



Accueil > Acoustique et mise en œuvre

RECHERCHE SUR LE SITE

Acoustique et mise en œuvre

Recueil de fiches métiers à destination des professionnels de la mise en œuvre dans le bâtiment

DU BRUIT CHEZ VOUS ? QUE FAIRE EN CAS DE...

- Voisin bruyant
- Activités bruyantes
- Logement mal isolé
- Circulation bruyante
- Trafic aérien bruyant

DOSSIERS

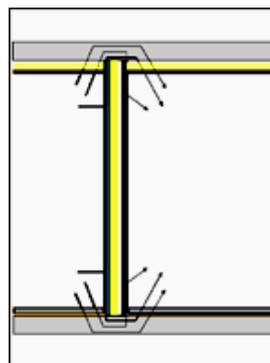
- ▶ REGLEMENTATION
- ▶ EUROPE
- ▶ INITIATIVES LOCALES
- ▶ ACTUALITES



écho bruit Acoustique & Techniques



L'acoustique des constructions est une discipline exigeante qui repose sur le trépied suivant : une bonne conception, de bons matériaux, une mise en œuvre soignée. Il suffit qu'une de ces trois composantes manque à l'appel pour que les performances ne soient pas au rendez-vous. Or, il se trouve que les différents professionnels qui interviennent dans la réalisation des ouvrages – du maçon à l'électricien, en passant par le plaquiste et le chauffagiste – ont tous leur rôle à jouer dans le résultat final. Mais encore faut-il que l'artisan sache en quoi son geste ou son choix de matériau peut influencer sur la qualité acoustique finale de l'ouvrage. C'est la vocation même des "fiches métiers" proposées ici que



d'apporter au professionnel de la mise en œuvre l'essentiel des notions à connaître pour résoudre des problématiques acoustiques simples ou, à tout le moins, ne pas mettre en péril la performance acoustique finale d'un ouvrage. Rédigées de manière synthétique et "sans formules", agrémentées de nombreuses figures, ces fiches participent d'un effort méritoire de démystification de la complexité des principes qui sous-tendent l'acoustique du bâtiment.

Cette collection se compose d'un volet principal de onze fiches "mise en œuvre" classées par métier. On y trouve des précautions simples, des alertes à certaines idées reçues, des schémas, des exemples... Les six fiches annexes (A1 à A6) abordent de manière plus approfondie les notions d'acoustique du bâtiment évoquées dans les fiches métiers. Les calculs inévitables sont simplifiés par la présentation d'abaques et de tableaux de résultats pré-calculés. L'une de ces fiches (A6) propose une méthodologie simplifiée de diagnostic dans l'existant. Enfin, deux fiches "caractéristiques" (B1 et B2) précisent la manière dont on exprime les performances acoustiques des éléments de construction ; de nombreux tableaux donnent les valeurs de performances des principaux produits.

L'intégralité de ce travail a été réalisé par Mathias Meisser, éminent spécialiste de l'acoustique du bâtiment, ancien président de la commission technique du Conseil national du bruit, à la demande de la mission Bruit et Agents physiques du ministère chargé de l'Ecologie. Le CIDB s'est chargé de la coordination et du secrétariat d'édition de ce projet.

FICHES « MÉTIERS »	TÉLÉCHARGEMENT
MAÇONS	 (333 ko)
MENUSIERS D'INTÉRIEUR	 (292 ko)
PLÂTRIERS ET PLAQUISTES	 (37 ko)

1.- Fiche « maçons »

Le maçon contribue largement à la réussite de l'isolation acoustique aux bruits aériens entre locaux, à l'isolation acoustique de façade et à l'isolation aux bruits de chocs. Pour tous ces problèmes, il doit veiller à ce que les parois qu'il met en œuvre soient conformes à celles qui sont décrites dans les pièces écrites de son marché et qu'elles soient exemptes de défauts localisés défavorables à l'acoustique. Notamment, cela se traduit par une bonne homogénéité et une bonne étanchéité à l'air des parois, par la maîtrise des incorporations ou des traversées d'éléments divers.

1.1.- Rappel des principes de l'isolation acoustique entre deux locaux.

Dans la fiche 4.3 relative à l'isolement acoustique entre deux locaux, il a été supposé que les parois de séparation sont homogènes et exemptes de défauts localisés.

Or, tout ce qui constitue les deux locaux à isoler intervient dans le résultat acoustique.

La paroi de séparation soumise au bruit créé dans le local d'émission vibre et transmet sa vibration à l'air du local de réception voisin. Il s'agit de la **transmission directe** par la paroi de séparation

La paroi de séparation vibre et transmet une partie de sa vibration aux parois latérales qui lui sont liées rigidement. Dans le local d'émission, les parois latérales vibrent et transmettent une partie de leur vibration à la paroi de séparation et aux parois latérales dans le local de réception. Il s'agit des **transmissions latérales** par les parois latérales. (voies 1, 2, 3 de la figure 1.1)

Si la paroi de séparation est traversée par une gaine ou une canalisation, si les liaisons de la paroi de séparation avec une ou plusieurs parois latérales n'est pas étanche, ... il se produit ce qu'on appelle des **transmissions parasites**. (voies 4...de la figure 1.1)

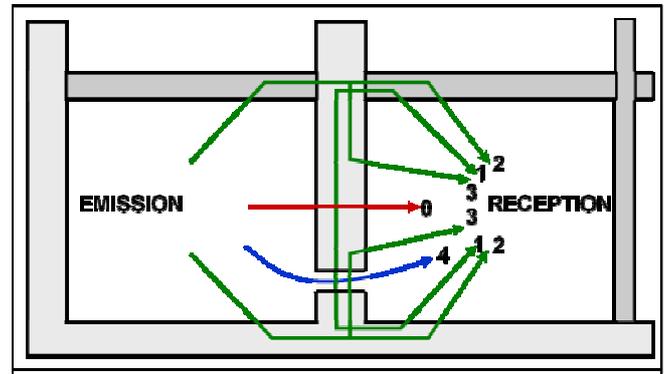


Figure 1.1 : Les différentes voies de transmission des bruits du local dans lequel se trouve la source sonore vers le local voisin

1.1.1.- Quelques origines de transmissions parasites

Exemples de transmissions parasites accidentelles

Espaceurs de coffrages :

exemple : une paroi de 10 m² en béton de 20 cm d'épaisseur, avec 12 espaceurs de coffrage de 2 cm de diamètre est équivalente à 3 cm de béton si les trous des tubes d'espaceurs ne sont pas rebouchés et à 18 cm de béton si ces trous sont rebouchés superficiellement. Par contre, si on prend la précaution d'introduire dans les trous les cônes prévus à cet effet avant de reboucher en surface, les 20 cm de béton sont garantis. (figure 1.2)

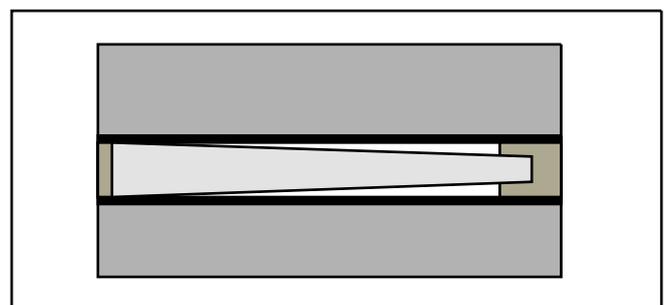


Figure 1.2 : Les trous qui subsistent après l'enlèvement des espaceurs de coffrages doivent être soigneusement rebouchés

Boitiers de prises de courant :

En cas de prises de courant en vis-à-vis des deux côtés d'une paroi de 20 cm de béton, la paroi a une performance qui ne dépasse pas celle d'un mur en béton de 13 à 16 cm d'épaisseur. (fig 1.3)

En règle générale, dans les cas d'incorporation d'éléments dans une paroi en béton, il faut que localement on soit certain de conserver au moins la moitié de l'épaisseur souhaitée ou imposés pour la paroi.

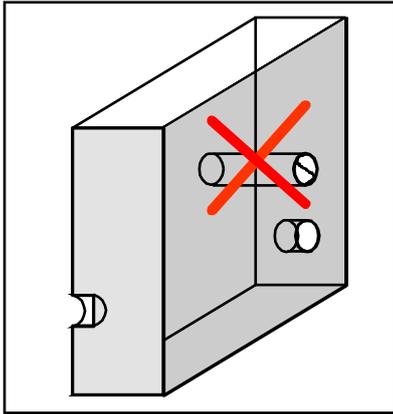


Figure 1.3

Liaisons menuiserie-maçonnerie dans le cas de l'incorporation d'une huisserie de porte ou de fenêtre

On veillera à la bonne étanchéité entre la maçonnerie et une huisserie de porte ou de fenêtre. Un bon calfeutrement au mortier de la liaison menuiserie maçonnerie dans le cas notamment d'une paroi en blocs de béton ou en briques doit être réalisé. On ne doit pas compter sur les baguettes de recouvrement du joint, utilisées lors des finitions. (figures 1.4 et 1.5)

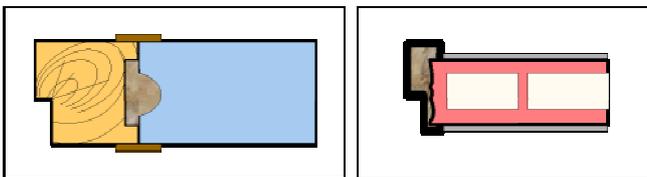


Figure 1.4

Figure 1.5

Exemples de transmissions parasites prévisibles, à maîtriser :

Traversées de gaines ou de canalisations : L'étanchéité doit être assurée entre la paroi en maçonnerie et l'élément qui la traverse. Cette étanchéité est obtenue à l'aide d'un fourreau souple. La souplesse du fourreau permet d'une part de limiter la transmission vers la maçonnerie des vibrations souvent véhiculées par les gaines ou canalisations et d'autre part d'éviter des bruits de dilatation, lorsque les fluides sont chauds.

L'espace entre la paroi et le fourreau doit être colmaté soigneusement par du mortier ou du béton sur toute l'épaisseur de la paroi (fig. 6).

Dans le cas où une canalisation traverse un plancher, le fourreau doit avoir une hauteur suffisante pour dépasser le niveau du sol ou du plafond finis : débord de 10 mm au dessus du sol fini et de 5 mm au dessous du plafond fini.

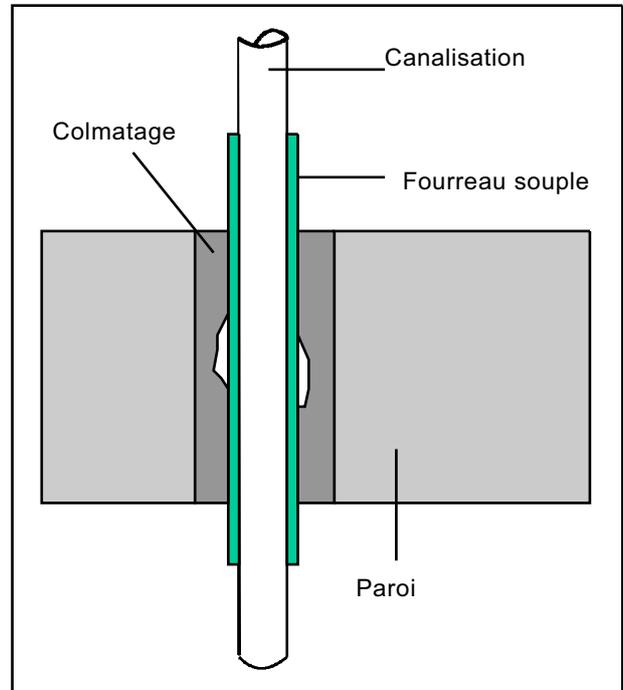


Figure 1.6 : Traitement de la traversée d'une canalisation

Pour limiter la transmission du bruit par le matériau constituant les gaines ou les canalisations, il pourra être utile de les encoffrer sur leur parcours dans les deux locaux à isoler. L'encoffrement est généralement réalisé par le menuisier, s'il est en bois, ou par le plaquiste, s'il est en plaques de plâtre. Pour augmenter l'efficacité de l'encoffrement et pour limiter la transmission des bruits produits ou transportés par les fluides, il est prudent d'entourer la gaine ou la canalisation d'une laine minérale, avant la fermeture du coffre.

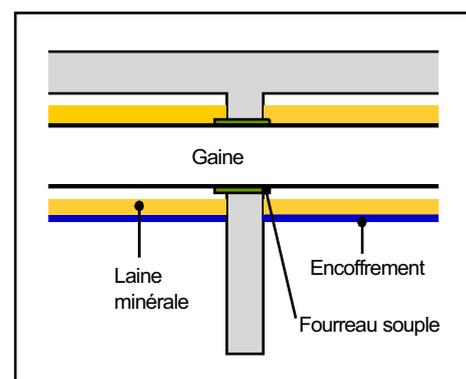


Figure 1.7 : Encoffrement d'une gaine

Entrée d'air en façade : La maîtrise acoustique de cette transmission parasite « obligatoire » se fait en choisissant les caractéristiques acoustiques des entrée d'air, mesurées en laboratoire.

