



## CONFORT ACOUSTIQUE DES LIEUX DE TRAVAIL



# L . A C O U S T I Q U E

## A- Principes de bases

- 1) Contexte
- 2) Démarche

## B- Rappel des notions de base

- 1) Définition du son
- 2) Mesure du son
- 3) Définition du bruit
- 4) La propagation du son
- 5) Type de bruits en présence dans le bâtiment
  - Les bruits aériens
  - Les bruits d'impacts
  - Les bruits générés par les équipements
- 6) Comportement des bruits dans le bâtiment
- 7) Correction acoustique et isolation acoustique
- 8) Comportement des matériaux
- 9) Temps de réverbération

## C- Principes de correction acoustique

- 1) Ajuster les surfaces réfléchissantes
- 2) La géométrie des locaux

## D- Principes d'isolation acoustique

- 1) Agir au niveau de l'implantation
- 2) Limiter les surfaces de séparation
- 3) Créer de la masse
- 4) Déphaser les ondes
- 5) Etanchéifier
- 6) Désolidariser

## E- Indicateurs

- Le niveau sonore
- L'exposition quotidienne

## F- Les éléments du choix durable

- 1) Aspects techniques
- 2) Aspects environnementaux
- 3) Aspects économiques

- 4) Aspects sociaux et culturels
- 5) Arbitrage / aide à la décision ou au choix

G) Avant projet

- 1) Etude acoustique
- 2) Disposition spatiale
- 3) ouvertures

H) Chantier

I) Réception

J) Mise en œuvre, dispositif par dispositif

- 1) Correction acoustique
  - 1) 1- matériaux absorbant
  - 1) 2- panneaux fléchissant
  - 1) 3- résonateur
- 2) Isolation acoustique des murs et des cloisons
  - 2) 1- les parois simples
  - 2) 2- les parois doubles
  - 2) 3- les parois complexes
  - 2) 4- l'isolation d'une paroi existante
  - 2) 5- les complexes de doublage à coller
  - 2) 6- les doublages sur ossature métallique
  - 2) 7- les contre-cloisons maçonnées désolidarisées
- 3) Isolation acoustique des planchers et plafonds
  - 3) 1- l'isolation des planchers contre les bruits de chocs
    - les revêtements de sol
    - les chapes flottantes
    - les dalles flottantes
  - 3) 2- l'isolation des planchers
- 4) Isolation acoustique des toitures
  - 4) 1- toiture à versants
  - 4) 2- toiture plate
- 5) Isolation acoustique des baies (fenêtre et porte)
  - 5) 1- pour un isolement de façade courant
  - 5) 2- pour un isolement de façade performant
  - 5) 3- pour un isolement de façade très performant
  - 5) 4- les coffres de volets roulants, un point faible
  - 5) 5- la ventilation
- 6) Dispositifs acoustiques des équipements de plomberie
  - 6) 1- canalisations

L  
·  
A  
C  
O  
U  
S  
T  
I  
Q  
U  
E

# L . A C O U S T I Q U E

6) 2- appareils sanitaires

7) Dispositifs acoustiques des équipements de chauffage

7) 1- au niveau de la chaufferie

7) 2- au niveau de l'installation de distribution

7) 3- au niveau des appareils

8) Dispositifs acoustiques des équipements de ventilation

8) 1- au niveau du local technique

8) 2- au niveau des appareils

8) 3- au niveau des gaines et conduits

Annexe : Les préconisations acoustiques du programme technique



L · A C O U S T I Q U E

# A - PRINCIPES DE BASE

## 1) CONTEXTE

Le confort acoustique est un élément souvent négligé des espaces intérieurs. Or l'équilibre psychologique et la productivité au travail des occupants y sont intimement liés :

Un bon confort acoustique a une influence positive sur la qualité de vie au quotidien et sur les relations entre usagers d'un bâtiment.

A contrario, un mauvais confort acoustique génère des effets négatifs sur l'état de santé (nervosité, stress, sommeil contrarié, fatigue).

## 2) DEMARCHE

Le choix d'un ensemble de dispositifs constructifs de correction ou d'isolation acoustique dépend de la nature du bruit et du confort acoustique requis dans un lieu déterminé. Leur mise en œuvre s'avère délicate et mérite d'être soigneusement préparée et réalisée pour éviter les points faibles car il sera toujours plus aisé de prévenir. Il faudra toujours avoir à l'esprit que le bruit passe ou l'air passe et que les vibrations transmises ponctuellement peuvent se propager à tous les étages d'une structure.

Au-delà du confort, l'attention pour l'acoustique constitue une opportunité pour **créer un paysage sonore** par les dispositions spatiales (distribution, éloignement et proximité, ...), la géométrie des lieux, la nature des matériaux et les textures.

# B- RAPPEL DES NOTIONS DE BASE

## 1) Définition du son

Le son pur est une vibration dans un milieu élastique (air, eau, matière solide) caractérisé par la fréquence (nombre de vibrations par seconde), l'amplitude (niveau sonore ou volume du son) et la durée.

A partir de la fréquence, on peut classer les sons en 3 catégories :

- Les sons graves (fréquence inférieure à 100 Hz = basse fréquence)
- Les sons moyens (fréquence allant de 100 Hz à 2 kHz = moyenne fréquence)
- Les sons aigus (fréquence supérieure à 2 kHz = haute fréquence)

En acoustique du bâtiment, on considère traditionnellement un intervalle de fréquences comprises entre 100 Hz et 5 kHz. La sensibilité de l'oreille humaine moyenne va de 20 Hz à 20 kHz.

## 2) Mesure du son

Le son se mesure en décibels (dB), unité de mesure logarithmique, ce qui implique que :

- L'addition de deux sources sonores identiques entraîne une augmentation de 3 dB (50 dB + 50 dB = 53 dB)

- Une multiplication par 10 de la puissance acoustique entraîne une augmentation de 10 dB. ( $50 \text{ dB} \times 10 = 60 \text{ dB}$ )

- Si deux bruits ont des niveaux sonores différentiels d'au moins 10 dB, le plus élevé masque le plus faible, *effet de masque*. ( $50 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 60 \text{ dB}$ )

La mesure du niveau sonore se fait à l'aide d'un sonomètre qui transforme l'énergie du son en tension électrique.

Définition de dB (A), dB (B) :

Le système auditif a de particulier que pour un même niveau sonore (dB), la fréquence du son (Hz) peut donner des sensations auditives différentes.

Pour tenir compte de cette particularité, on a mis en place des filtres qui pondèrent les niveaux sonores en fonction des fréquences, ce qui donne des courbes d'iso sonie indiquant ainsi des grandeurs physiologiques pour le niveau sonore et non plus exclusivement physique.

Le filtre le plus utilisé est le filtre A, qui correspond à un niveau perçu de 40 dB pour un son pur d'une fréquence de 1 kHz. Le niveau sonore exprimé en dB(A) est représentatif de la perception réelle par l'oreille humaine. (Le filtre B correspond à un niveau perçu de 70 dB pour un son pur d'une fréquence de 1 kHz.)

