

# ACOUSTIQUE

## Le SON :

Un son est produit par la mise en vibration :

- d'un objet : frottement, choc (par exemple instruments de musique à cordes ou à percussion).
- ou de l'air : (par exemple instruments de musique à vent).

Cette mise en vibration engendre des fluctuations de pression se propageant vers le récepteur.

Un son est caractérisé par son intensité (niveau sonore), sa hauteur (fréquence ou composition spectrale) et sa durée.

## Distinction entre SON et BRUIT

### SON

Signal acoustique contenant une **information signifiante** pour le récepteur ou / et provoquant une **sensation agréable**.

Ce signal est **souhaité, recherché, voulu, et**, même s'il lui arrive d'être dangereux pour la Santé, il n'est pas **perçu** comme gênant

### BRUIT

Signal acoustique ne contenant pas d'information signifiante pour le récepteur ou / et provoquant une sensation désagréable ou une indifférence compte tenu de ce manque d'information.

Ce signal n'est, en général, **pas** souhaité. Il est **imposé** et on le subit. Il est potentiellement gênant

## La fonction auditive

L'oreille (prise ici au sens large de FONCTION AUDITIVE) a un fonctionnement complexe faisant intervenir à la fois de la physique, de la physiologie et de la psychophysiologie.

### La fonction auditive (« l'oreille ») n'est pas un système linéaire

-1- Reconnaît difficilement la fréquence exacte d'un son émis (l'oreille dite "absolue" n'est que relative à un diapason donné).

-2- Reconnaît l'égalité de 2 intervalles si le rapport des fréquences extrêmes de chaque intervalle est identique (octave, tierce, quinte,....).

-3- Ne perçoit pas de la même façon toutes les fréquences et sa bande passante est limitée de 20 Hz à 20 kHz. Sa sensibilité est maximale entre 1000 Hz et 4 kHz.

Par opposition les appareils de mesure de bruit (sonomètres, analyseurs, enregistreurs,...) sont **linéaires**.

Pour que l'appareil de mesure "entende" comme l'oreille les signaux sont traités au travers de **filtres de PONDERATION** (A : le plus courant, B, C, D, L).

-4- L'échelle de perception des sons ne varie pas comme leur intensité physique.

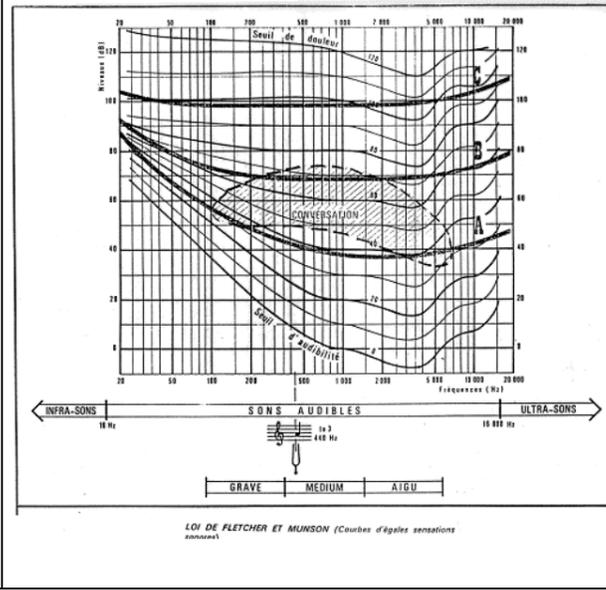
L'expérience a montré que lorsque l'intensité s'exprime par  $10^1, 10^2, 10^3, 10^4, \dots$  la sensation perçue varie comme 1, 2, 3, 4...

On traduit cette propriété en disant que: "la sensation varie comme le LOGARITHME de l'excitation".

L'oreille est sensible à des pressions variant de 2.10<sup>-5</sup> Pa (seuil d'audibilité conventionnel) à 20 Pa (seuil de la douleur) (1 Pa = 10<sup>-5</sup> bars).