1.1.2.- Recherche d'une limitation des transmissions latérales

Liaisons entre parois : Lorsque les parois à liasonner sont lourdes (supérieures à 150 kg/m^2) on a intérêt à créer des liaisons rigides et étanches. Si, notamment pour des raisons d'isolation thermique, on est amené à prévoir un isolant thermique au raccordement d'un mur ou d'un plancher à la façade, il faut que cet isolant remplisse complètement l'intervalle entre la paroi et la façade. En cas de doute, la finition de la liaison peut se faire à l'aide d'un mastic souple, l'isolant thermique servant alors de fond de joint. On privilégiera les isolants thermiques à base de laine de roche, qui sont par ailleurs très efficaces dans le domaine de l'absorption acoustique. (figure 1.8)

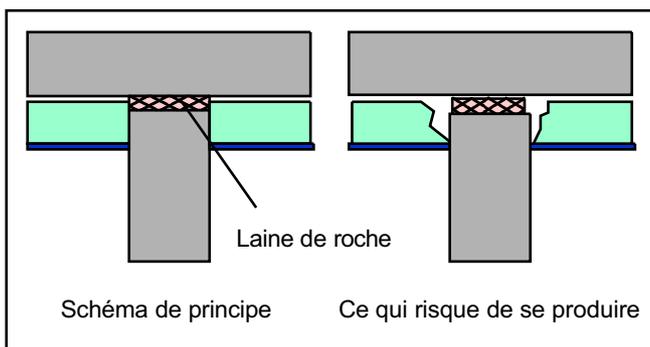


Figure 1.8

Par contre, on a intérêt à désolidariser les parois légères et rigides, telles que les carreaux de plâtre ou les briques platières des parois de séparation lourdes. Dix mètres carrés de parois en maçonnerie légère liée rigidement à une paroi lourde fait perdre 1 à 2 dB d'isolation entre les locaux séparés par la paroi lourde.

1.1.3.- Quelques recommandations visant à limiter les transmissions directes

Une paroi simple en béton, en blocs de béton pleins ou creux, en briques pleines ou creuses, en plâtre ... a une performance acoustique globale qui dépend essentiellement de sa masse surfacique (en kg/m^2) ; Mais pour qu'elle puisse

donner la performance escomptée, il faut qu'elle soit étanche à l'air.

Cas des parois en béton :

Il est indispensable de respecter les épaisseurs des parois en béton données dans les descriptifs, surtout si elles résultent d'une étude acoustique. Pour des parois en béton d'épaisseur comprise entre 14 et 24 cm, 1 cm de béton en plus ou en moins correspond à 1 dB en plus ou en moins.

Cas des parois en blocs de béton ou en briques, que les blocs ou les briques soient pleins ou creux :

Les blocs de béton pleins ou pleins allégés ne sont pas étanches à l'air. Pour que ces parois puissent donner les performances prévisibles compte tenu de leur masse surfacique (en kg/m^2) il faut les enduire au moins sur une face avec un enduit en ciment ou en plâtre. On ne doit pas remplacer l'enduit par une plaque de plâtre collée par plots comme cela arrive souvent dans les maisons individuelles.

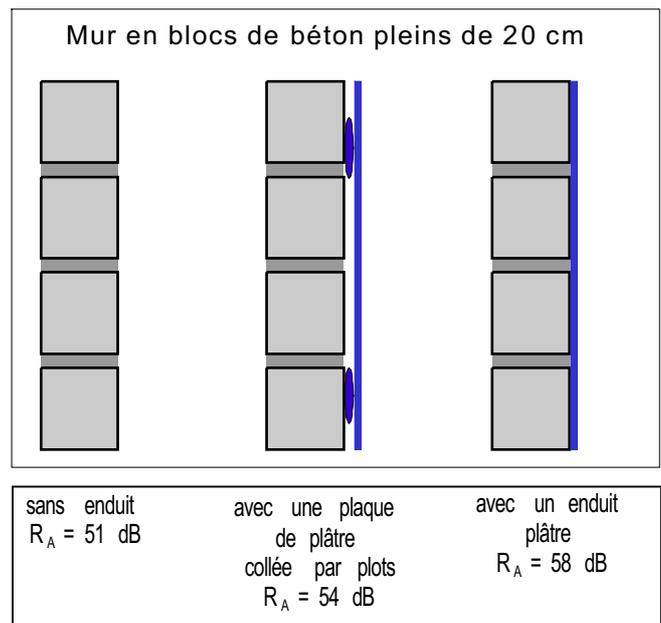


Figure 1.9 : Exemple d'une paroi en blocs pleins en béton de 20 cm d'épaisseur :

Si elle n'est pas enduite, elle est équivalente à une paroi en blocs de béton de 12 cm avec un enduit de 1.5 cm en ciment. Or si on a demandé un bloc de béton plein perforé de 20 cm c'est pour obtenir les performances prévisibles pour une paroi de 400 kg/m^2 , ce qui est obtenu avec la paroi de 20 cm enduite au moins sur une face. Si on remplace l'enduit par une plaque de plâtre collée par plots, le résultat est meilleur que celui correspondant à la paroi de 20 cm non enduite, mais il n'est équivalent qu'à celui qui pourrait être obtenu avec une paroi étanche en blocs de

béton de 17cm d'épaisseur. (figure 1.9)

Dans tous les cas, les parois en blocs de béton ou en briques doivent avoir des joints horizontaux et verticaux bien remplis. C'est relativement aisé pour les joints horizontaux, car le rang en cours de réalisation est posé sur un lit de mortier, mais c'est moins évident pour les joints verticaux pour lesquels il faut prendre du temps pour réaliser les remplissages. On peut éviter les joints verticaux trop contraignants par des assemblages, de plus en plus fréquents, avec tenons et mortaises.

Cas des parois en maçonnerie équipées de doublages thermiques ou acoustiques :

L'efficacité acoustique des doublages dépend de la nature de la paroi support (matériau et épaisseur) et de la nature du doublage (type d'isolant, épaisseur de l'isolant, type de parement).

La paroi support doit être étanche à l'air : dans le cas d'une paroi support en blocs de béton pleins, pleins allégés ou creux, il faut prévoir un enduit sur la face non doublée et ne pas enduire la face doublée.

Suivant le type d'isolant et son épaisseur, l'efficacité acoustique peut être négative, positive ou neutre. Une efficacité neutre se traduit par une

performance de la paroi doublée très proche de la performance de la paroi non doublée. Par contre, une efficacité négative correspond à une performance de la paroi doublée inférieure à celle de la paroi non doublée. Cette efficacité négative est très souvent observée avec des isolants thermiques rigides tels que les mousses de polystyrène extrudé ou les mousses rigides de polyuréthane. On ne doit donc pas modifier la nature et l'épaisseur de l'isolant sans en référer au responsable de l'étude acoustique .

Le tableau de la page suivante donne les tendances acoustiques des différents types de complexes d'isolation thermique constitués de l'isolant protégé par une plaque de plâtre, l'ensemble étant collé par plots sur la paroi support.

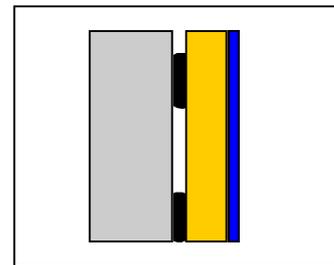


Figure 1.10 : principe d'un complexe d'isolation collé

Nature du doublage	Paroi support en béton de 15 cm		Paroi support en blocs creux de béton de 20 cm, enduits côté non doublé	
	Performance	Gain ou perte	Performance	Gain ou perte
sans (support nu)	56 dB		53 dB	
Polyuréthane rigide	50 à 53 dB	-3 à -6 dB	52 à 54 dB	-1 à +1 dB
Polystyrène extrudé	50 à 53 dB	-3 à -6 dB	52 à 54 dB	-1 à +1 dB
Polystyrène standard	52 à 57 dB	-4 à +1 dB	57 à 59 dB	+4 à +6 dB
Polystyrène élastifié	57 à 63 dB	+1 à +7 dB	63 à 65 dB	+10 à +12 dB
Laine minérale	57 à 63 dB	+1 à +7 dB	58 à 62 dB	+5 à +9 dB

1.1.4.- Quelques recommandations visant à limiter les transmissions latérales

Effets négatifs de certains isolants thermiques placés sur les parois latérales

Exemple : La qualité acoustique d'un bâtiment avait été étudiée en tenant compte de la présence de doublages thermiques en façade et en pignon à base de polystyrène expansé. L'entreprise chargée de réaliser les doublages a fait constater au maître d'ouvrage que l'utilisation d'un polystyrène extrudé à la place du polysty-

rène expansé standard permettrait de diminuer l'épaisseur d'isolant de 2 cm avec les mêmes performances thermiques. L'accord de remplacement lui a été donné, sans avoir consulté le responsable de l'étude acoustique. Les mesures acoustiques de réception ont montré une isolation inférieure de 2 dB aux valeurs imposées dans les pièces écrites dans le cas des pièces superposées en pignon. Le gain de place s'est

traduit par une perte de temps et d'argent, car il a fallu démonter le doublage des pignons pour le remplacer par un doublage acoustique ayant les performances thermiques requises. Il faut noter que le doublage n'était pas posé sur la paroi de séparation entre les locaux à isoler mais sur des parois latérales (la façade et le pignon) liées à cette paroi de séparation. Les parois latérales sont le siège de transmissions acoustiques entre locaux et sont à considérer dans la recherche d'une bonne isolation acoustique.

Exemple montrant la nécessité de traiter les parois latérales :

Dans le cas d'un isolement acoustique entre deux locaux voisins au même niveau (fig. 1. 11), la paroi de séparation était en briques creuses de 20 cm avec deux enduits, la façade était de même nature, sans doublage thermique, les planchers étaient en béton et les cloisons de distribution en briques plâtrières.

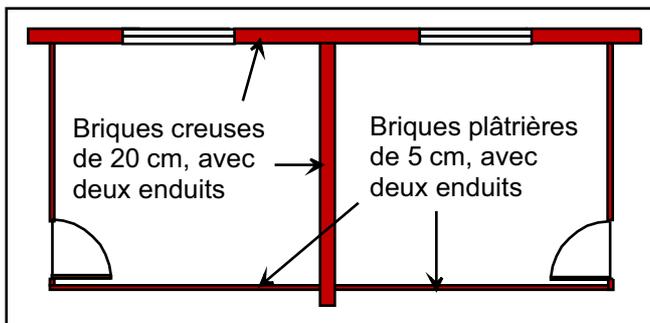


Figure 1.11

Les mesures de réception ont montré un isolement acoustique de 8 à 9 dB inférieur à l'objectif du cahier des charges. Il a donc été décidé d'équiper la paroi de séparation en briques creuses d'un doublage acoustique constitué d'un complexe laine minérale et plaque de plâtre. L'isolement acoustique entre les locaux a augmenté de 3 dB, mais il restait 5 à 6 dB à gagner. Le doublage acoustique de la paroi de séparation a été remplacé par un doublage réputé de performance bien supérieur. L'isolement acoustique entre locaux a augmenté de 4 dB par rapport à la situation initiale. Il restait encore 4 à 5 dB à gagner. Le schéma de la figure 1.12 montre

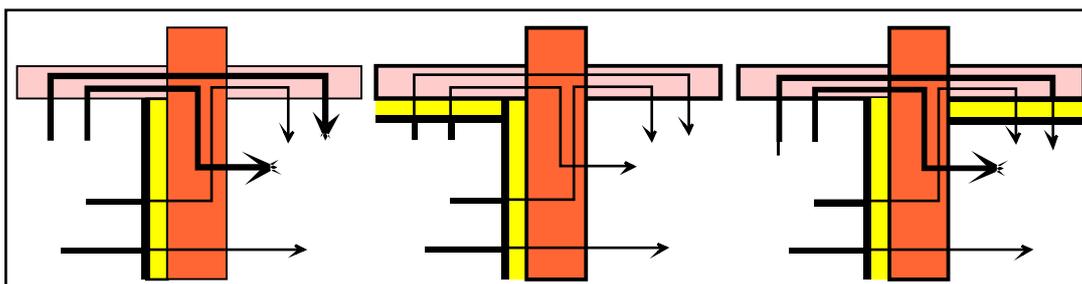


Figure 1.12

qu'en mettant le doublage sur la paroi de séparation seule deux des 4 voies de transmission acoustique entre les locaux étaient atténuées par le doublage, les deux autres restant sans changement par rapport à l'état initial. Il a donc été décidé de réaliser le doublage acoustique de la cloison en briques plâtrières, qui, de toute évidence devait transmettre plus que la brique de la façade. Cela fut fait et l'objectif a été atteint. Mais attention ! le doublage de la cloison doit être fait du même côté que le doublage de la paroi de séparation, sous peine de ne pas traiter les deux voies de transmissions latérales restantes.

Ce même exemple peut être utilisé pour illustrer la nécessité de réaliser un diagnostic acoustique lorsqu'il y a à améliorer l'isolement acoustique entre locaux.