### 3) Définition du bruit

Le bruit est une vibration de l'air qui se caractérise par sa fréquence, son intensité et sa durée d'émission. C'est un mélange complexe de sons purs à de multiples fréquences et amplitudes différentes. On associe le bruit à toute sensation désagréable, gênante ou non voulu (par exemple : bruit d'avion, de machine, parole, etc.).

### 4) La propagation du bruit

C'est le chemin parcouru par les ondes émises par la source sonore pour atteindre notre oreille. La vitesse de propagation dépend du lieu dans lequel est émis le son, elle est dans l'air de 340 m/s.

Dans un espace acoustiquement ouvert, un bruit ne rencontre pas d'obstacle et son intensité diminue avec l'éloignement de la source sonore. La propagation se fait en champ libre.

Dans un environnement construit, un bruit rencontre de nombreux obstacles qui tantôt l'absorbent et tantôt le réfléchissent. Le niveau sonore est pratiquement le même en tous points. La propagation se fait en champ diffus.

### 5) Types de bruits en présence dans le bâtiment

- Les **bruits aériens** intérieurs et extérieurs (sons qui naissent et se propagent dans l'air) : voix, musique, voitures, avions, etc.

- Les **bruits d'impact** (sons qui naissent au contact d'un élément constitutif du bâtiment et se propagent au travers de celui-ci) : pas, outils, etc.

- Les **bruits générés par les équipements** : ventilation, chaudière, etc.

NB : Les voies de transmission structurales ou aériennes doivent être considérées comme un tout. Par exemple, si je saute sur un plancher, les collaborateurs du dessous ressentiront un bruit

d'impact, tandis que les gens qui m'accompagnent entendront un bruit aérien. Souvent, une stratégie acoustique devra tenir compte de l'interaction simultanée de bruits aériens et d'impacts. C'est par exemple le cas du passage d'un train (son + vibration).

## 6) Comportement des bruits dans le bâtiment

Lorsqu'un son aérien atteint une paroi (verticale ou horizontale), trois phénomènes peuvent se produire :

- La **réflexion** sur la paroi
- L'**absorption** par la paroi
- La **transmission** au travers de la paroi

On observe les transmissions du bruit suivantes :

- **Transmissions directes** au travers des parois (façade, plancher, mur intérieur etc.)
- **Transmissions indirectes** par les parois latérales qui dépendent des liaisons entre parois latérales et la paroi de séparation.
- **Transmissions parasites** dues au défaut de la paroi (fissure, manque d'étanchéité, etc.)

## 7) Correction acoustique et isolation acoustique

Le confort acoustique désiré peut nécessiter de réaliser, selon la situation, une correction acoustique au sein d'un local et/ou une isolation acoustique entre deux ou plusieurs locaux d'un bâtiment :

- On parle de **correction acoustique** lorsqu'on modifie la capacité d'absorption et de réflexion d'une ou de plusieurs parois en agissant sur leur texture, leur relief, leur géométrie et les matériaux de revêtement.
- On parle d'**isolation acoustique** lorsqu'on met en oeuvre des solutions pour limiter la transmission du bruit au travers des parois, en agissant sur la structure même de celle-ci.

## 8) Comportement des matériaux

- Indice d'affaiblissement acoustique R :

La capacité d'un matériau à empêcher la transmission des sons aériens est évaluée par son indice d'affaiblissement acoustique appelé R (dB). Celui-ci est déterminé en laboratoire et correspond à la différence entre les niveaux de pression acoustique régnant dans les locaux d'émission et de réception.

- Loi de masse :

L'indice d'affaiblissement varie en fonction de la fréquence du son et de la masse du matériau : de + ou - 40 dB pour une paroi de 100 kg/m<sup>2</sup>, il augmente de 4 dB si la masse double (c'est la « loi de masse ») ou si la fréquence double.

- Fréquence critique et fréquence de résonance :

Ces deux fréquences correspondent à deux modes de vibration d'une paroi homogène. La fréquence de résonance située dans les basses fréquences et la fréquence critique située dans les hautes fréquences.

Lorsque cette fréquence critique est rencontrée, il se produit une chute de l'isolation phonique de la paroi. Plus un matériau est rigide, plus cette diminution de l'isolement est importante. Si la



fréquence critique se situe dans la zone sensible de l'oreille (fréquence de la parole par exemple), cette chute peut se révéler très gênante.

### **9) Temps de réverbération**

C'est le temps mis par les ondes pour s'atténuer après réflexion sur les parois d'un local. Ce temps est défini par rapport à une chute de l'intensité sonore de 60dB. Il varie selon la géométrie et le revêtement des parois de la salle.

Lorsqu'un son est émis, celui-ci est décomposé en sons directs et en sons réfléchis sur les différentes parois. Il faut intervenir sur ces derniers pour assurer le confort acoustique d'une pièce.

## **C- PRINCIPES DE CORRECTION ACOUSTIQUE**

### **1) Ajuster les surfaces réfléchissantes et absorbantes**

L'état de la surface et de la composition des parois (murs, plafond, sol) d'un espace construit détermine en grande partie ses caractéristiques acoustiques.

En fonction de la destination du lieu, on alternera les parois lisses réfléchissant le son (par exemple les murs plafonnés), et les parois absorbantes (par exemple une contre cloison perforée avec isolant).

Pour éviter un effet «ping-pong» entre deux murs parallèles réfléchissants, on applique un matériau absorbant sur l'un d'eux.

Outre le travail sur les parois, certains accessoires ont pour effet de réduire la réverbération : déflecteurs, tissus (moquette, plafond tendu, etc.), mais également le mobilier.

L'atténuation de la réverbération est exigée par la réglementation acoustique.

### **2) La géométrie des locaux**

En fonction de la destination du local, on préconisera des proportions qui influencent l'acoustique. Une géométrie régulière peut avoir des conséquences désagréables sur un espace. Il est par conséquent important de bien choisir les rapports entre Hauteur / Longueur / Largeur.

## **D- PRINCIPES D'ISOLATION ACOUSTIQUE**

### **1) Agir au niveau de l'implantation**

L'agencement des bâtiments en mitoyenneté ou en ordre ouvert reliés ou non par un mur de clôture ainsi que l'aménagement d'espaces tampons entre la source de bruit et le bâtiment influencent la manière dont le bruit atteint les lieux où on recherche le calme.

### **2) Limiter les surfaces de séparation**

Chaque m<sup>2</sup> de mur ou de plancher de séparation entre des espaces contigus représente un diffuseur sonore de plus. Plus cette surface de séparation est développée, plus la transmission du bruit est importante.