### Les pièges du DECIBEL :

- = 60 dB(A)
- = 63dB(A)
- = 70 dB(A)
- = 70 dB(A)
- = 80 dB(A)



### Tableau des échelles de bruit :

Intensité (W/m <sup>2</sup> )	Pression (N/m <sup>2</sup> ou Pa)	Niveau sonore (dB(A))	Exemple de Source de bruit	Impression ressentie	Effets sur l'oreille	Effets sur la conversation
100 000 000	200 000	200	Décollage Fusée			
10 000 000		190				
1 000 000	20 000	180				
100 000		170				
10 000	2 000	160				
1 000		150				
100	200	140	Turbo réacteur au banc d'essai	Très douloureuse	Lésions irréversibles du système auditif	
10		130	Burin pneumatique			
1	20	120	Banc d'essai moteur	Douloureuse		
,1		110	Atelier de chaudronnerie	Insupportable	perte d'audition après une exposition brève	conversation impossible
,01	2	100	Atelier de presse Marteau piqueur à 5m	Difficilement supportable		
,001		90	Atelier forgeage et usinage Poids lourds à 3 m	Très bruyant	perte d'audition après une exposition longue	conversation à quelques cm de l'oreille
,0001	,2	80	Rue très bruyante cantine scolaire Radio Télévision	Bruyant		
,00001		70	Rue passante			conversation animée
'000001	,02	60	rue bruyante Intérieur grand magasin	Moyen, courant		
'0000001		50	Rue très tranquille Bureau		la parole commence à être masquée	limite d'utilisation du téléphone
,000 000 01	,002	40	Intérieur de maison en ville radio à faible niveau	Faible		
,000 000 001		30	zone résidentielle calme Intérieur de maison à la campagne	Calme		conversation calme et confortable
,000 000 000 1	,0002	20	pièce très protégée Studio Radio	Très calme		conversation murmurée à 1 m
,000 000 000 01		10	Studio d'enregistrement Salle de mesures	Silence	Seuil d'audibilité l'observateur entend le bruit de son organisme	
,000 000 000 001	,000 02	0	ne peut être obtenu qu'en laboratoire lourdement traité	silence absolu		

### Quantification des sons :

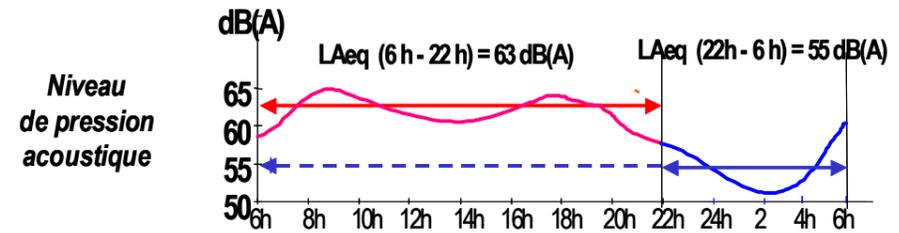
L'énergie d'un son est proportionnelle aux fluctuations du niveau sonore et à sa durée. Les fluctuations du niveau sonore sont quantifiables à partir de leur répartition dans le temps. Sur une durée d'exposition donnée, le niveau sonore dépassé pendant 1% du temps ( $L_1$ ) représente les forts niveaux sonores. Celui dépassé pendant 95% du temps ( $L_{95}$ ) correspond au « bruit de fond ». Le niveau moyen est caractérisé par le niveau dépassé pendant 50% du temps ( $L_{50}$ ).

L'exposition au bruit est, quant à elle, caractérisée par le niveau de pression acoustique continu équivalent  $L_{eq}$  qui intègre la durée d'exposition. Il s'exprime en précisant la durée d'exposition et le filtre de pondération utilisé. Par exemple:  $L_{Aeq}(6h-22h)$  = niveau de pression acoustique équivalent, pondéré en dB(A), sur une durée d'exposition de 6h à 22h.

Le  $L_{eq}$  diffère du niveau sonore moyen  $L_{50}$ . Il s'en écarte d'autant plus que la dispersion des niveaux sonores est importante. Sur l'exemple ci-contre, la distribution des niveaux sonores est quasi normale par rapport à la moyenne, mais un écart existe entre  $L_{50}$  et  $L_{eq}$ .

A titre indicatif,  $L_{eq} = L_{50} + 0,115 \times \sigma^2$  où  $\sigma^2$  est l'écart type de la distribution des niveaux sonores.