1.2.- Réalisation des chapes flottantes

Une chape flottante, lorsqu'elle est bien réalisée, permet d'assurer une pérennité de l'isolation au bruit de choc, quelque soit le revêtement de sol posé dessus. Mais attention ! La performance d'amélioration au bruit de choc, mesurée en laboratoire sur une dalle en béton, ne s'ajoute pas à la performance de la chape flottante ; les meilleurs revêtements de sol mince posés sur une chape flottante efficace ne permettent de gagner que quelques décibels par rapport à la même chape équipée d'un revêtement de sol dur directement collé dessus.

Quant à la mise en œuvre d'une chape flottante, on se reportera utilement à la fiche .5 « sols flottants ».

2.- Fiche « menuisiers d'intérieur »

Le menuisier intervient dans des travaux visant une isolation aux bruits aériens, une isolation aux bruits de chocs ou une correction acoustique de locaux et parfois une diminution de transmission de bruits d'équipements.

Les maîtres mots d'un travail de bonne qualité acoustique sont « **étanchéité, désolidarisation, amortissement** ».

Étanchéité : Pour qu'une paroi assure un bon isolement acoustique aux bruits aériens, il faut qu'elle soit étanche à l'air. Ainsi on veillera particulièrement au bon ajustage d'une porte dans son huisserie et à la mise en place de joints en fond de feuillure et au niveau du seuil, on réalisera un bon calfeutrement entre l'huisserie et la maçonnerie, ou plus généralement entre l'huisserie et la cloison dans laquelle elle est posée.

Désolidarisation : Chaque fois qu'un élément peut être soumis à des chocs ou des vibrations, il est nécessaire de le désolidariser des parois du bâtiment (murs, cloisons, planchers). Ainsi un parquet ne devra pas être en contact rigide avec les planchers support, les murs ou cloisons. De même un meuble qui peut être soumis à des chocs (meuble de cuisine avec son plan de travail par exemple) doit également être désolidarisé des parois du bâtiment.

Amortissement : sauf cas particuliers précisés par un spécialiste, l'acoustique a horreur des vides et lames d'air non amortis par un matériau absorbant les fréquences aigües, tel qu'une laine minérale (laine de verre ou laine de roche). On retrouve ce problème en cas de réalisation d'un revêtement absorbant à base de plaques de bois perforées ou non, dans le cas du coffrage d'une canalisation, d'une colonne de chute d'eaux usées ou d'une chute d'eau pluviale, dans le cas de la mise en œuvre d'un lambrisage sur tasseaux ou autre ossature.

2.1.- Les portes

Les portes font partie des éléments d'un bâtiment qui posent le plus de problèmes : choix de la porte, étanchéité entre de dormant et la paroi dans laquelle elle est placée, étanchéité périphérique entre l'ouvrant et le dormant et entre le dormant et le sol (seuil)

2.1.1.- Choix de la porte

Signalons tout d'abord qu'il n'y a aucun moyen de contrôler la qualité acoustique d'une porte lorsqu'elle est livrée sur le chantier. Lorsque la porte a fait l'objet d'une mesure de son indice d'affaiblissement acoustique en laboratoire, on ne peut pas vérifier que la porte livrée a bien le même indice. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des portes bénéficiant de la certification NF-CTB FASTE (Feu, Acoustique, Stabilité et perméabilité à l'air, Thermique, Effraction). Sept niveaux de performance acoustique sont prévus : voir le tableau 2.1 en bas de page. Ce tableau a été établi d'après la liste éditée le 28 novembre 2007. Les listes sont régulièrement mises à jour. Pour les consulter, il suffit d'aller sur le site <http://www.fcba.fr>

Toutes les portes classées sont équipées de **joints en feuillure**. Les portes Acou 1 à Acou 3 sont munies soit de **plinthes automatiques**, soit de **joints balais au niveau du seuil**. Pour les portes Acou 4 et supérieures, des « **seuils à la suisse** » sont, ou bien recommandés, ou bien exigés,

Cas où les caractéristiques acoustiques des portes sont exigées par le concepteur du projet :

Pour être utilisables et opposables au menuisier

Tableau 2.1 : Certification FASTE

Classe	Non classé	Acou 1	Acou 2	Acou 3	Acou 4	Acou 5	Acou 6
Indice d'affaiblissement acoustique R_A (*)	inférieur à 27 dB	de 27 à 29 dB	de 30 à 32 dB	de 33 à 35 dB	de 36 à 38 dB	de 39 à 41 dB	supérieur à 41 dB
Nombre de portes ayant obtenu les classements		14	5	9	12	3	2

(*) $R_A = R_w + C$, R_w et C étant les valeurs données dans les compte rendus de mesures en laboratoire

qui posera la porte, **il faut que la caractéristique acoustique précisée soit un indice d'affaiblissement acoustique standardisé** (parfois normalisé). Si le concepteur se contente de donner l'isolement acoustique entre les locaux séparés par la paroi comportant la porte, le menuisier ne peut définir la porte à installer que moyennant une étude qui n'est pas de son ressort. En effet l'isolement dépendra de la porte et de sa surface relative dans la paroi, mais aussi de la nature de la paroi et des dimensions de la pièce de réception.

Les portes, lors des mesures de leur performance acoustique en laboratoire, ont fait l'objet d'une mise en œuvre particulièrement soignée (très faibles jeux entre l'ouvrant et le dormant, mise en place minutieuse des joints, excellent réglage de l'horizontalité et de la planéité du seuil...). La plupart des conditions de mise en œuvre en laboratoire peuvent être reproduites in situ, surtout, d'une part, si on n'a qu'une seule porte à poser et, d'autre part, si on met en place le bloc porte dans un pré bâti. Par contre, lorsqu'il y a de nombreuses portes à installer, il est difficile de généraliser cette mise en œuvre précise à l'ensemble des portes. **On peut considérer que la porte in situ, mise en œuvre avec soin, a une performance réelle de 1 à 2 dB inférieure à celle qui a été constatée en laboratoire.** C'est pourquoi, lorsqu'on a besoin, in situ, d'une porte de classe Acou de 1 à 5, il est prudent de choisir une porte de classe juste au dessus. Autrement dit, si on a besoin d'une porte ayant un indice d'affaiblissement acoustique de X dB, il est recommandé de choisir une porte, qui, en laboratoire, a montré un indice de X+2.

Cas où le menuisier est consulté directement par le client final : par exemple pour remplacer une porte palière afin de moins entendre les bruits produits dans la circulation commune.

Si le logement comporte une entrée avec des portes de communication entre cette entrée et les pièces du logement, on pourra atteindre les performances demandées par la réglementation des logements neufs (isolement acoustique standardisé entre la circulation et les pièces principales du logement de 40 dB) à l'aide d'une porte palière de classe Acou 1, ou mieux Acou 2. Une porte palière massive à âme pleine fabriquée par le menuisier est généralement du ressort de la classe 1.

Par contre si la porte palière ouvre directement sur une pièce principale du logement, les portes de classe Acou 4 ou 5 sont plus appropriées. Dans tous les cas ces portes devront être très étanches.

2.1.2.- Étanchéité de la porte

Étanchéité entre l'huissierie et la cloison dans laquelle elle est placée :

Il ne faut pas compter sur les couvre joints qui masqueront la jonction. Dans le cas d'une paroi en maçonnerie, il faut combler les espaces éventuels entre l'huissierie et la maçonnerie, par un mortier s'ils sont importants, par un mastic, avec éventuellement un fond de joint, s'ils sont plus faibles. Dans le cas où la paroi est du type cloison avec ossature, il faut prévoir un profil de renfort de cette ossature qui sera fixé sur l'huissierie. Ce profil, souvent un « U » métallique, pourra être rempli de laine minérale.

Étanchéité entre l'ouvrant et le dormant :

Il y a des jeux minimum obligatoires, ne serait-ce que pour que la porte puisse se dégager de l'huissierie lors de son ouverture. Ces jeux doivent être les plus faibles possibles, et l'étanchéité doit être complétée par des joints en fond de feuillure. Ces joints doivent être très compressibles afin de limiter l'effort nécessaire à la fermeture de la porte (il faut qu'une personne âgée puisse fermer sa porte).

Les joints doivent être continus.

Combien de fois peut-on constater le déplacement d'un joint vertical, qui laisse quelques centimètres sans joint dans les angles supérieurs de la porte

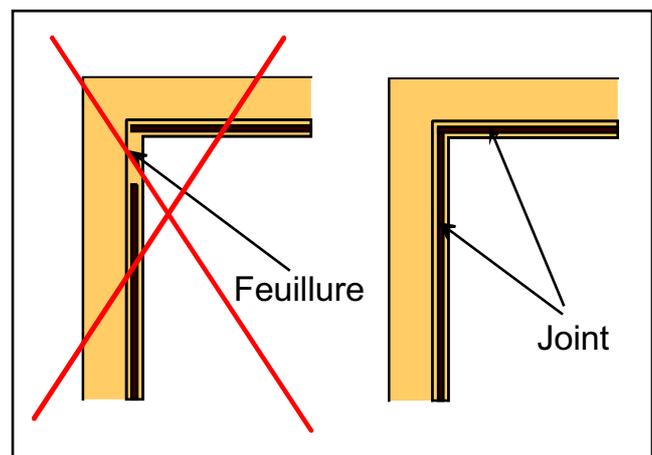


Figure 2.1

Étanchéité au niveau du seuil :

On peut distinguer quatre types principaux de traitement des seuils :

Les joints à lèvres intégrés à la base de la porte et qui viennent s'appliquer sur une barre de seuil métallique bombée fixée au sol. Pour être efficace, ce système doit être bien réglé. La hauteur

du joint ne doit pas être trop importante, et la barre de seuil doit être parfaitement parallèle au bas de la porte.

Une technique de rattrapage des défauts consiste à placer un joint comportant deux lèvres (l'une peut rattraper les erreurs de l'autre).

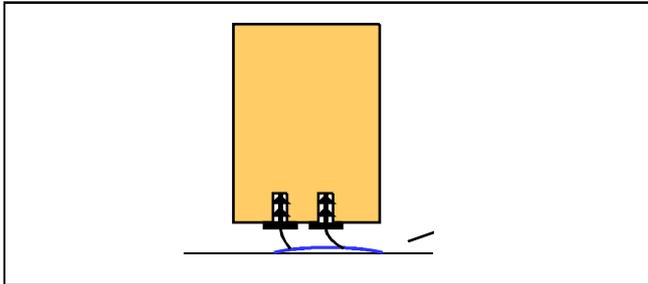


Figure 2.2

Les seuils escamotables : Ces systèmes sont encastrés à la base de la porte. Lorsque la porte est ouverte, ils sont rentrés dans la porte. Lors de la fermeture de la porte, un taquet s'enfonce dans la porte et libère le seuil qui descend. Là encore il faut que la barre de seuil fixée au sol soit très bien réglée.

Les seuils à la suisse : Il s'agit d'une barre d'une certaine épaisseur permettant la pose d'un joint qui sera écrasé lorsque la porte sera fermée (ditto les joints en fond de feuillure). Cette technique est la plus intéressante, notamment dans le cas des portes à forte performance. Il faut toutefois que le seuil soit bien posé. La face comportant le joint doit être parfaitement alignée avec les fonds de feuillure des huisseries. S'il déborde vers l'intérieur, la porte se déformera et les joints en partie basse des feuillures ne seront pas comprimés. La porte ne doit pas être trop détalonnée, afin qu'elle ait la place de s'appliquer sur le joint du seuil. Enfin, pour être conforme aux règles visant l'accessibilité aux handicapés, la hauteur du seuil à la suisse doit être de 2 cm maximum.

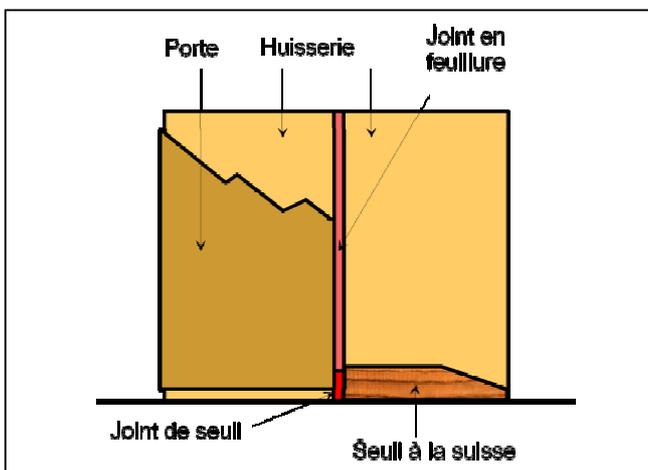


Figure 2.3 : Principe d'un seuil « à la suisse »

L'huisserie « à quatre sens » : Le bloc porte comprend une huisserie avec la traverse haute les deux montants verticaux et la traverse basse. On pourrait dire qu'elle comporte un seuil à la suisse intégré. Cette technique est surtout utilisée pour les portes très performantes (classe Acou 6). Là encore, le ressaut au niveau du seuil doit être inférieur à 2 cm (réglementation « handicapés »).