### 3) Créer de la masse

Selon la « loi de masse », plus un matériau est lourd (dense et épais), plus il isole. Ce principe met en évidence l'intérêt des matériaux massifs dans l'acoustique architecturale. La présence de masse est particulièrement efficace dans l'atténuation des bruits aériens, puisque les ondes de l'air auront plus de difficulté à faire vibrer un élément lourd.

### 4) Déphaser les ondes

Le spectre du son comporte toute une série de fréquences et de longueurs d'ondes différentes. Chaque matériau, par ses propriétés physiques et sa masse, absorbe une tranche sélective de ces ondes. La création d'un complexe de couches hétérogènes est donc particulièrement efficace dans le captage de la globalité des phases du son. Il s'agit de varier l'épaisseur et la densité volumique des matériaux employés dans l'élément acoustique. C'est le principe Masse/Ressort/Masse.

### 5) Etanchéifier

Cette stratégie est la plus importante d'entre toutes.

Les effets des efforts d'isolation acoustique ne s'additionnent pas : c'est le point le plus faible d'une paroi qui détermine sa performance d'isolation. Un trou, une fente, le passage d'une canalisation, un mauvais jointoiment au pourtour d'un châssis ou une fissure peut ruiner les efforts acoustiques de toute une paroi. Il faut donc rechercher une étanchéité et une homogénéité maximale de la paroi pour limiter le risque de fuites sonores. C'est simple : la où l'air passe, le bruit passe. Une bonne isolation acoustique suppose nécessairement une bonne étanchéité à l'air qui ne doit toutefois pas s'opérer au dépend d'une ventilation saine des espaces.

### 6) Désolidariser

Afin d'éviter la propagation des vibrations, la désolidarisation des différents éléments (cloison - plancher, mur - plancher, canalisation - mur, etc.), au moyen de joints souples, doit être maximale. Ces coupures peuvent par exemple être réalisées à l'aide de joints de dilatation, "plots antivibratoires". On pourra isoler les espaces sensibles selon le principe de la "boite dans la boite".

## E- INDICATEURS

**Le niveau sonore** représente le bruit à un instant donné en un lieu donné, il peut être fluctuant au cours du temps. Le seuil de douleur est de 80 dB (ex. tondeuse à gazon), au-delà de 100 dB cela devient dangereux (ex. marteau piqueur), et à plus de 120 dB, c'est insupportable (ex. sirène d'ambulance).

**L'exposition quotidienne** représente le niveau de bruit qu'une personne peut supporter en permanence durant toute une journée.

## F- LES ELEMENTS DU CHOIX DURABLE

### 1) ASPECTS TECHNIQUES

#### > Sources de bruit

Réduire les bruits à la source permet de diminuer les interventions et par conséquent l'investissement nécessaire à l'isolation acoustique.

#### > Charges structurales et encombrement

L'emploi d'une stratégie acoustique utilisant la masse pose la question des capacités structurales du bâtiment. En rénovation, en cas de doute, le choix d'un système acoustique léger peut s'avérer, selon le type de nuisance, judicieux.

### 2) ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

#### > Matériaux écologiques

Il existe des matériaux écologiques pour la plupart des matériaux d'isolation acoustique.

### 3) ASPECTS ECONOMIQUES

#### > Productivité au travail

Une paroi de bonne acoustique architecturale représente un surcoût qui mérite d'être mis en parallèle avec les gains de productivité au travail qui en résultent.

#### > Anticipation

Assurer le confort acoustique d'un bâtiment nécessite de prendre des précautions le plus en amont possible du projet, au niveau de la programmation et de l'avant projet, car toutes les corrections appliquées ultérieurement reviendront plus chères et leurs mises en oeuvre moins aisées.

### 4) ASPECTS SOCIAUX ET CULTURELS

#### > Impacts du bruit sur la santé

A long terme, le bruit peut générer des impacts négatifs sur la santé des utilisateurs (stress, fatigue, etc.). A contrario, assurer le confort acoustique permet d'améliorer la qualité de vie des occupants du bâtiment.

#### > Relations de travail

Garantir une bonne isolation acoustique entre les bureaux contribue à de bonnes relations entre collaborateurs. Il améliore la qualité et l'ambiance de travail.

#### > Relativité, adaptation et masquage

Si on s'isole fortement des bruits extérieurs, les bruits intérieurs risquent de gêner davantage. Relativité entre individus, masquage temporel, adaptation, perception de l'espace, de la présence de quelqu'un, de l'ambiance extérieure.

## 5) ARBITRAGE / AIDE A LA DECISION OU AU CHOIX

Afin d'apporter des solutions efficaces et cohérentes, il est important d'avoir une approche, une conception globale des choix de méthode d'isolation acoustique.

### ➤ **Compromis**

Assurer un confort acoustique de qualité aura une répercussion au niveau du budget mais assurera une bonne qualité de vie des utilisateurs du bâtiment.

Le confort acoustique élémentaire constitue un compromis entre les exigences, le niveau de confort acoustique désiré par les utilisateurs et la faisabilité technico-économique.

### ➤ **Isolation thermique et acoustique**

Certains produits d'isolation thermique peuvent participer à l'isolation acoustique s'ils sont mis en oeuvre avec une certaine épaisseur. Cette solution permet de réduire les coûts. Cependant, l'isolation thermique ne produit pas de facto au confort acoustique. On doit s'assurer que l'élément en question utilise adéquatement les stratégies énoncées plus haut (créer de la masse, déphaser, étanchéifier, désolidariser).

### **Indice d'affaiblissement acoustique**

La performance de la paroi est donnée par son indice d'affaiblissement acoustique  $Rw+C$  en dB, mesuré en laboratoire\* : **plus cet indice est élevé, plus la paroi est performante, meilleur est l'affaiblissement**

\*(anciennement R exprimé en dB(A)).

Sur chantier, il faut tenir compte de la baisse de performance liée à l'environnement :

- Transmissions latérales qui dépendent de la nature des parois latérales et du mode de liaison avec ces parois.
- Transmissions parasites liées aux défauts de la paroi ou à sa mise en oeuvre.
- Volume et disposition relative des locaux.

L'isolement sur site est  $DnT, A$  (ou  $DnT,w+C$ ) exprimé en dB (anciennement  $DnAT$ , exprimé en dB(A)). L'isolement sur chantier est toujours inférieur à l'indice mesuré en laboratoire :

$$DnT,A = Rw+C - (\text{Transmissions latérales} + \text{transmissions parasites})$$

Il faut en tenir compte dans le choix d'une paroi.

### ➤ **La correction acoustique n'isole pas contre le bruit**

La présence de matériaux absorbants dans un local ne réduit en rien le niveau sonore perçu par les voisins. Bien qu'améliorant l'esthétique du son, la correction acoustique n'est pas une stratégie d'isolation ou d'atténuation aux bruits aériens et aux bruits d'impacts.

La correction acoustique consiste à traiter la diffusion du son à l'intérieur d'un même local en agissant sur les performances d'absorption ou de réflexion des parois.