Exemple :  $L_{Aeq}(6h-22h)$  et  $L_{Aeq}(22h-6h)$  mesurés en façade d'un bâtiment exposé au bruit routier :



## Législation

### La loi bruit

Loi n°92-1444 du 31 décembre 1992, dite loi "bruit". Les dispositions de cette loi :

- instaurent des mesures préventives pour limiter les émissions sonores ;
- réglementent certaines activités bruyantes ;
- fixent de nouvelles normes applicables aux infrastructures de transports terrestres ;
- instaurent des mesures de protection des habitants touchés par le bruit des transports aériens, financées par une taxe sur les aéroports ;
- simplifient la constatation des infractions et créent de nouvelles catégories d'agents de l'Etat et des communes habilités à les constater ;
- renforcent les mesures judiciaires et administratives pour l'application de la réglementation.

### Les textes d'application

Avec 50 textes directement issus de la loi bruit, le dispositif juridique est aujourd'hui presque entièrement réalisé. Quelques textes sont encore en cours d'étude ou de parution : bruit des hélicoptères et de l'aviation légère, stands de tir et ball trap, sports motorisés, musique amplifiée de plein air, etc. Certains autres nécessitent un réexamen, comme celui qui concerne les établissements diffusant de la musique amplifiée.

### Bruit des transports terrestres

#### Bruit du trafic routier et autoroutier : principes fondateurs

La réglementation relative au bruit du trafic routier découle des articles 12, 13 et 15 de la loi « Bruit »

Les textes se répartissent entre :

- ceux relatifs à la limitation du **bruit des routes nouvelles ou faisant l'objet d'une modification** (issus de l'article 12) ;
- ceux concernant la réduction des **nuisances sonores auxquelles sont exposés les bâtiments nouveaux construits en bordures d'infrastructures existantes** (issus de l'article 13).

Les articles 12 et 13 de la loi n°92-1444 sont désormais codifiés aux articles L.571-9 et L.571-10 du Code de l'environnement. Les différents décrets d'application qui constituent cette réglementation s'articulent entre eux sur la base du principe d'antériorité. En cas de construction ou de modification d'une voie, ce principe, fondé sur la notion "d'existence administrative" de l'infrastructure, permet de définir les bâtiments ayant droit à des protections. Suivant la même logique, il incombe aux constructeurs des bâtiments de prendre toutes les dispositions utiles pour se protéger contre le bruit si leur autorisation de construire est postérieure à l'existence administrative de l'infrastructure.

L'article 12 de la loi bruit, complété par le décret 95-22 du 9 janvier 1995 et l'arrêté du 5 mai 1996 a posé les principes de la protection contre le bruit des bâtiments riverains des projets d'infrastructures ou des infrastructures existantes devant être aménagées ou modifiées : le décret du 9 janvier 1995 vise la limitation du bruit des infrastructures de transports terrestres nouvelles à des niveaux, appelés indicateurs de gêne, définis par l'arrêté du 5 mai 1995.

Toute route nouvelle ou route existante modifiée de manière significative (augmentation de l'émission après travaux supérieure à 2 dB(A)) ne peut dépasser, de nuit comme de jour, des seuils déterminés d'impact sonore en façade des bâtiments riverains. Le maître d'ouvrage de l'infrastructure est donc soumis à une obligation de résultat : il se doit d'assurer une protection antibruit respectant la réglementation. Le respect des niveaux sonores maximaux admissibles est obligatoire sur toute la durée de vie de l'infrastructure.

**Remarque** : le décret 95-22 s'applique à la fois aux voies routières et ferroviaires ; l'arrêté du 5 mai 1995 ne s'applique, lui, qu'aux infrastructures routières. Un arrêté relatif aux voies ferroviaires a été signé le 8 novembre 1999.

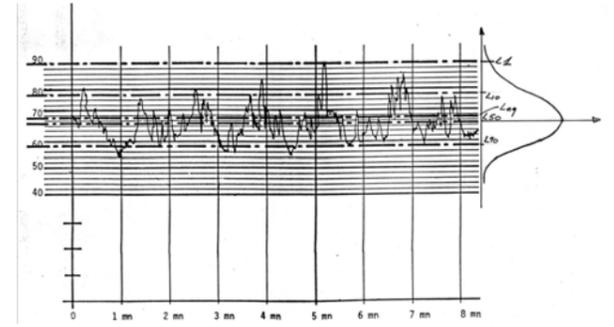
**Amendement Dupont** : Nom donné à l'article L 111 1-4 du code de l'urbanisme, stipulant l'inconstructibilité d'une bande de 100m à 75 m de largeur le long des infrastructures majeures en fonction de leur statut routier.