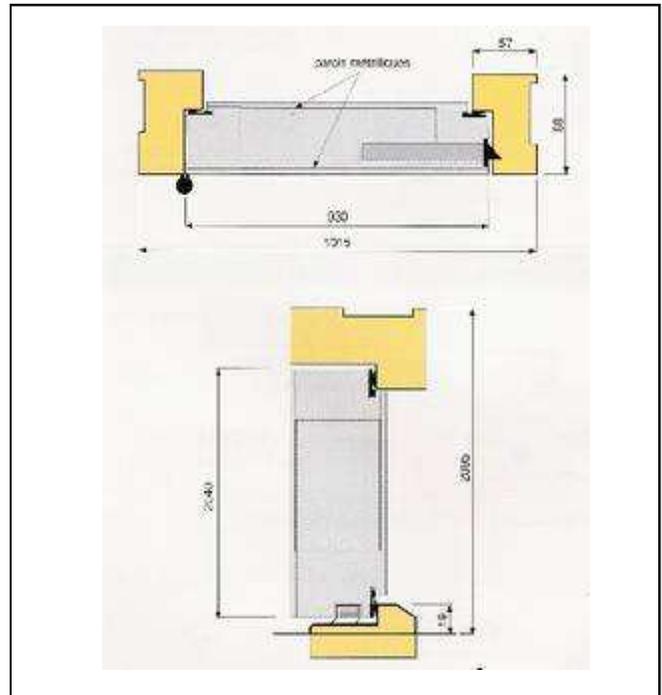


Figure 2.4 : Cette figure illustre l'huisserie à quatre sens et est issue du catalogue « HUET »

Cas des détalonnages de portes souvent prévus pour des problèmes d'aération des locaux :

On trouve essentiellement deux circonstances dans lesquelles ces détalonnages sont pratiqués.

- Cas des portes intérieures à un logement pour permettre à l'air introduit en façade des pièces principales de circuler vers les pièces de service équipées de bouches d'extraction.
- Cas des immeubles de bureaux dans lesquels on cherche un passage d'air hygiénique entre les bureaux et les circulations.

Lorsqu'il y a un détalonnage, cela revient à laisser un jeu entre le bas de la porte et le sol. Suivant l'importance du jeu, l'indice d'affaiblissement acoustique de l'ensemble de la porte ne pourra pas dépasser les valeurs du tableau 2.2, quelque soit l'indice d'affaiblissement acoustique de la porte choisie, encore faut-il que les jeux verticaux et supérieurs entre le battant et le dor-

Tableau 2.2 : Indice d'affaiblissement acoustique maximal des portes détalonnées en fonction de l'importance du détalonnage

Détalonnage	3 mm	5 mm	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm
R _A	28 dB	26 dB	24 dB	23 dB	21 dB	20 dB

ment soient réduits au minimum et soient traités par des joints d'étanchéité.

Les valeurs de la porte avec son détalonnage seront inférieures aux valeurs du tableau pour les classes FASTE inférieures à Acou 4 et seront celles du tableau pour les classes Acou 4 et plus. Il n'est donc pas utile de choisir une porte dotée d'un indice d'affaiblissement acoustique de 37 dB, si on la détalonne ne serait-ce que de 3 mm. Par contre si on veut maintenir un indice correspondant à la classe Acou 1 (27 à 29 dB), il faut utiliser une porte au moins de classe 4 et ne la détalonner que de 3 mm.

2.2.- Les meubles de cuisine ou de salles de bains

Lorsque les meubles sont posés sur un revêtement de sol flottant (carrelage sur sous couche souple ou chape flottante) il ne faut pas qu'ils recréent des liaisons rigides avec les parois verticales. Ils doivent donc être désolidarisés de ces parois en ménageant un jeu de quelques millimètres qui sera comblé par un mastic souple.

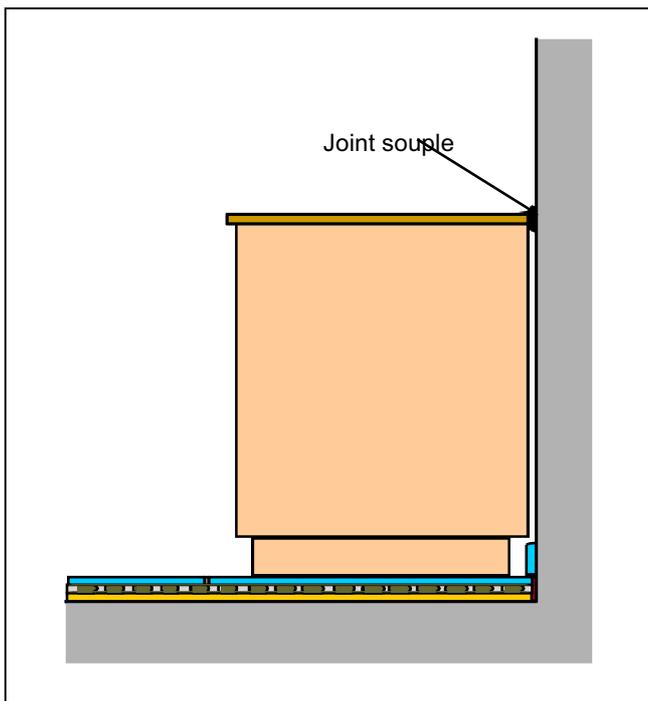


Figure 2.5

De même s'ils sont équipés de plans de travail en carrelage et adossés à des murs carrelés, il y a les mêmes précautions à prendre qu'entre les plinthes et le carrelage d'un sol flottant (pas de contacts rigides et joint souple d'étanchéité).

Si les meubles sont posés sur un revêtement de sol souple (plastique sur sous couche) les mêmes précautions vis-à-vis des parois verticales que ci-dessus sont à prendre. Les chocs sur ces meubles, relativement fréquents, se transmettraient à toute la structure du bâtiment si ces précautions ne sont pas prises.

2.3.- L'encoffrement des canalisations et des colonnes de chute diverses

Même si les seules raisons de l'encoffrement sont d'ordre esthétique, ne serait-ce que pour masquer des éléments disgracieux, il y a tout intérêt à entourer les canalisations ou colonnes de chute d'une laine minérale afin de limiter les transmissions de bruits véhiculés par ces éléments vers la pièce traversée. Une autre solution consiste à tapisser deux parois adjacentes de l'encoffrement par une laine minérale de 45 mm d'épaisseur.

2.4.- Le bois et la correction acoustique des locaux

Le bois est très souvent utilisé dans les études de correction acoustique des locaux, en raison notamment de ses qualités esthétiques et des nombreuses possibilités d'agencer des lames de bois afin de créer une bonne diffusion du son. Le bois est utilisé en plaques perforées ou non, en lames jointives, en lames espacées de quelques cm, en lames sur champ inclinées ou non... Dans tous les cas, il est recommandé de respecter strictement les épaisseurs, les écartements, les agencements précisés dans l'étude acoustique du spécialiste. Dans ce qui suit, nous donnons quelques indications générales relatives à des systèmes simples à base de bois.

2.4.1.- Plaques de bois non perforées utilisées dans des complexes d'absorption acoustique

Ces plaques agissent comme des membranes placées à une certaine distance de la paroi traitée. Pour éviter une absorption trop sélective dans les fréquences graves, on a intérêt à placer

un matelas de laine minérale dans la lame d'air entre la plaque et la paroi.

Lorsqu'il est prévu une plaque de bois pour habiller une paroi d'un local, sans souci particulier d'acoustique, il est prudent de placer une laine minérale entre les tasseaux ou les éléments d'ossature, afin d'amortir la lame d'air et d'éviter cette absorption acoustique sélective citée plus haut.

Exemple de panneaux résonnants à base de bois :

Rappelons que les systèmes résonnants utilisés pour l'absorption sont généralement constitués de membranes, perforées ou non, placées à une certaine distance de la paroi traitée, l'espace entre la plaque et la paroi étant garnie partiellement de laine minérale.

Les différents facteurs de l'absorption de ces systèmes résonnants sont la hauteur du plenum d en m, la masse par unité de surface m' en kg/m^2 de la membrane, les perforations éventuelles de cette membrane et son épaisseur.

Premier cas: membrane en contreplaqué de 6 mm non perforé, de masse surfacique m de $4.2 \text{ kg}/\text{m}^2$. La membrane est raidie par des supports qui la maintiennent en place.

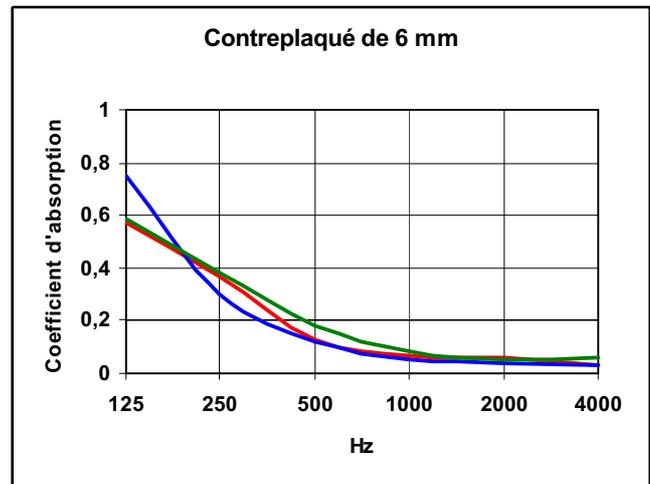


Tableau 2.3

Référence de la courbe de la figure	Hauteur du plenum (m)	Ecartement des éléments d'ossature	Epaisseur de laine (100 kg/m ³)	Coefficient α par octave en Hz					
				125	250	500	1000	2000	4000
Rouge	0.05	0.5 m	0.05 m	0.55	0.37	0.15	0.05	0.05	0.05
Bleue	0.10	1 m	0.05 m	0.75	0.30	0.10	0.05	0.05	0.05
Verte	0.10	1 m	0.10 m	0.60	0.40	0.20	0.10	0.05	0.05

Figure 2.6

Exemple de lames de bois espacées de quelques centimètres, masquant une laine minérale :

Ce système est particulièrement intéressant pour absorber les fréquences graves et moyennes.

Tableau 2.4

Hauteur du plenum en m	Ecartement des lames de 16x92 mm	Epaisseur de laine (100 kg/m ³)	Coefficient α par octave en Hz					
			125	250	500	1000	2000	4000
0.2 m	19 mm	20 mm	0.50	0.75	0.70	0.60	0.40	0.25

2.4.2.- Plaques de bois perforées

Les perforations peuvent être circulaires ou rectangulaires et sont obtenues par perforation de la plaque. Elles peuvent également être obtenues par deux réseaux de lames de bois espacées, un des réseaux étant perpendiculaire à l'autre.

Comme pour les membranes citées précédemment, l'absorption d'une plaque perforée est très sélective. Pour augmenter la plage d'absorption, on place dans la lame d'air, **si possible contre la plaque**, un matelas de laine minérale.

Exemple 1 : Panneaux de bois de 18 mm d'épaisseur, avec des perforations circulaires de 8 mm de diamètre, placés devant une laine minérale de 60 mm équipée d'un voile de verre noir. La laine minérale est placée contre les panneaux de bois. Les courbes de la figure 2.7 correspondent à trois taux de perforation différents.

Plus le taux de perforation est élevé plus l'absorption est importante dans les fréquences aiguës.

Exemple 2 : Panneaux de bois de 18 mm d'épaisseur avec des perforations oblongues et un montage identique au cas précédent.

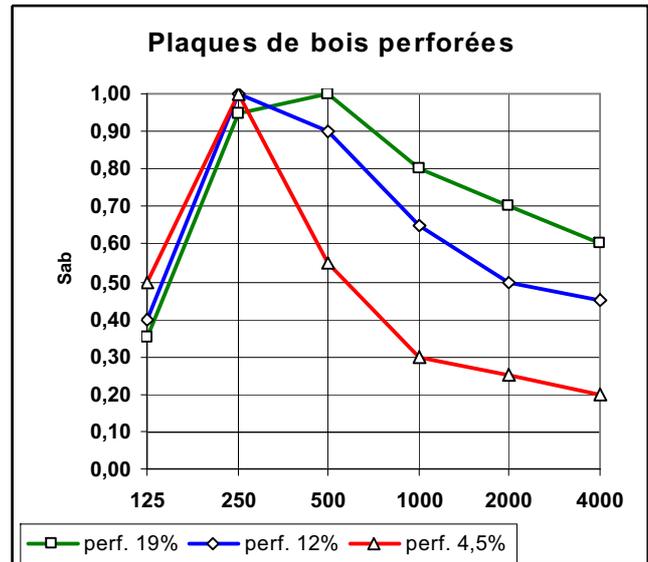
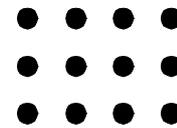


Figure 2.7



2.5- Les parquets

(Voir la fiche « sols flottants »)

Avec les parquets, on peut obtenir une efficacité acoustique ΔL_w comprise entre 5 et 20 dB. Le tableau suivant donne une estimation des ΔL_w pouvant être obtenus en fonction des types de parquets et des modes de pose sur une dalle support en béton.