### ***Coefficient d'absorption a sabine :***

Il mesure conventionnellement le rapport entre la quantité d'énergie acoustique absorbée et l'énergie acoustique reçue par une paroi.

$a_s = \text{Energie absorbée} / \text{Energie incidente.}$

## **G- AVANT PROJET**

C'est la phase de conception pendant laquelle s'opère le choix des dispositifs acoustiques appropriés et sont réservées les surfaces et épaisseurs nécessaires à la mise en oeuvre des systèmes d'isolation ou de correction acoustique.

Au delà de l'approche technique, basée sur des niveaux sonores, c'est également à ce stade que se pense le **paysage sonore du projet** par un choix de matériaux et textures, et l'agencement des espaces.

### **1) Etude acoustique**

Réaliser une étude acoustique du projet afin de cibler les problèmes et les types de bruits à combattre. Cette étude consistera à :

- Repérer et identifier les sources de bruit existantes autour du site (chemin de fer, aéroport, circulation,), sur le site et dans le bâtiment (équipements, activités, circulations internes)
- comprendre la nature de ces bruits (haute fréquence, basse fréquence, aérien, d'impact, intensité) afin d'évaluer les solutions à mettre en oeuvre.

### **2) Disposition spatiale**

Il vaut mieux prévenir que guérir : on privilégiera les solutions spatiales simples basées sur l'éloignement et l'isolement des sources de bruit plutôt que les dispositifs onéreux de correction. La démarche consiste à :

- Eviter de placer les locaux et équipements bruyants (circulations communes, garages, cages d'ascenseurs, chaufferie, ventilation) en contact direct avec les pièces calmes (bureaux, etc.).
- Chercher à juxtaposer les différentes pièces humides de telle sorte que les gaines de ventilation, descentes d'eau et alimentations ne soient pas en contact direct avec les pièces calmes de l'immeuble.
- Se servir de l'architecture comme écran sonore.

### **3) Ouvertures.**

Chercher à concilier confort visuel et confort acoustique en limitant l'exposition des pièces et locaux aux bruits par une implantation et une orientation qui tiennent compte du paysage sonore environnant.

## H- CHANTIER

Faire respecter les exigences acoustiques obligatoires et/ou convenues.

Un défaut de mise en oeuvre pouvant réduire à néant les efforts développés pour s'assurer un confort acoustique de qualité. Il est donc nécessaire de contrôler la bonne mise en oeuvre des détails de construction des différentiels corps de métier (ex : lors de la mise en oeuvre d'une dalle flottante, d'une cloison de doublage, ...).

**En cas d'isolement acoustique insuffisant**, la première chose à faire est de rechercher les fuites sonores (fentes, trous, élément de faible affaiblissement), de les supprimer si possible ou de les réduire au minimum. (Exemples : orifices dans les capots, passages de canalisations (ex : gaines de ventilation), boîtiers électriques, fentes autour des portes et fenêtres, vide entre les chambranles et les murs, etc.)

Pour colmater les fuites (apparentes et non apparentes), on utilisera des matériaux isolants (béton, plâtre) et non absorbants.

## I- RECEPTION

Effectuer une campagne de vérifications grâce à des sonomètres et machines à frappes afin de contrôler le niveau d'isolation acoustique et déterminer si les exigences sont respectées ou non.

## J- MISE EN OEUVRE - DISPOSITIF PAR DISPOSITIF

### 1) CORRECTION ACOUSTIQUE

Pour la mise en oeuvre des solutions de corrections acoustique on évoquera la pertinence des principes suivants :

- Superposer autant que possible des matériaux afin de pouvoir lutter contre un large spectre de fréquence.
- Eviter les surfaces réfléchissantes parallèles en vis-à-vis.
- Morceler les surfaces d'intervention. Il est préférable de placer 10 panneaux de 1m<sup>2</sup> repartis sur une grande surface au sein du local corrigé acoustiquement plutôt qu'un seul panneau de 10m<sup>2</sup>.

#### 1) 1- Matériau absorbant

Ce type de matériau est nettement plus efficace aux hautes fréquences qu'aux basses fréquences. Les matériaux fibreux et les matériaux à porosité ouverte (moquette, rideaux, laine minérale, béton cellulaire, ...) possèdent de très bonnes caractéristiques au niveau de l'absorption. On peut augmenter leurs performances aux basses fréquences en augmentant leur épaisseur mais cela n'augmentera pas l'absorption pour les hautes fréquences.

#### 1) 2- Panneaux réfléchissant

De tels panneaux seront utilisés pour l'absorption de sons de basses fréquences. Il s'agit d'une plaque de contre-plaqué, clouée sur un cadre de bois à une certaine distance d'un mur. Le principe

d'un tel système est d'absorber l'énergie acoustique du son incident en mettant le panneau en vibration et de « piéger » le son dans le vide derrière le panneau.

### 1) 3- Résonateurs

Le système sera d'autant plus efficace que la fréquence propre du résonateur est proche de la fréquence du son incident. Il s'agit d'une plaque perforée placée à une certaine distance d'une paroi. Le principe est d'absorber une partie de l'énergie du son incident en mettant en mouvement la masse d'air comprise dans chaque trou. On peut donc absorber un son d'une fréquence spécifique en choisissant adéquatement le diamètre des trous et l'épaisseur de la cavité. On peut également élargir le spectre d'absorption en variant le diamètre des trous.

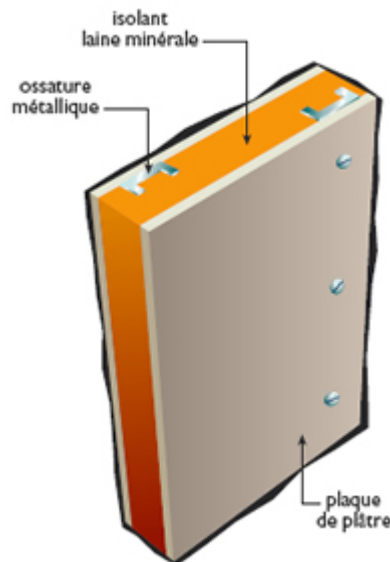
## 2) ISOLATION ACOUSTIQUE DES MURS ET CLOISONS

Il existe trois types de parois :

### . Les parois simples

Elles ont une **structure homogène** et sont composées d'**un seul matériau** : béton, briques, parpaings, béton cellulaire, carreaux de plâtre.

Elles sont d'autant plus performantes sur le plan de l'isolement acoustique qu'elles sont **lourdes et étanches à l'air** : elles s'opposent aux transmissions du bruit par leur masse.



### . Les parois doubles

Elles sont constituées de **deux éléments indépendants** (plaques de plâtre, briques désolidarisées) séparées par une lame d'air dans laquelle est placé un matériau absorbant (généralement en laine minérale de verre ou de roche).

