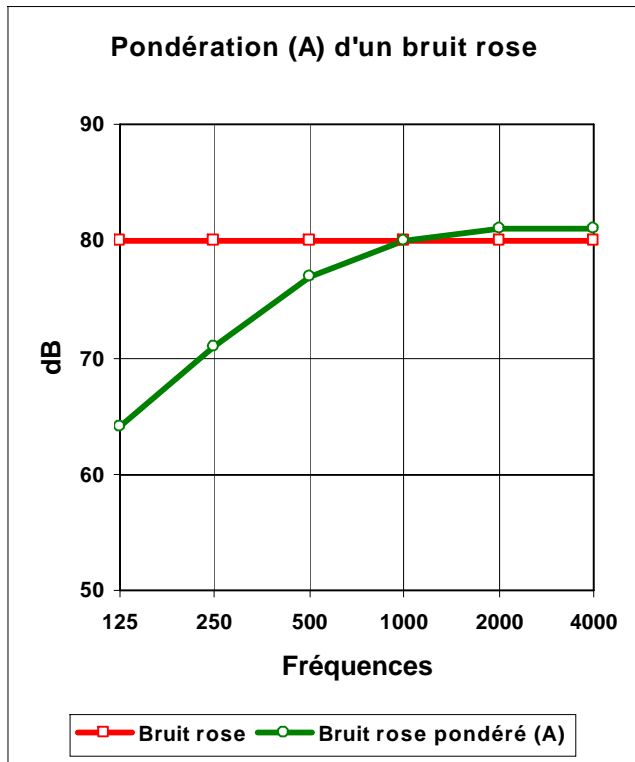


Figure A7: principe de l'exigence réglementaire utilisée jusqu'en 1994.

Or, pour définir les prestations à mettre en œuvre afin de satisfaire cette exigence, on a besoin de faire la différence arithmétique entre le niveau sonore à l'émission et le niveau sonore à la réception. Comment retrancher un niveau global en dB(A) d'un spectre de bruit ? La seule solution est de calculer en dB(A) global le spectre du bruit émis. Pour cela, on applique dans chaque intervalle d'octave la pondération effectuée par le filtre A du sonomètre (voir la figure A8 et le tableau A2).

1	Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)
2	Niveau L en dB	80	80	80	80	80	80	
3	Pondération (A) en dB	- 16	- 9	- 3	0	+ 1	+ 1	
4	Niveau L pondéré (A)	64	71	77	80	81	81	86

Tableau A2 : Calcul du niveau en dB(A) d'un bruit rose de 80 dB par octave entre 125 et 4000 Hz



La ligne 4 du tableau donne les niveaux pondérés par intervalles d'octave qu'il faut « additionner » en utilisant par exemple le graphique de la figure A3 ou le tableau A1 correspondant pour obtenir le niveau global en dB(A).

Pour le bruit rose ci-dessus, le niveau global est de 86 dB(A).

Figure A8 : **Un bruit rose de 80 dB par octave** est entendu comme s'il avait le spectre de **la courbe pondérée (A)**.