Tableau 2.5

Type de parquet	Ordre de grandeur des ΔL_w
Parquet mosaïque collé	5 dB
Parquet sur lambourdes	10 dB
Parquet sur lambourdes flottantes sur des panneaux en fibre de bois feutrés imprégnés de bitume	20 dB
Parquet panneau posé flottant sur des plaques en fibre de bois feutrés imprégnés de bitume	10 à 15 dB
Parquet mosaïque sur liège	10 dB
Parquet mosaïque flottant sur feutre de fibres de verre collé sur un support en feutre bitumé	17 à 20 dB
Parquet sur fibres de polyester	17 dB
Parquet sur mousse de polyéthylène	17 dB

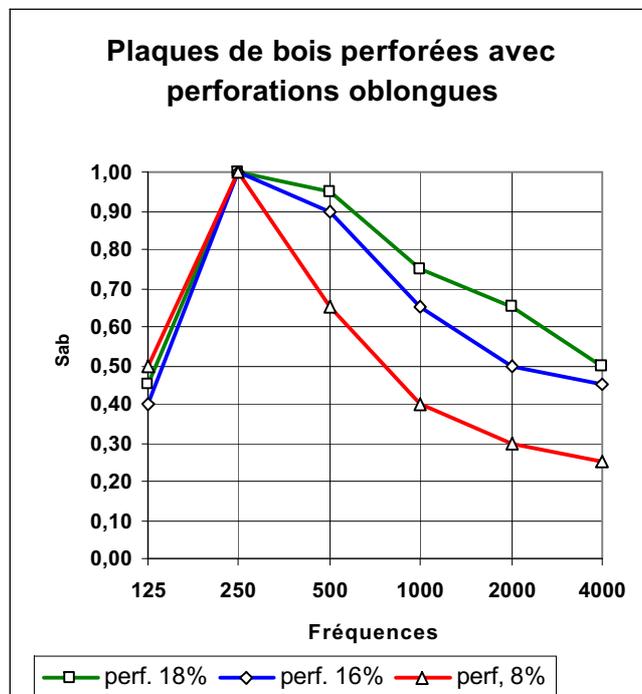


Figure 2.8



La qualité acoustique des parquets sur sous couche n'est pas la seule considération à prendre en compte. En effet, il faut que leur comportement mécanique soit satisfaisant, notamment vis-à-vis du poinçonnement.

Cela conduit à un compromis sur la raideur de la sous couche, qui doit être la plus faible possible pour l'acoustique et relativement élevée pour palier les problèmes de poinçonnement.

Les parquets collés sur sous couche minces (épaisseur inférieure ou égale à 3 mm) peuvent avoir des ΔL_w de 10 à 20 dB

Que le parquet soit sur une sous couche résiliente ou non, Il est indispensable de **bien veiller à la désolidarisation entre le parquet et les parois verticales** limitant la pièce traitée. Cette désolidarisation est réalisée par des cales à enlever après la pose du parquet ou dans le cas de parquet sur sous couche, par des bandes de relevés en produits souples, souvent proposées par les fabricants de sous couches. Mais attention, les plinthes ne doivent pas recréer de points durs ! Pour l'éviter, on peut soit replier le relevé périphérique sur le parquet afin que le produit souple soit interposé entre la plinthe et ce parquet, soit utiliser des cales et, après enlèvement de celles-ci, combler le jeu entre la plinthe et le parquet par un mastic souple.

Les sous couches utilisées sous parquets mosaïques ou parquets stratifiés ont généralement une épaisseur inférieure ou égale à 3 mm et leur écrasement sous charge d'utilisation est inférieure à 0.5 mm, ce qui évite les problèmes liés au poinçonnement.

Les propositions de sous couches pour pose flottante de parquets évoluent rapidement, notamment en vue d'obtenir des efficacités ΔL_w supérieures à 20 dB. En cas de nouvelle sous couche, il est vivement conseillé de demander au fabricant les compte rendus complets des essais en laboratoire, aussi bien dans le domaine acoustique que dans le domaine mécanique. De plus certaines sous couches proposées ne semblent pas avoir une pérennité satisfaisante et des tests de vieillissement sont en cours d'étude. En conséquence, les organismes chargés de contrôler les projets de construction, tels que l'association QUALITEL, ont établis des listes de sous couches qu'ils acceptent. La plupart des sous couches acceptées sont minces et à base de fibres de verre ou de polyester.

2.6.- Cas particulier des escaliers en bois

Lorsque les escaliers des duplex ou des maisons individuelles sont fixés rigidement aux murs, cloisons et planchers, les bruits de chocs se transmettent à ces parois et produisent dans les locaux voisins des bruits parfois très gênants. Dans ce contexte, les transmissions des impacts sont de deux types : transmission des bruits de chocs plus ou moins importante en fonction de la nature des marches et de leur revêtement éventuel et transmission des bruits dus à la flexion des marches. Cette dernière transmission se manifeste le plus souvent dans les fréquences graves. La seule solution pour l'éviter est de désolidariser l'escalier des parois du bâtiment. Il est relativement simple de désolidariser les escaliers des parois verticales en utilisant par exemple des complexes de doublages acoustiques. Par contre il est plus difficile de traiter la liaison des escaliers aux planchers haut et bas. Pour cela, on pourra s'inspirer du principe préconisé pour les escaliers en béton, présenté notamment dans la norme allemande DIN 4109 et schématisé dans la figure suivante.

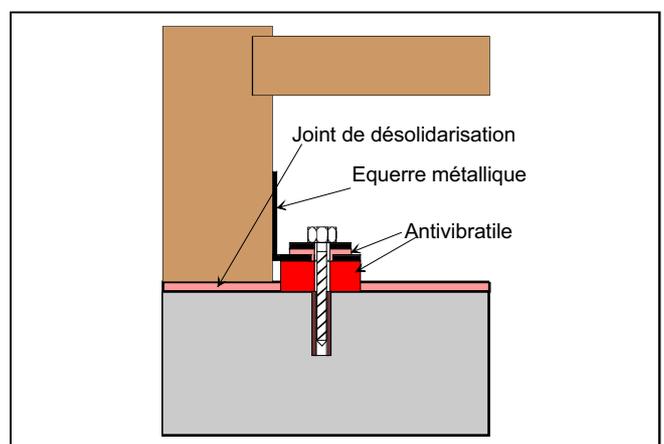
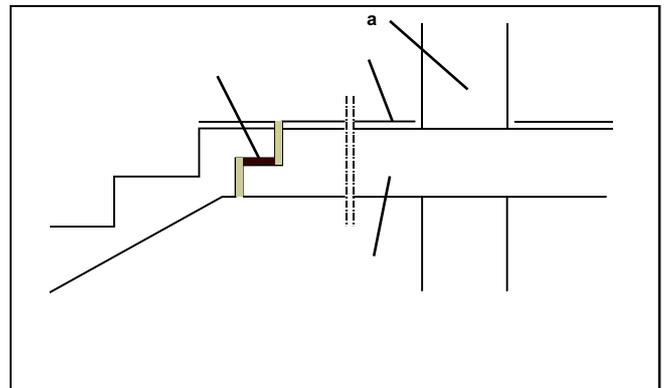


Figure 2.10 : principe de désolidarisation d'un escalier en bois, en partie basse

3.- Fiche « plâtriers et plaquistes »

Mise en œuvre d'enduits plâtre, de cloisons ou de doublages

3.1.- Enduits

Les enduits au plâtre ou les enduits au ciment permettent de dresser les parements d'une paroi en blocs (pleins ou creux) de ciment ou de briques. Ils permettent également de créer l'étanchéité des parois en blocs de ciment.

Pour des raisons de rapidité et de facilité de mise en œuvre, il arrive souvent que ces enduits soient remplacés par une plaque de plâtre collée par plots. **Cette technique est à proscrire lorsqu'on cherche à obtenir une bonne isolation acoustique avec la paroi finie.** En effet, les plots de colle entre la plaque de plâtre et la paroi support créent une lame d'air d'environ 1 cm. La plaque de plâtre associée à cette lame d'air se comporte comme une masse (la plaque) sur un ressort (l'air) qui aurait une fréquence de résonance voisine de 250 Hz, fréquence à laquelle la transmission acoustique est forte. Une paroi en blocs de ciment ou en briques doublée d'une plaque de plâtre collée par plots a une performance acoustique de 4 dB inférieure à celle de la même paroi ayant seulement bénéficié d'un enduit au plâtre ou au ciment.

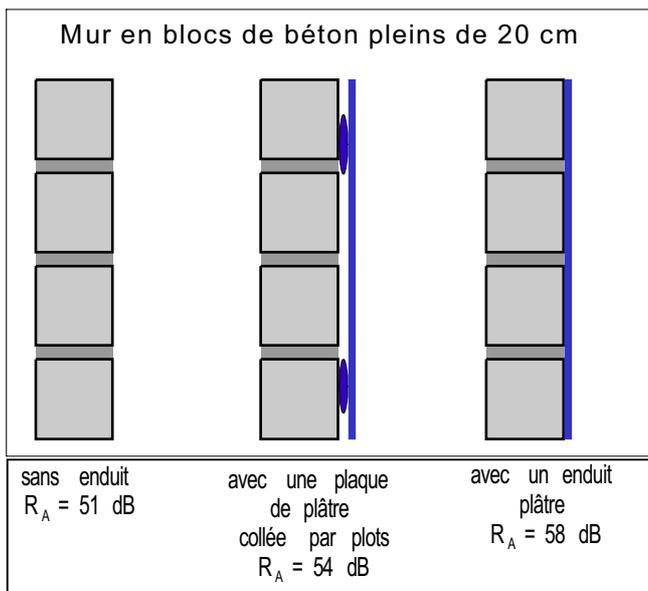


Figure 3.1 : Exemple d'une paroi en blocs pleins en béton de 20 cm d'épaisseur

Rappel : R_A est l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi ; plus l'indice est élevé plus la paroi est isolante

Remarque : La paroi en blocs de béton non enduite et sans plaque de plâtre n'est pas étanche à l'air et est acoustiquement peu performante.

3.2.- Choix des cloisons de distribution

Ce sont par exemple les cloisons qui délimitent les pièces d'un logement.

Lorsqu'on ne recherche pas une isolation acoustique particulière entre les pièces d'un même logement, des cloisons en maçonnerie légère – carreaux de plâtre, briques plâtrières ou cloisons alvéolaires (plaques de plâtre séparées par une âme cartonée) – peuvent convenir. Toutes ces cloisons ont une performance généralement comprise entre 30 et 35 dB.

Mais attention ! **Les cloisons en maçonnerie légères créent des transmissions latérales importantes lorsqu'elles sont liées rigidement aux murs et planchers de séparation lourds entre logements.** Si on veut éviter ces pertes latérales importantes, qui se traduisent par une diminution de l'isolement acoustique entre logements, il faut soit désolidariser les cloisons en maçonnerie des parois de séparation entre logements (technique *Scelmousse* de Lafarge Plâtres), soit utiliser des cloisons alvéolaires.

Lorsqu'on recherche une isolation acoustique entre pièces, on peut avoir recours à une cloison constituée de plaques de plâtre vissées sur ossature (une ou deux plaques par parement) et de laine minérale intercalée entre ces parements. (Voir le chapitre B2.2.2.)

3.3.- Cloisons à hautes performances acoustiques

Les fabricants ont tous développé dans leur documentation des conseils de mise en œuvre concordants, pertinents et très utiles : montage des cloisons, raccordements avec les autres parois, intégration des huisseries, incorporation de câbles et prises électriques...

Dans ce qui suit, nous attirons l'attention sur trois types de problèmes :

- Nécessité d'une bonne étanchéité des liaisons avec les autres parois ;
- Importance de proscrire les prises de courant et autres interrupteurs posés en face à face (la prise encastrée dans un parement de la cloison ne doit pas être à l'aplomb de la prise prévue sur l'autre parement)
- Pour qu'une cloison donne tout ce que sa haute performance permet d'espérer, il faut veiller à ce que les autres parois auxquelles elle est liée soient elles mêmes suffisamment performantes.

3.3.1.- Étanchéité des liaisons avec les autres parois

Les problèmes d'étanchéité des liaisons entre parois se posent d'autant plus que les éléments à associer sont différents.

Par exemple, lorsqu'on monte une cloison à base de plaques de plâtre sur ossature, on trace l'emplacement de la cloison au sol, aux murs et au plafond. Au sol, on fixe un rail métallique en forme de « U », profil qui ressemble à une règle qu'on aurait posé sur le plancher. Or, quelles que soient les précautions prises lors du réglage de sa surface, ce plancher n'est pas d'une planéité parfaite, si bien qu'il se crée des espaces même très faibles entre la règle et le plancher. Ces espaces doivent être comblés pour éviter la transmission du bruit au droit de ces défauts d'étanchéité.

La figure ci-dessous montre ce problème... avec beaucoup d'exagération.