### . Les parois complexes (voir schémas ci-dessous)

Elles sont constituées de l'**association** d'une **paroi simple** et d'un **doublage acoustique**. Ce doublage comprend un matériau souple : laine minérale ou polystyrène expansé élastifié d'épaisseur variable (minimum : 40 mm) et un parement dur en plaque de plâtre, désolidarisé de la paroi.

#### . L'isolation d'une paroi existante

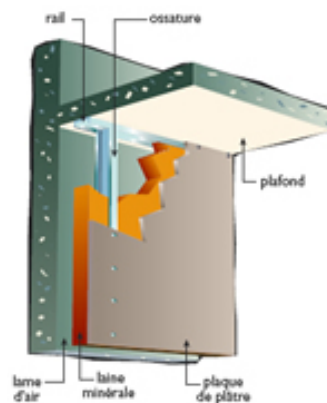
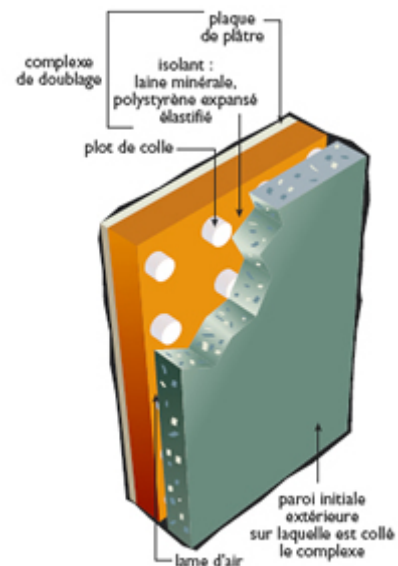
Si la paroi n'est pas étanche à l'air (briques mal jointes, parpaings mal montés), un gain d'isolation sensible peut être obtenu en réalisant un **enduit plâtre ou ciment**.

Si la paroi n'apporte pas une isolation acoustique satisfaisante au bruit aérien, il faut procéder à son renforcement, selon l'un des trois procédés suivants :

#### . Les complexes de doublage à coller

Il s'agit de produits industriels finis, disponibles **prêts à l'emploi** chez les négociants et dans les magasins spécialisés.

Ils sont constitués d'un panneau de laine minérale ou de polystyrène expansé élastifié, de 40 à 100 mm d'épaisseur collé sur une plaque de plâtre. La performance acoustique varie selon le produit isolant et l'épaisseur. Plus la couche isolante est épaisse plus la performance acoustique est élevée. Le renforcement acoustique est obtenu par collage sur la paroi initiale.



Ces produits seront réservés aux **murs droits et en bon état**. Si ce n'est pas le cas, voyez les procédés suivants.

#### . Les doublages sur ossature métallique

Ces doublages **se réalisent sur place** à partir de profilés métalliques, qui



constituent l'ossature, d'une lame d'air remplie partiellement d'isolant (laine minérale ou mousse acoustique) et de plaques de plâtre. On veillera à ne pas comprimer l'isolant.

Cette technique d'isolation acoustique s'applique aussi pour les plafonds.

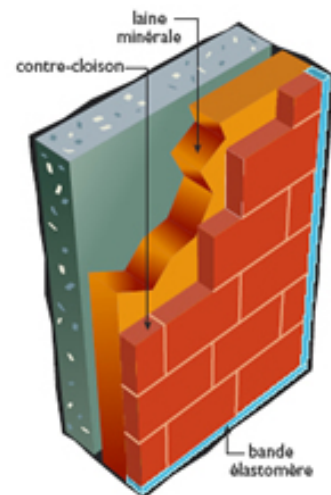
#### • Les contre-cloisons maçonnées désolidarisées

Une contre-cloison, en brique, carreaux de plâtre, blocs de béton cellulaire, désolidarisée du gros œuvre par une bande élastomère (d'épaisseur 5 mm et de largeur égale à l'épaisseur de la cloison enduite) permet également une amélioration sensible.

En matière d'isolant acoustique, nous déconseillons l'utilisation de complexes de doublage à fonction uniquement thermique (en polystyrène expansé ou extrudé ou en mousse de polyuréthane rigide associés à une plaque de plâtre). Ils peuvent dégrader la performance acoustique de la paroi lourde en béton banché.

Ils sont donc principalement utilisés en doublage des murs de façade des logements et non en murs séparatifs.

NB : le polystyrène expansé **élastifié**, contrairement au polystyrène expansé ou extrudé, est un isolant acoustique.



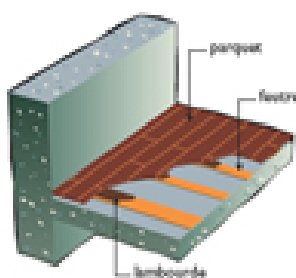
### 3) ISOLATION ACOUSTIQUE DES PLANCHERS ET PLAFONDS

En plus de l'isolation aux bruits aériens qui répond aux mêmes règles que celles des parois verticales, les planchers doivent également procurer un isolement aux bruits de chocs.

#### • L'isolation des planchers contre les bruits de chocs

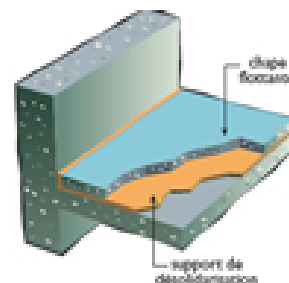
Les traitements d'isolation des planchers consistent à **réduire la transmission** de l'intensité des chocs sur le support puis dans le plancher lui-même.

Trois traitements sont possibles :



### Les revêtements de sol

Il s'agit de moquette épaisse, dalle souple, parquet sur lamelles flottantes.



### Les chapes flottantes

Elles associent un support de désolidarisation de quelques millimètres à une chape de béton de quelques centimètres qui pourra ensuite recevoir le revêtement de votre choix.

Les supports de désolidarisation sont généralement composés de laine minérale ou de plastique alvéolaire acoustique.

### Les dalles flottantes

Elles constituent la protection la plus lourde et associent un isolant thermique et acoustique incompressible à une dalle de béton armé. Ce procédé entraîne certaines contraintes dans l'habitat existant : surcharge sur le plancher, relèvement des seuils de porte.

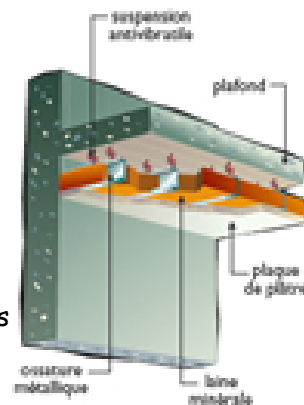
#### Attention au changement de revêtements de sol !

Si vous voulez changer la nature de votre revêtement de sol, faire attention de ne pas **dégrader la qualité acoustique de l'immeuble**.

### L'isolation des plafonds

Si vous ne pouvez pas intervenir sur le plancher, vous pouvez en revanche isoler le plafond.