En-dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions sont interdites dans une bande de :

- 100 m de part et d'autre des autoroutes, routes express, déviations d'agglomérations
  - 75 m de part et d'autre des routes à grande circulation
- SAUF si le POS prévoit des règles d'urbanisme prenant en compte les nuisances.

L'article 15 s'est traduit dans les observatoires du bruit des transports terrestres, dont les règles ont été définies par diverses circulaires. Cette action s'est amplifiée avec la mise en application de la Directive 2002/49/CE, transposée à la suite de l'adoption de divers textes, en 2002, Ordonnance du 12 Novembre 2004, loi du 26 octobre 2005 ratifiant la modification des articles L.572-1 à L.572-11 du Code de l'environnement. La transposition de la Directive a été finalisée avec la loi du 24 Mars 2006 et les décrets et arrêtés du 4 Avril 2006.

Très schématiquement, en application de ces textes, les autorités compétentes doivent établir des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement ( **PPBE** ). Ces plans visent à réduire, si nécessaire, les niveaux de bruit, ainsi qu'à protéger les zones calmes. Les cartes de bruit représentent la répartition des niveaux sonores engendrés par le trafic routier, ferroviaire, aérien, les activités industrielles et, le cas échéant, d'autres sources de bruit, à 4m du sol. Les niveaux sonores sont exprimés, au moins avec les indicateurs de la Directive européenne  $L_{den}$  et  $L_{nuit}$ . Les premières cartes de bruit, concernant les agglomérations de plus de 250 000 hab ( les infrastructures routières de plus de 6 Mveh/an et les infrastructures ferroviaires



de plus de 60 000 passages /an ) devraient être publiées le 30 Juin 2007. les PPBE correspondants le 18 Juillet 2008. Les autres cartes seront publiées le 30 Juin 2012, les PPBE le 18 Juillet 2013.

**Moyens de lutte contre le bruit des transports terrestres :**

- Action sur l'Urbanisme
  - Zonage
  - Plan Masse
  - Epannelage
  - Réglementation

**Action sur les Voies et ses abords.**

**Choix du tracé**

Effet de la distance : Une voie routière peut être assimilée à une source de bruit linéique. En doublant la distance récepteur - bord de plateforme routière le niveau sonore diminue de 3 dB(A) sur un terrain plat réfléchissant.

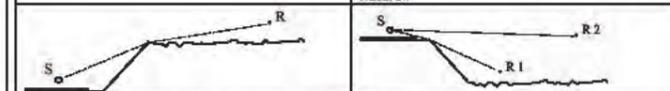
**Profil en Long**

Les pentes modifient l'émission sonore des véhicules.

**Profil en Travers**

**Déblai** : Il y a une diffraction par l'arête du déblai. Suivant la position du récepteur, le bruit peut être plus faible qu'en vue directe.

**Remblai** : Pour R 1 : diffraction par l'arête du déblai le bruit est plus faible qu'en vue directe. Pour R 2 : le trajet SR2 ne bénéficie pas de l'effet de sol et il se produit un réflexion sur le sol qui renforce le trajet direct : le bruit est plus fort que pour la route au niveau du terrain naturel.



**Choix du Revêtement de Chaussée :**

L'efficacité des couches de roulement peu bruyantes au roulement, dites « phoniques », est fonction de la composition du trafic et de la nature de son écoulement. Avec un trafic de véhicules légers s'écoulant à vitesse stabilisée, l'efficacité est optimum. La présence de poids lourds, motos, utilitaires et les fluctuations de vitesse ( giratoires, feux de régulation, aménagements de voirie... ) diminue le bénéfice acoustique de ces couches de roulement.

L'efficacité acoustique n'est pas pérenne, son maintien nécessite la réfection périodique des couches de roulement. La différence de bruit de roulement entre différents revêtements de chaussée peut dépasser 8 dB(A) dans les conditions de mesures de la norme. Sous circulation, cette valeur n'est pas atteinte en raison des paramètres de trafic.

**Ecrans Acoustiques**

L'efficacité d'un écran est directement fonction de la différence de marche (SA + AR) - SR. Le récepteur R doit se trouver dans la zone d'ombre acoustique qui est délimitée par la ligne fictive qui relie la source S au sommet A de l'écran, comme schématisé sur le dessin ci-contre. Cette efficacité est donc fonction de la hauteur de l'écran, de sa longueur, de sa position par rapport au bord de la voie, de l'emplacement des bâtiments récepteurs par rapport à l'écran, de la hauteur des points récepteurs par rapport à la ligne d'ombre.