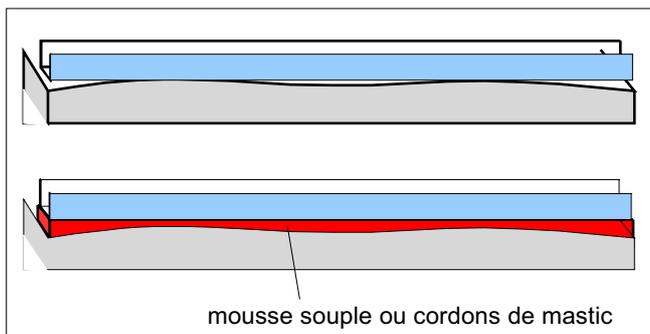


Figure 3.2 : Il faut créer l'étanchéité entre l'ossature de la cloison et la paroi support

3.3.2.- Incorporation de prises de courant et de câbles électriques

Le mieux est de réaliser ces incorporations au cours du montage de la cloison. C'est la meilleure solution pour qu'il n'y ait pas d'interruption du matelas de laine minérale qui garnit partiellement l'espace entre les parements de la cloison.

Quant à l'emplacement des prises, le problème est traité dans la fiche 4.- « Electricien ».

3.3.3.- Environnement de la cloison à haute performance acoustique

Pour évoquer ce problème complexe, il est utile de partir d'un exemple : celui de deux locaux à isoler dont les planchers sont en béton et la façade constituée d'une paroi béton (épaisseur 16 cm) doublée par un complexe isolant thermique et acoustique efficace (laine minérale ou polystyrène élastifié). Pour la cloison de séparation, il est prévu de recourir au système des plaques de plâtre sur ossature. Bien entendu, le doublage thermoacoustique de la façade doit être réalisé après la mise en œuvre de la cloison de séparation, afin que le parement de ce doublage ne soit pas filant d'une pièce à l'autre.

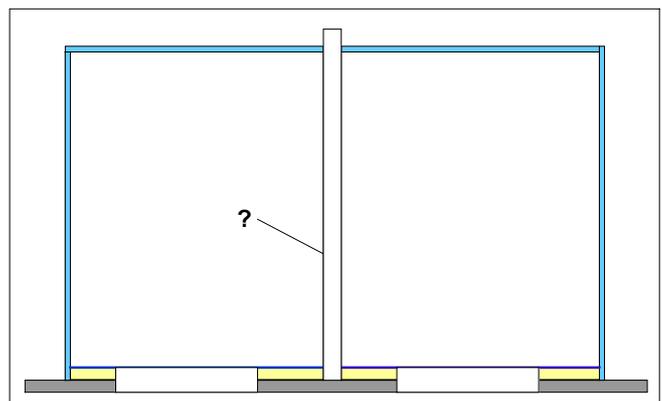


Figure 3.3

Le tableau 3.1 suivant donne les résultats d'isollements acoustiques entre les deux locaux en fonction de l'épaisseur des planchers en béton. Les cloisons de séparation ont toutes la même typologie : deux parements chacun constitués de deux plaques de plâtre superposées et vissées sur ossature (une ossature par parement), l'intervalle entre les parements étant partiellement garni d'un matelas de laine minérale.

Tableau 3.1

Cloison et performance	120/70 (LM)*	160/110 (LM)	200/150 (LM)	240/190 (LM)
	57 dB	59 dB	64 dB	66 dB
Planchers béton de 16 cm	50 dB	50 dB	51 dB	51 dB
Planchers béton de 18 cm	51 dB	52 dB	52 dB	53 dB
Planchers béton de 20 cm	52 dB	53 dB	54 dB	54 dB
Planchers béton de 20 cm + doublages	55 dB	56 dB	58 dB	59 dB

*Cloison constituée d'une ossature de largeur 70 mm accueillant un matelas de laine minérale (LM), et sur laquelle sont vissées deux plaques BA13 de part et d'autre (encombrement total $70+(2 \times 25)=120$ mm).

La dernière ligne du tableau correspond au cas où le plancher est équipé en partie supérieure d'une chape flottante sur laine minérale épaisse et, en partie inférieure, d'un plafond suspendu à base de plaques de plâtre et de laine minérale de forte épaisseur. Cette ligne relève de la technique de « la boîte dans la boîte ».

La ligne « Planchers béton de 16 cm » montre que les transmissions latérales par les planchers sont prépondérantes. Quelque soit la performance de la cloison (variation de 9 dB entre la moins bonne et la meilleure), l'isolement acoustique entre les deux locaux est bloqué à 50 ou 51 dB.

Une raison à cela : pour faire varier les performances des cloisons, on se contente de faire varier l'écartement entre les parements. Ainsi, les transmissions latérales, qui dépendent du rapport des masses des éléments, restent les mêmes, que la cloison ait 120 ou 240 mm d'épaisseur.

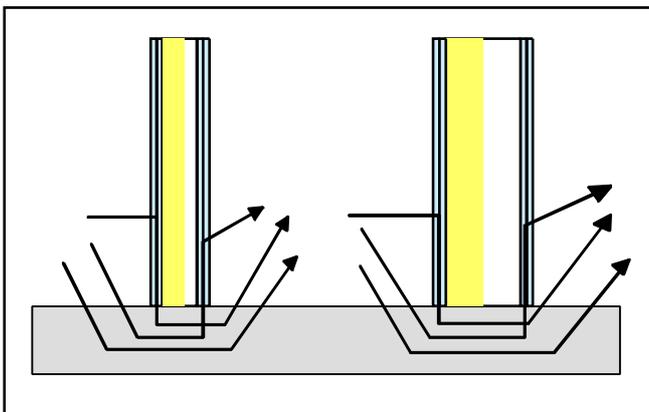


Figure 3.4 : Transmissions latérales à la jonction des parements de la paroi double avec les planchers

Ces transmissions latérales ne peuvent être diminuées que par des doublages efficaces des planchers (voir la dernière ligne du tableau et la

figure 3.5). Ces doublages sont à réaliser après la mise en place de la cloison

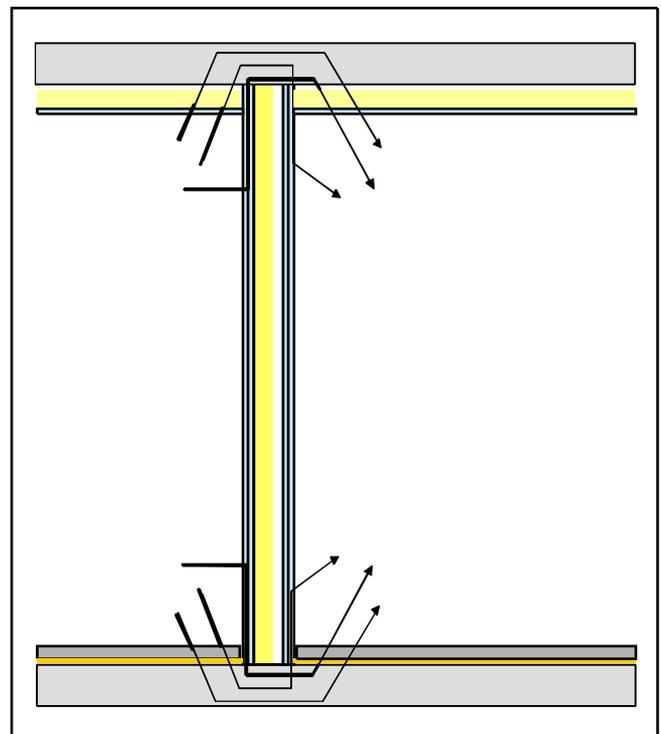


Figure 3.5

3.4.- Les complexes de doublage thermiques, acoustiques ou thermiques et acoustiques

Pour le choix des doublages, voir la page 6 des tableaux de données du chapitre x.

En règle générale, lorsqu'on recherche une isolation acoustique entre deux locaux voisins, **les doublages sont à réaliser après la mise en place des cloisons de séparation**. Cela permet d'éviter la transmission de bruit par un parement de doublage filant d'un local à l'autre.

Par contre, une jonction parfaite entre le gros œuvre et une cloison légère n'est pas facile à réaliser. Un léger défaut à la jonction est souvent compensé par l'isolant du doublage s'il a des propriétés acoustiques intéressantes. Notons que la difficulté dans l'exécution de la liaison cloison légère/gros œuvre subsiste lorsque l'isolation thermique se fait par l'extérieur.

Cas particulier du traitement de pont thermique à la jonction entre la paroi de séparation en maçonnerie et la façade, lorsque l'isolation thermique se fait par l'intérieur :

Lorsqu'il y a une désolidarisation de la façade des murs ou des planchers en maçonnerie lourde, par la mise en place d'un isolant thermique, les transmissions acoustiques latérales par la façade sont augmentées. A ce traitement des ponts thermiques, il faut donc associer un complexe d'isolation thermique de façade efficace en acoustique (complexe à base de laine minérale ou de polystyrène élastifié). Il y a également un risque de créer des transmissions acoustiques parasites. Celles-ci seront atténuées si l'isolant est également absorbant acoustique (laines minérales).

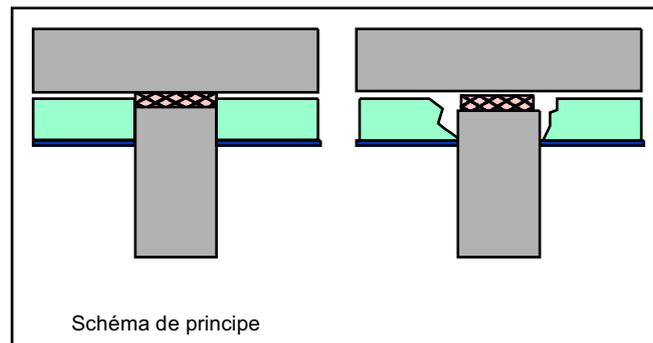


Figure 3.6

4.- Fiche « électricien »

A priori, on peut se demander comment l'électricien peut avoir une responsabilité dans les non conformités d'isollements acoustiques entre locaux. Les trois exemples qui suivent illustrent bien en quoi l'intervention de l'électricien peut avoir des conséquences négatives sur le plan acoustique.

4.1.- Premier exemple : Incorporation de prises de courant dans une cloison légère à haute performance acoustique

Dans un hôtel en rénovation, il était demandé d'obtenir un isolement acoustique de 54 dB entre deux chambres. Le chantier était traité par lots séparés. L'entreprise de gros œuvre avait à sa charge la modification des planchers et la pose des cloisons de séparation à base de plaques de plâtre. Ses travaux terminés, il a eu la bonne inspiration de faire contrôler les isollements acoustiques que ses prestations ont permis d'obtenir. Il se trouve que les résultats étaient conformes à l'objectif. Peu de temps après son intervention, le maître d'ouvrage se plaint que les isollements entre chambres sont catastrophiques. Une visite sur place a permis de constater que l'électricien était passé par là pour installer cinq prises de courant de part et d'autre de l'emplacement prévu pour le lit, soit dix prises au total dans une chambre et autant dans la chambre voisine. Les prises dans chaque chambre étaient face aux prises de la chambre voisine. Pour faire bonne mesure un boîtier de domotique était intégré à la cloison et desservait les deux chambres. L'isolement acoustique mesuré dans cette dernière configuration n'était plus que de 46 à 48 dB ! Au droit des prises de courant et du boîtier de domotique l'indice d'affaiblissement acoustique était en fait plus proche de 25 dB que des 64 dB de la cloison. Compte tenu de la surface des défauts rapporté à la surface de la cloison, l'indice d'affaiblissement acoustique global de cette cloison était passé de 64 dB à moins de 49 dB.

Notons que le concepteur du projet a une part importante de responsabilité dans cette non-conformité constatée. Il aurait dû demander à l'électricien de placer les prises en plinthe, en applique sur la cloison, quitte à dessiner une plinthe s'intégrant harmonieusement avec le dé-

cor de la chambre. Il est toutefois possible de placer des prises de courant dans les parois légères très performantes. Leur nombre doit être limité (2 ou 3) et les prises dans un local doivent être décalées des prise de l'autre local de près de 60 cm. Typiquement, quand, dans un local, une prise électrique est située entre deux montants d'ossature de la cloison, dans le local situé de l'autre côté de la cloison, la prise correspondante doit être située entre les deux montants suivants. Encore faut-il conserver la continuité de la laine minérale placée entre les deux parements de la cloison.