Vous pouvez installer un **plafond suspendu** constitué de plaques de plâtre vissées sur une ossature métallique. L'espace entre le plafond et le plafond suspendu est garni de laine minérale. En plafond, il ne faut pas coller un complexe de doublage. Il faut savoir que cette technique n'assure qu'une **protection partielle** dans la transmission des bruits de chocs.



## 4) ISOLATION ACOUSTIQUE DES TOITURES

### - 1- Toiture à versants

L'isolation thermique, a elle seule, ne suffit pas ; elle doit être mise en oeuvre de façon a constituer un complexe d'isolation qui fonctionne comme une cloison légère.

Pour obtenir une bonne isolation acoustique, il faut mettre en oeuvre une sous toiture lourde, en lieu et place de la simple feuille de polyéthylène micro perforée, trop légère.

La composition idéale est la suivante (en commençant par l'extérieur) :

- **Couvertures** de toiture ;
- **Sous toiture** lourde en aggloméré de bois - idéalement deux panneaux (36 à 44 mm) si leur poids peut être supporté. La sous toiture doit être étanche à l'eau mais laisser passer la vapeur. Les panneaux d'aggloméré peuvent être imprégnés de bitume ou combinés à une feuille de polyéthylène micro perforée ;
- **Isolant** en panneaux, en rouleaux ou en vrac - au moins 12 cm - placé entre les pannes ou sous les pannes ;
- **Pare vapeur** - ne pas oublier de laisser un espace entre le pare vapeur et les plaques de finition pour le passage des canalisations ;
- **Panneaux de finition** - en plaques de plâtre, de fibro-plâtre ou autres, fixées à la charpente de manière antivibratoire (par des crochets spéciaux ou sur un cadre métallique léger). Si la structure permet de reprendre la surcharge, deux ou même trois plaques sont plus efficaces qu'une.

### 4) 2- Toiture plate

Le principe est ici aussi, de créer un complexe masse - ressort -masse.

Suivant le principe de masse, l'épaisseur d'isolant acoustique à mettre en oeuvre pour une toiture constituée de matériaux lourds (hourdis, dalle de béton armé), sera plus petite.

La mise en oeuvre d'une **toiture verte** améliore fortement les performances acoustiques d'une toiture plate.

## 5) ISOLATION ACOUSTIQUE DES BAIES (FENETRES ET PORTES)

### ■ Les fenêtres : plusieurs niveaux d'isolement

#### ■ Pour un isolement de façade courant

L'isolement de façade courant (d'environ 30 dB) s'obtient en réalisant des travaux légers d'amélioration de l'étanchéité de la fenêtre par la **pose de joints**. Un préalable : votre fenêtre doit être en bon état.

Vous avez un large choix de joints :

- en **mousse**, faciles à poser mais peu durables et peu efficaces sur le plan acoustique ;
- en **résine durcissable**, faciles à poser et plus durables ;
- à **lèvre métallique**, exigeant un réel savoir-faire pour la pose.

Si vos fenêtres sont équipées d'un vitrage simple peu épais (3 mm), la pose d'un **double vitrage classique**, de type 4-6-4<sup>1</sup> ou 4-12-4 (certification Ceval AR1) n'apportera qu'une faible amélioration acoustique. En revanche, vous serez mieux isolé du froid. Pour une bonne amélioration acoustique, passez directement au **double vitrage asymétrique** de type 10-6-4 (certification Ceval AR3) et vous pourrez obtenir un isolement de façade performant (cf paragraphe suivant). L'isolation acoustique du double vitrage est améliorée en ayant des épaisseurs de verre différentes de part et d'autre de la lame d'air.

*1 : un verre de 4 mm d'épaisseur, une lame d'air de 6 mm d'épaisseur, un verre de 4 mm d'épaisseur.*

#### • Pour un isolement de façade performant

L'isolement de façade performant (d'environ 35 dB) s'obtient de deux manières différentes :

- le **remplacement** du simple vitrage par un **double vitrage asymétrique 10-6-4**.

Vous pouvez effectuer ce remplacement si l'épaisseur de la menuiserie le permet et refaire l'étanchéité de la fenêtre par la pose de joints. Ce vitrage est plus lourd et nécessite parfois le renforcement de la structure de la fenêtre ;

- le **remplacement** de la fenêtre par une **nouvelle fenêtre** posée sur le dormant existant.

Vous pouvez effectuer ce remplacement si l'état de votre dormant le permet et choisir un vitrage 10-10-4. Il est parfois nécessaire de changer le dormant s'il est en mauvais état. Dans ce cas, vous pouvez effectuer ce remplacement par un ensemble (dormant + ouvrant) sous certification Acotherm AC2.

Optez de préférence pour des doubles vitrages à isolation thermique renforcée (VIR) pour une bonne performance thermique.

Le **survitrage**, vitrage supplémentaire qui se pose sur le châssis d'une fenêtre équipée de simple vitrage, est mal adapté à l'isolation acoustique.

#### • Pour un isolement de façade très performant

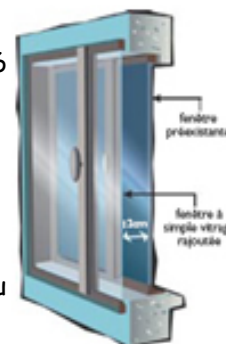
L'isolement de façade très performant (d'environ 40 dB) peut s'obtenir de deux manières différentes :

- le **remplacement** de la fenêtre par une **nouvelle fenêtre équipée d'un double vitrage haute performance** de type « feuilleté acoustique » : le nouveau dormant doit être soigneusement calfeutré, par exemple par des mastics adaptés ; il vaut mieux éviter le colmatage par des mousses. Dans tous les cas, l'étanchéité entre le dormant (ancien ou nouveau) et le gros oeuvre (maçonnerie) doit être assurée, en utilisant par exemple un mastic à la pompe ;

Si vous choisissez d'installer une nouvelle ou une deuxième fenêtre à l'extérieur et que cela entraîne une modification d'aspect de la façade, **assurez-vous auprès de la copropriété et de la mairie que vous êtes dans votre droit**, notamment dans le cas d'un bâtiment classé monument historique.

- l'**ajout** à la fenêtre existante d'une **deuxième fenêtre** équipée d'un **simple vitrage** d'épaisseur au moins égale à 6 mm. Cette deuxième fenêtre se pose indifféremment à l'extérieur ou à l'intérieur. La distance entre les deux fenêtres doit être d'au moins 12 cm.

Cette technique est la plus sûre pour obtenir de bons résultats, encore faut-il que l'architecture du bâtiment ou la configuration des pièces permette sa mise en oeuvre.



Il existe deux types de vitrage feuilletés. Les feuilletés destinés à la sécurité (pare-brise de voiture) et les feuilletés acoustiques qui intègrent une résine spécifique. De nouveaux produits remplissent les deux fonctions.