Compte tenu de l'ensemble de ces paramètres variables, l'efficacité acoustique d'un écran ne peut s'exprimer par une valeur unique. L'efficacité est de l'ordre de 8 à 12 dB(A) à proximité. D'une manière générale, un écran se dimensionne pour le couple source - récepteur le plus défavorable.

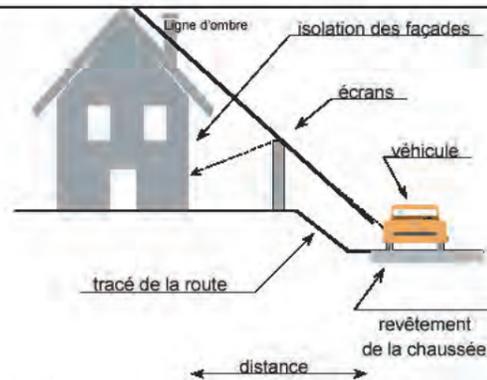
Le choix de la solution merlon de terre par rapport à un écran « mince » est fonction de l'emprise au sol disponible. Celui d'un écran réfléchissant ou d'un écran absorbant dépend de la présence ou non de bâtiments de part et d'autre de la voie.

**Action sur les bâtiments**

En premier, en présence d'une infrastructure existante, lors de la conception d'un bâtiment, limiter l'exposition des pièces principales d'habitation au bruit de cette infrastructure. Placer plutôt les pièces de service ou les circulations et dégagement du côté des sources de bruit extérieures. Pour les bâtiments existants, le renforcement acoustique des façades permet de protéger efficacement les occupants des locaux. Des précautions sont à prendre, entre autres, pour assurer une ventilation efficace et un confort thermique d'été.

Les isolations à obtenir sont fonction du niveau sonore extérieur, en conformité avec les critères réglementaires. Par rapport à un isolement courant de 25 dB(A), un gain minimum de 5 dB(A) est relativement aisé à obtenir. Actuellement, pour les constructions récentes, l'isolement minimum réglementaire d'une façade est de 30 dB(A).

Cette solution ne protège pas les espaces extérieurs et n'est efficace que fenêtres fermées.



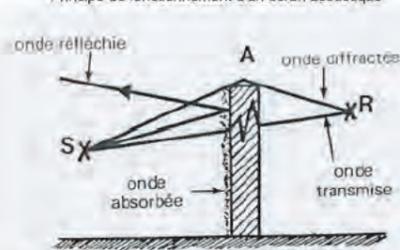
**Véhicule Isolé**

A l'exception du bruit de roulement, le niveau sonore émis par un véhicule doit être conforme à des spécifications réglementaires, allant dans le sens d'une diminution des niveaux d'émission sonore.

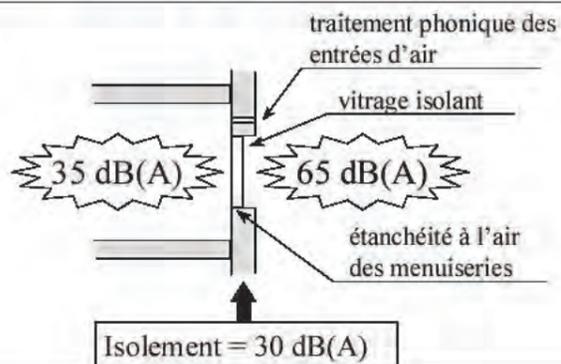
**Action à la Source :**

Pour un nombre de véhicules donné, le bruit engendré varie en fonction de la fluidité et de la vitesse. Les plans de circulation, les aménagements urbains et l'exploitation des voies permettant un écoulement de trafic fluide contribuent à réduire l'émission sonore.

**Principe de fonctionnement d'un écran acoustique**



En présence d'un obstacle, l'énergie acoustique se répartit en 4 trajets élémentaires : réflexion, absorption, transmission et diffraction.



Section d'autoroute en déblai



Ecrans transparents



Section d'autoroute semi-couverte



Merlon paysager



Remblais avec protections phoniques



Ecrans acoustiques en bois

Exemples de protections acoustiques d'une infrastructure routière