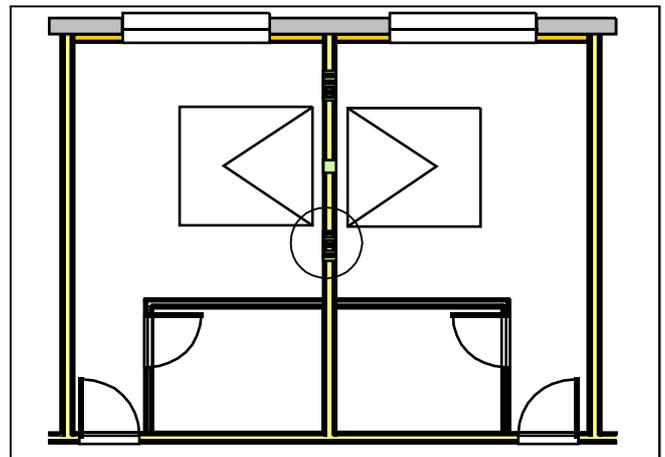


Figure 4.1 : plan des deux chambres mitoyennes

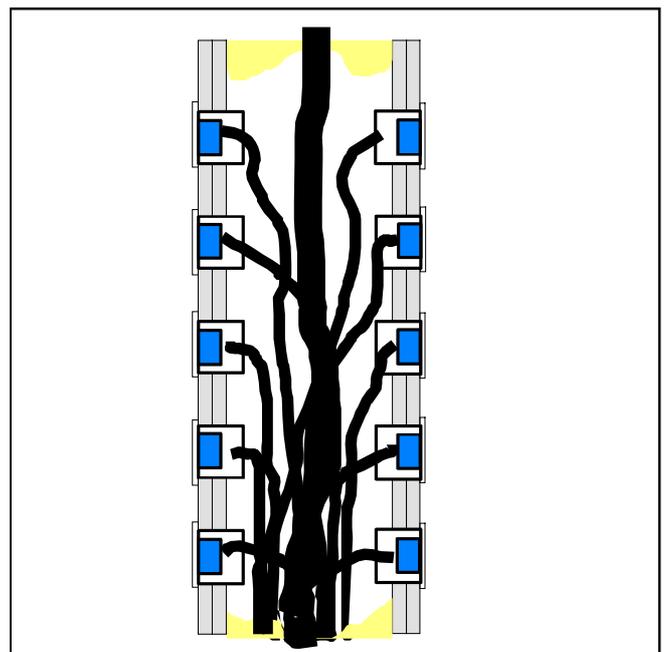


Figure 4.2 : Les parements de la cloison sont troués par les boîtiers de prise de courant et il n'y a plus de laine minérale entre les prises, notamment en raison de la présence des fils électriques.

4.2.- Deuxième exemple : Incorporation de prises de courant dans une paroi en béton

Dans un immeuble de logements, les parois de séparation entre logements étaient en béton de 20 cm d'épaisseur. Malheureusement il était prévu deux prises électriques par pièce dans ces parois. Les prises ont été placées face à face. Sans ces défauts, l'isolement acoustique prévisible était de 54 dB. Avec les prises, l'isolement acoustique mesuré n'a été que de 52 dB. Ce résultat peut être calculé de manière prévisionnelle en considérant la surface du défaut et en supposant que l'indice d'affaiblissement acoustique au droit des prises n'est que de 23 à 25 dB.

Certains fabricants d'accessoires pour béton proposent des systèmes de prises face à face, mais on n'est jamais certain que l'espace entre les boîtiers de prises de courant sera bien rempli. Il vaut mieux décaler les boîtiers d'une vingtaine de centimètres.

Dans les parois en béton, l'incorporation d'éléments tels que des prises de courant, des boîtiers de disjoncteurs ou de fusibles est admise, à condition de **garder au moins la moitié de l'épaisseur de béton** au droit de ces incorporations. C'est ainsi que les pieuvres électriques ou les boîtiers de points centraux lumineux, qui sont autant de défauts potentiels, ne posent pas de problèmes majeurs car la règle de la moitié de l'épaisseur de béton est très souvent largement respectée.

4.3.- Troisième exemple : luminaires dans un plafond suspendu

Un autre cas où les choix de l'électricien interviennent dans le résultat acoustique est celui des luminaires intégrés aux plafonds de bureaux, lorsque le plenum des plafonds est commun à deux bureaux juxtaposés, sans barrière acoustique au droit de la cloison de séparation (cas courant lorsqu'un grand plateau de bureau est cloisonné ultérieurement pour créer des bureaux individuels). Très souvent, on étudie la performance du plafond suspendu pour qu'il permette d'atteindre les isolements acoustiques exigés entre bureaux, sans tenir compte du fait que ces plafonds seront équipés de luminaires, de bouches de soufflage et de grilles d'extraction d'air. Or certains luminaires sont largement ouverts du côté du plenum et créent des points faibles de surface non négligeable, équivalente à celle d'une plaque ou d'une demi-plaque de plafond (60 X 60 cm). Il faudra leur préférer des luminaires dont la face arrière est fermée par une tôle épaisse et, si cette tôle a quelques ouvertures de surface limitée, compléter la protection par un matelas absorbant.

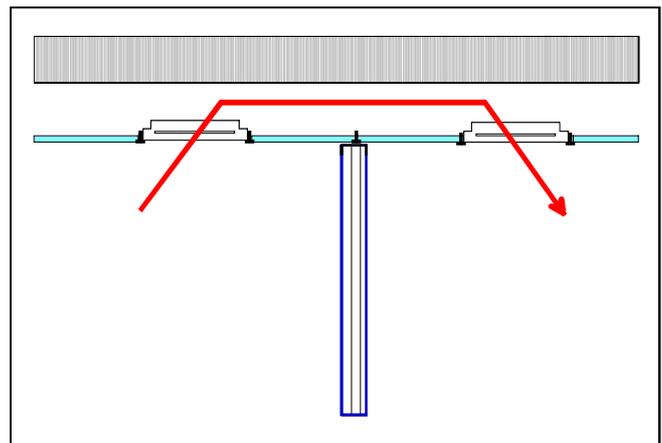


Figure 4.3

5.- Fiche « chapistes »

Les sols flottants – maçon, carreleur, parqueteur

5.1.- Grands principes communs aux sols flottants

Les sols flottants sont constitués d'éléments rigides (chape en béton, parquet, carrelage) désolidarisés des parois de la pièce traitée (planchers, murs, cloisons).

Nous examinerons les solutions de désolidarisation utilisées dans cinq cas :

- Les chapes flottantes en béton (armé ou non suivant la nature et l'épaisseur de la sous-couche)
- Les parquets flottants sur sous-couche résiliente
- Les parquets sur lambourdes flottantes
- Les carrelages sur sous-couche résiliente
- Les carrelages sur ragréage flottant

Toutes ces configurations présentent des points communs récapitulés dans le tableau suivant

Vérification du support et ragréage éventuel	
Le support du sol flottant doit être plan et exempt d'aspérités. Après le balayage de ce support, on examine son état de surface. Lorsqu'il présente des aspérités, on commence par exécuter un surfacage à l'aide d'un enduit de lissage ou avec une chape de mortier de ciment taloché.	
Cas des canalisations sur le plancher support	
S'il y a des canalisations ou des gaines électriques sur ce plancher, on exécute un ragréage de mortier taloché dont l'épaisseur permet de dépasser le point haut de ces gaines ou canalisations.	
	Figure 5.1
Aucun contact avec les éléments verticaux – bande de joint périphérique	
Les éléments flottants ne devant pas avoir de contacts avec les parois verticales, les huisseries de portes ou les canalisations traversant le plancher, une bande souple de quelques millimètres d'épaisseur doit être collée sur le pourtour de la pièce et autour des accidents. Cette bande doit avoir une hauteur telle qu'elle dépasse d'au moins 10 mm le niveau du sol fini équipé de son revêtement. Elle est à poser avant la sous-couche du sol flottant. Pratiquement, tous les fabricants de sous-couches pour sols flottants proposent ces joints périphériques. Ils se présentent soit en bandes de plus de 10 cm de hauteur, soit en bande avec une prédécoupe qui permet de poser la bande en équerre à la jonction plancher-paroi verticale.	
	Figure 5.2
Lorsque plusieurs canalisations traversent le plancher dans l'angle d'une pièce, il est très difficile de garantir une bonne continuité du relevé en plinthe. On vérifie que les fourreaux autour des canalisations dans le plancher sont suffisamment hauts pour dépasser d'au moins 10 mm le niveau du sol fini, sinon on les complète. Puis on réalise un plot en ciment, réglé à la hauteur du sol fini. Dans ce cas les relevés de sous-couche du sol flottant se feront plus facilement autour de ce plot.	
	Figure 5.3

Étanchéité en partie supérieure de la sous-couche

Hormis éventuellement le cas des parquets flottants, les sous-couches doivent être étanches pour éviter la pénétration d'humidité ou de laitance de ciment. Lorsque la protection étanche en partie supérieure de la sous-couche est douteuse (déchirée ou d'efficacité incertaine), on a intérêt à dérouler sur cette sous-couche un film de polyéthylène (Polyane).

Éviter le déplacement d'un élément de sous-couche par rapport au voisin

Chaque fois qu'une chape est coulée sur une sous-couche, il faut relier les plaques ou les lés de sous-couche les uns aux autres à l'aide de bandes autocollantes : on aura recours à des bandes de pontage dans le cas où les éléments de sous-couche sont bord à bord, afin d'éviter la pénétration de laitance entre ces éléments ; lorsque la sous-couche comporte une protection étanche permettant un recouvrement de cette protection avec l'élément de sous-couche voisin, quelques morceaux de bande autocollante bien répartis suffiront. Cette liaison entre les éléments de sous-couche est importante pour éviter les déplacements d'un élément par rapport au voisin lorsqu'on « tire la chape ». En effet avec la règle permettant d'obtenir l'épaisseur et la planéité de la chape, on déplace horizontalement des masses de mortier qui risquent d'entraîner les sous-couches dans leur mouvement.

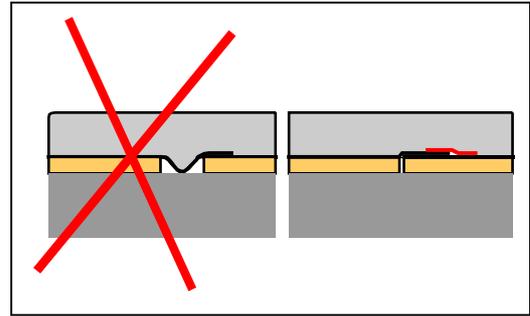


Figure 5.4

Les plinthes ne doivent pas recréer de contacts rigides sol flottant / mur ou cloison

Lorsque le revêtement de sol est posé, sans contact avec les parois verticales, huisseries de portes ou canalisations traversant le plancher (grâce à la bande de joint périphérique), il ne faut pas recréer de liaisons rigides avec les éléments verticaux. Notamment les plinthes doivent être posées en veillant à ce qu'il n'y ait pas de contact rigide entre elles et le revêtement de sol. Pour cela, on découpe le relevé en plinthe à l'aide d'un réglet de 3 mm d'épaisseur en cas de parquet et de 5 mm d'épaisseur en cas de carrelage, la plinthe est maintenue provisoirement au dessus du relevé découpé et on peut terminer par un joint soule à la pompe, notamment dans le cas de sol carrelé.

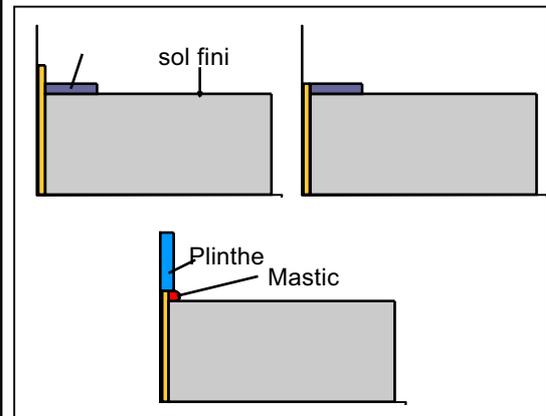


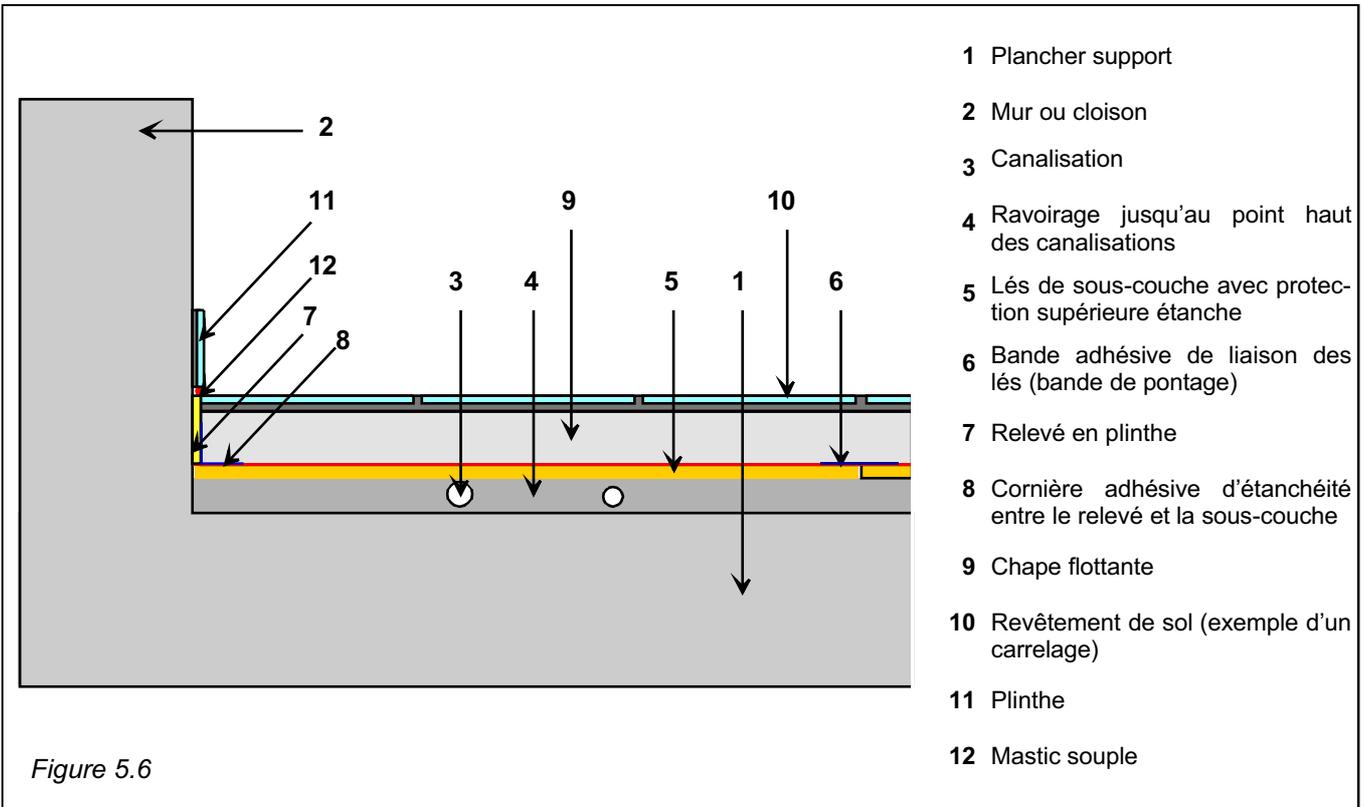
Figure 5.5

Une autre caractéristique commune est la sonorité ...