#### • Les coffres de volets roulants : des points faibles acoustiques

La plupart des coffres sont situés à l'intérieur des bureaux. Vous pouvez les améliorer en réalisant les travaux suivants :

- la **pose de joints silicone** entre la plaque de fermeture et le plafond ;
- la **pose d'absorbants et isolants acoustiques** à l'intérieur du coffre ;
- le **renforcement du coffre** par adjonction ou remplacement de plaques en bois ou en plâtre.

Si vous avez réalisé l'amélioration de l'isolation contre les bruits aériens extérieurs, les bruits intérieurs du bâtiment (ascenseur, vide-ordures, voisinage, etc.) que vous n'entendiez pas jusqu'alors peuvent apparaître.

#### • La ventilation : laissez passer l'air, limitez le bruit

La ventilation est indispensable :

- Pour la **santé et la sécurité** des habitants.
- Pour le **confort et l'hygiène** des usagers.

La ventilation permet d'introduire de l'air de l'extérieur et d'évacuer l'air intérieur pollué.

- Pour la **réduction des condensations** qui dégradent le bâti.

Une ventilation correcte (système de ventilation naturelle ou mécanique) renouvelant l'air en permanence est essentielle pour votre **santé, l'hygiène de vie** et la **pérennité des parois**. C'est la raison pour laquelle il faut veiller à installer des entrées d'air efficaces en façade.

Généralement, elles sont placées dans les traverses hautes des fenêtres (dans l'ouvrant ou le dormant selon les possibilités) des bureaux. Choisissez des **entrées d'air « acoustiques »** : elles sont conçues pour laisser passer l'air en limitant le passage du bruit.

**Ne supprimez jamais la ventilation.** Bien au contraire, veillez à ce qu'elle persiste avec le renforcement acoustique. Si on ne ventile pas, les désordres comme les moisissures, le décollement des revêtements muraux, les odeurs désagréables apparaissent.

#### **Entretien de la ventilation**

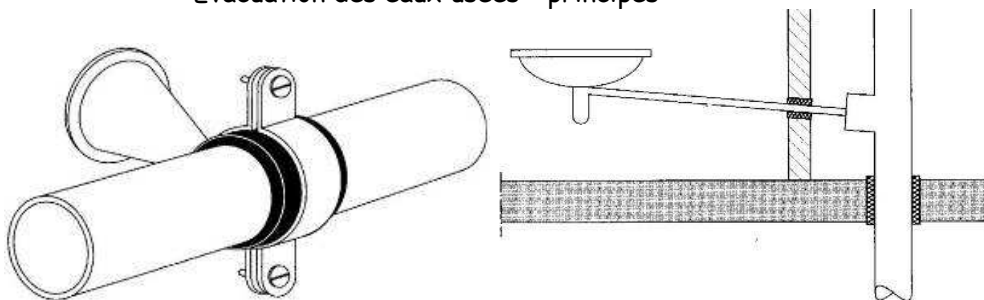
Pensez à **nettoyer** le système de ventilation (entrées d'air et bouches d'extraction) de façon régulière.

## **6) DISPOSITIFS ACOUSTIQUES DES EQUIPEMENTS DE PLOMBERIE ET SANITAIRES**

Il convient d'agir prioritairement directement sur la source pour qu'elle émette le moins de bruit possible et ensuite d'éviter que le bruit ne se propage dans l'installation ou dans la structure, par l'interposition de plots et **colliers** antivibratoires.

### **6) 1- Canalisations**

- Limiter la pression du système de distribution à 3 bars et limiter la vitesse de l'eau dans les canalisations (max 3 m/s)
- Préférer les canalisations lourdes aux canalisations légères
- Respecter le diamètre minimal des canalisations d'alimentation des appareils sanitaires :
  - Eviers, lavabos, douches : 12 mm
  - Lave-mains, W.C., urinoirs, machines à laver, lave-vaisselle : 10 mm
  - Baignoires : 14 mm
- Désolidariser les canalisations par rapport à la structure du bâtiment (murs, planchers, etc.) au moyen de colliers et fourreaux en matières résiliente
  - Collier antivibratoire
  - Evacuation des eaux usées - principes



### **6) 2- Appareils sanitaires**

- Choisir des appareils silencieux et émettant peu de vibrations.
- Désolidariser les appareils sanitaires par rapport à la structure du bâtiment.
- Eviter de placer le local émetteur près d'une chambre.
- Mettre en oeuvre des séparations présentant un indice d'affaiblissement acoustique élevé
  - Désolidarisation d'un bac de douche

## Désolidarisation d'un lavabo

### 7) DISPOSITIFS ACOUSTIQUES DES EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE

#### 7) 1- Au niveau de la chaufferie - installations collectives

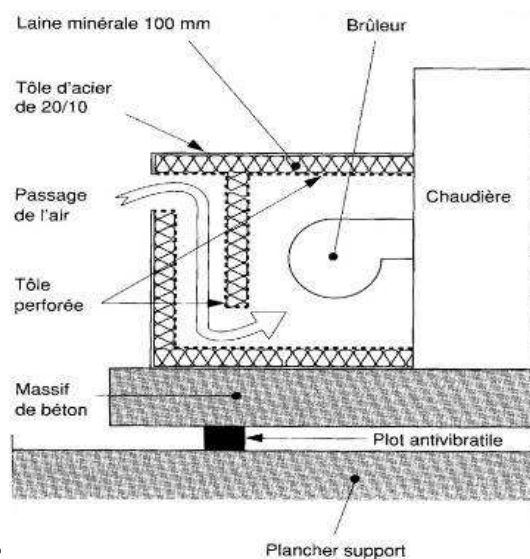
- Isoler le local de chauffe des autres locaux.
- Prévoir le local de chauffe avec des dimensions adéquates (un local correctement proportionné par rapport à l'installation qui s'y trouve est moins sensible à la résonance sonore).

#### 7) 2- Au niveau de l'installation de distribution

- Utiliser des manchons antivibratoires entre les gaines et l'appareil.
- Limiter la vitesse de l'eau à 1m/s dans les canalisations.

#### 7) 3- Au niveau des appareils

- Prescrire des équipements techniques dont le niveau sonore est faible, émettant peu de vibrations.
- Mettre en oeuvre un capot autour d'un brûleur. Cette solution, légère, est peu efficace contre les basses fréquences.
- Désolidariser les appareils par rapport à la structure du bâtiment au moyen plots ou fixations antivibratoires.



Capotage du brûleur

### 8) DISPOSITIFS ACOUSTIQUES DES EQUIPEMENTS DE VENTILATION

#### 8) 1- Au niveau du local technique

- Eloigner le local technique de ventilation des autres locaux.

#### 8) 2- Au niveau des appareils

- Choisir des ventilateurs silencieux et ayant une faible vitesse de rotation.

- Afin de réduire les bruits d'impacts, il faut relier les conduits d'aérations au ventilateur avec des manchons souples et poser le ventilateur sur une dalle en béton reposant sur des plots antivibratoire.

### **8) 3-Au niveau des gaines et conduites**

- Munir les conduits et les bouches de ventilation de silencieux.
  - Réaliser des entrées d'air acoustique qui permettent le passage de l'air, mais limitent les entrées sonores par des chicanes et des matériaux absorbants le long du trajet.
  - La vitesse de l'air dans les conduits sera de 3 à 4 m/s maximum. Ces conduits doivent être étanche.
  - Désolidariser les conduits des planchers par un matériau antivibratoire.
  - Proscrire deux bouches situées au même niveau, sur le même conduit de ventilation, desservant deux bureaux différents. Les bouches doivent être éloignées de 5 mètres minimum. Le mieux est de séparer les conduits et de desservir les étages pairs avec un conduit et les étage impairs avec l'autre conduit.
- Eviter les gaines en matériaux rigides et légers. Préférer l'utilisation de matériaux lourds ou de plusieurs plaques de (fibro) plâtre entre lesquelles est place un isolant compressible (ex. de la laine de mouton, minérale, chanvre,...)





Annexe :

## PRECONISATION DU PROGRAMME TECHNIQUE SUR L'ISOLATION ACOUSTIQUE

### ISOLATION ACOUSTIQUE

Ces prescriptions concernent le nouveau bâtiment et dans la mesure du possible le bâtiment existant.

### ISOLATION ACOUSTIQUE AUX BRUITS DE L'ESPACE EXTERIEUR

Ces prestations concernent le nouveau bâtiment.

L'isolement acoustique est caractérisé par la valeur  $D_{nT,A,tr}$  (isolement au bruit route).

Un isolement acoustique minimum de 45 dB sera prévu pour les façades donnant directement sur l'Avenue du Général Leclerc et de 35 dB pour les façades sur la rue Rosa Bonheur ou non exposées aux voies de circulation. Une étude acoustique est à prévoir.

### ISOLEMENT ACOUSTIQUE AUX BRUITS AERIENS ENTRE LES LOCAUX - AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE DES PAROIS

L'isolement acoustique est caractérisé par la valeur  $D_{nT,A}$  (isolement au bruit rose).

L'affaiblissement acoustique des parois (performance d'un produit mesurée en laboratoire) est caractérisé par la valeur  $R_A$  (affaiblissement au bruit rose).

Les valeurs indiquées dans les descriptifs devront respecter la normalisation européenne et être exprimées en dB. Les valeurs minimales précisées devront être justifiées lors des différentes phases du projet pour atteindre les valeurs d'isolement acoustique indiquées dans le présent programme.

Pour cela, l'équipe de maîtrise d'œuvre devra faire appel à un BET Acoustique spécialisé.

L'isolement acoustique (mesure in situ) est caractérisé par la valeur  $D_{nT,A}$  (isolement au bruit rose), et  $D_{nT,A,tr}$  (isolement au bruit route).

L'affaiblissement acoustique (performance d'un produit mesurée en laboratoire) est caractérisé par la valeur  $R_A$  (affaiblissement au bruit rose) et  $R_{A,tr}$  (affaiblissement au bruit route).

Les valeurs indiquées dans les descriptifs devront respecter la normalisation européenne et être exprimées en dB.

Isolement acoustique minimum des locaux :

- pour les zones flexibles de bureaux : 34 dB entre bureaux et 38 dB entre bureaux et circulations ;
- pour les zones de direction et les locaux bruyants : 37 dB entre bureaux et 38 dB entre bureaux et circulations.

Affaiblissement acoustique minimum des parties vitrées incorporées aux cloisons (double vitrage uniquement) : 39 dB. Les composants des doubles vitrages auront des épaisseurs différentes pour atténuer le phénomène de résonance se produisant à la « fréquence critique ».

Affaiblissements acoustiques minima de l'ensemble des cloisons et des murs mobiles :

- pour les zones de bureaux : 41 dB entre bureaux et 43 dB entre bureaux et circulations ;
- pour les bureaux de direction et les locaux bruyants : 43 dB entre bureaux et 47 dB entre bureaux et circulations.

Affaiblissements acoustiques minima des blocs portes :

- pour les zones de bureaux : 33 dB entre bureaux et entre bureaux et circulations ;
- pour les zones de direction et les locaux bruyants : 35 dB.

Barrières phoniques type Acoustimass ou équivalent mises en œuvre transversalement aux façades à chaque trame.

Affaiblissement acoustique latéral des faux plafonds de 43 dB minimum (valeur tenant compte des barrières acoustiques mises en œuvre dans la hauteur des plénums).

Il ne sera pas déroulé de laine de verre sur les faux plafonds de fibre minérale pour respecter l'inertie thermique demandée.

Mise en œuvre en périphérie des cloisons d'une bande résiliente type Phaltex ou similaire, et de cales en jonction des faux plafonds à ossature semi-apparente.

Les temps de réverbération acoustique des locaux des zones flexibles seront inférieurs ou égaux à 0,65 seconde pour les fréquences entre 500 Hz et 2000 Hz, pour des locaux meublés normalement mais non occupés.

Dans le cas où le hall posséderait une hauteur plus importante sous faux plafond que celle des autres locaux, il sera mis en œuvre une surface de matériaux absorbants au moins égale à la surface au sol du hall. Ces matériaux auront un coefficient d'absorption acoustique alpha sabine dont les valeurs seront au minimum de 0,8 à 500 Hz et de 1 à 2000 Hz.

Dispositions concernant les installations techniques (locaux techniques.....) permettant de limiter le niveau sonore maximal à 35 dB dans les locaux de travail et dans les circulations pendant le fonctionnement des installations :

- choix des emplacements ;
- composition des parois ;
- traitement anti-réverbérant des parois ;
- socles anti-vibratiles, manchons ;
- machines tournantes parfaitement équilibrées ;
- moteurs de vitesse inférieure à 1 500 tr/mn ;
- capots d'insonorisation.

Niveau acoustique en dB la nuit, à 2 m des façades des constructions voisines à usage d'habitation ou des terrains, selon le règlement d'urbanisme et/ou le cahier des charges de la zone, pouvant recevoir des constructions à usage d'habitation, provoqué par les installations techniques du bâtiment, ne dépassant pas celui de l'ambiance spectrale sonore augmentée de 3 dB qui règne en l'absence de fonctionnement de ces installations.

### ISOLATION ACOUSTIQUE DES PLANCHERS Y COMPRIS REVÊTEMENTS DE SOLS

Les performances de la structure du bâtiment et des revêtements de sol devront être définies permettre d'obtenir un niveau de pression acoustique  $L'_{nT,w}$  des bruits de choc perçu dans chaque bureau inférieur à 57 dB.

Les sous-couches acoustiques sous revêtement de sol auront un affaiblissement  $\Delta L_w$  minimum de 19 dB.