Un sol flottant, qu'il s'agisse d'une chape flottante, d'un carrelage ou d'un parquet sur sous-couche, est désolidarisé du plancher support par un produit résilient et des parois verticales par des relevés en plinthe souples. On diminue ainsi l'énergie du choc transmise au plancher support et aux murs et cloisons. Une grande partie de cette énergie est renvoyée vers la pièce dans laquelle se produit le choc. La sonorité du choc dans la pièce équipée d'un sol flottant dur est donc plus importante que si le sol ne flottait pas. Cette constatation permet de tester simplement la bonne exécution du sol flottant. Si on tape sur

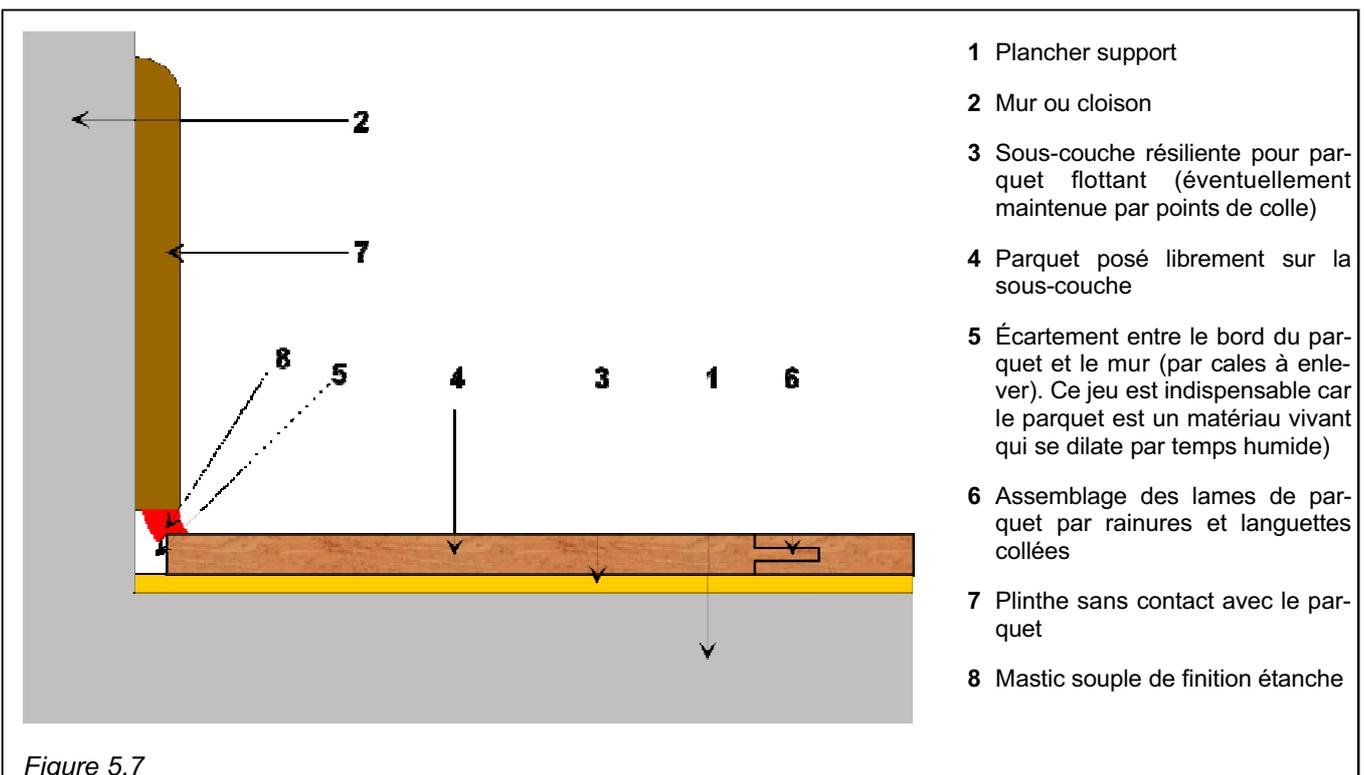
le sol avec un petit marteau ou un maillet, le bruit produit est clair et fort. Si, par malheur, il existe un point dur entre le sol flottant et le plancher support ou les murs, le bruit devient plus sourd dès qu'on s'approche du point dur, une partie de l'énergie étant transmise à la structure de la pièce via ce point dur. On le constate souvent dans des cuisines ou des salles d'eau, lorsqu'on tape vers les plinthes ou le meuble évier (souvent installé trop tôt) et lorsque les précautions décrites ci-dessus n'ont pas été prises lors de la mise en œuvre de ces plinthes.

5.2.- Principe d'une chape flottante



5.3.- Principe de pose d'un parquet flottant

La pose du parquet doit se faire par temps sec (à vérifier à l'aide d'un hygromètre)

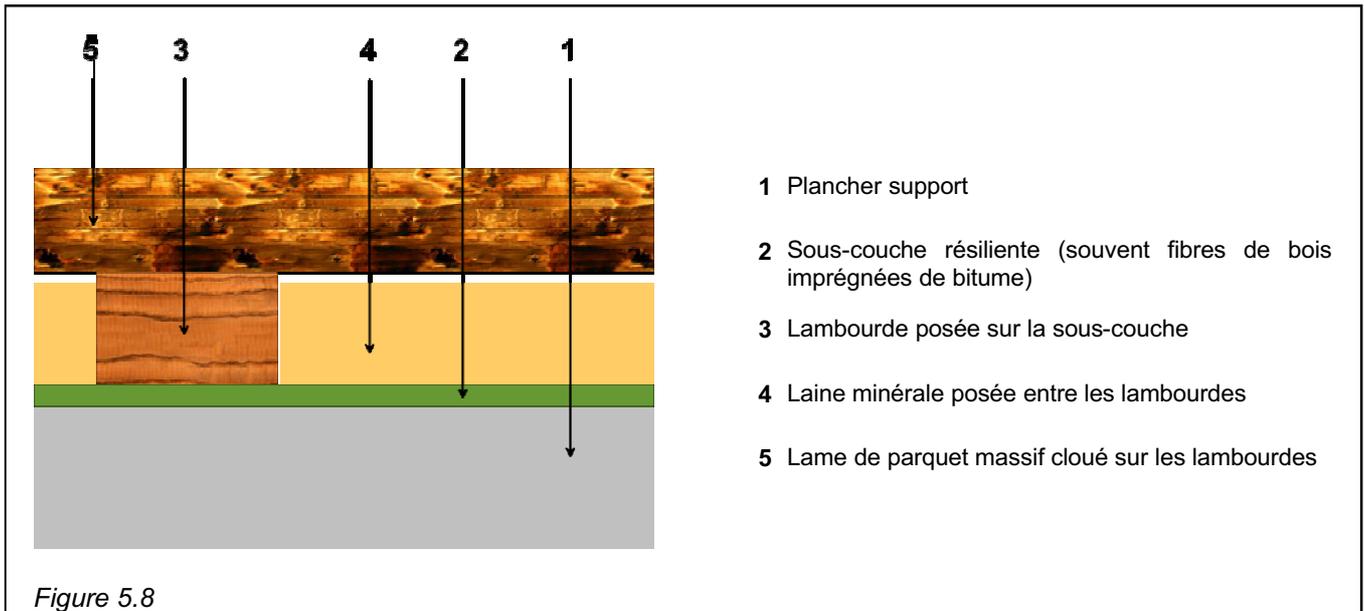


Choix de la sous-couche et performances acoustiques prévisibles :

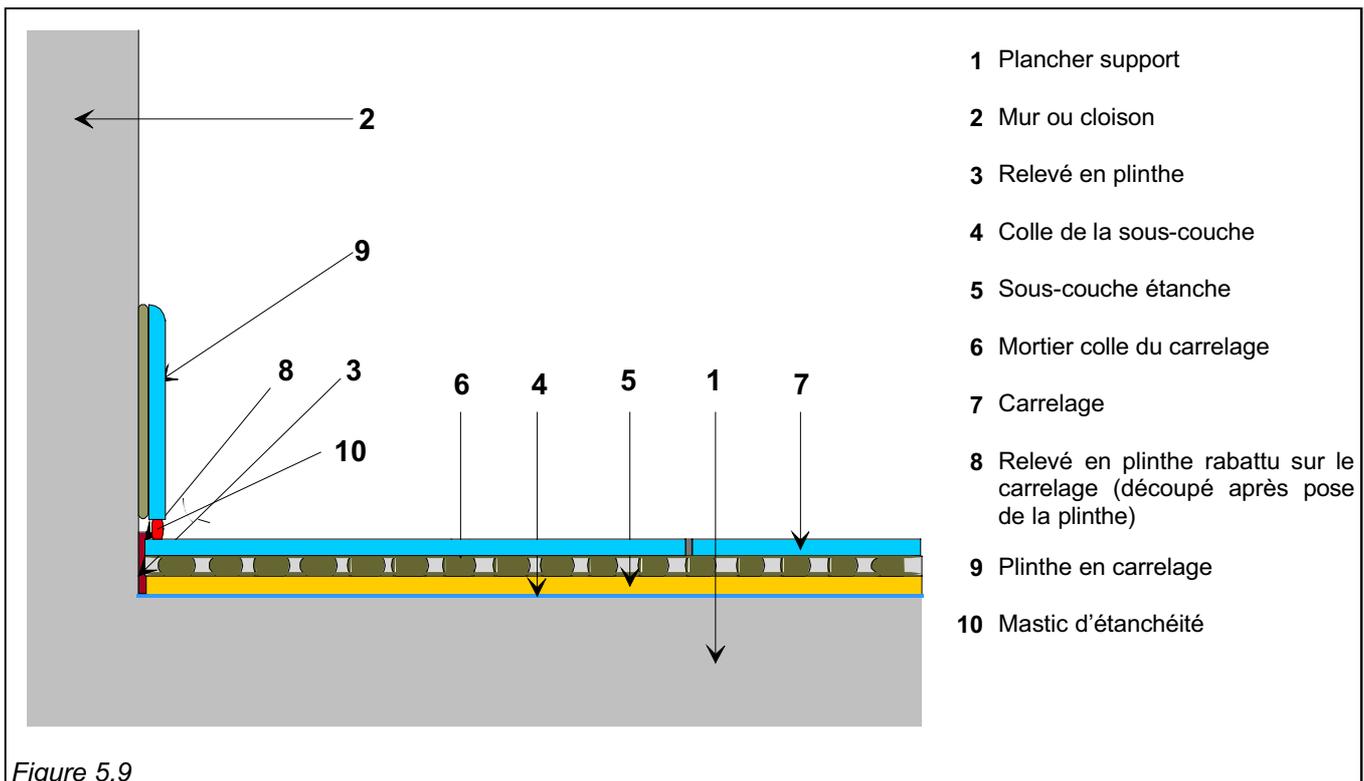
Pour des raisons acoustiques, la sous-couche devrait être la plus souple possible. Pour des raisons de tenue mécanique et de confort à la marche sur le parquet, la sous-couche devrait être raide. Un compromis a été trouvé per les fabricants de sous-couches pour parquets. Cel-

les-ci sont souvent relativement minces (quelques millimètres), ce qui entraine un faible écrasement sous charge. Leur efficacité en isolation vis-à-vis des bruits de chocs ΔL_w est souvent comprise entre 15 et 20 dB. Si on veut obtenir plus, il faut envisager la réalisation d'une chape flottante sur une sous-couche plus épaisse (1 cm ou plus), sur laquelle on peut mettre n'importe quel revêtement de sol.

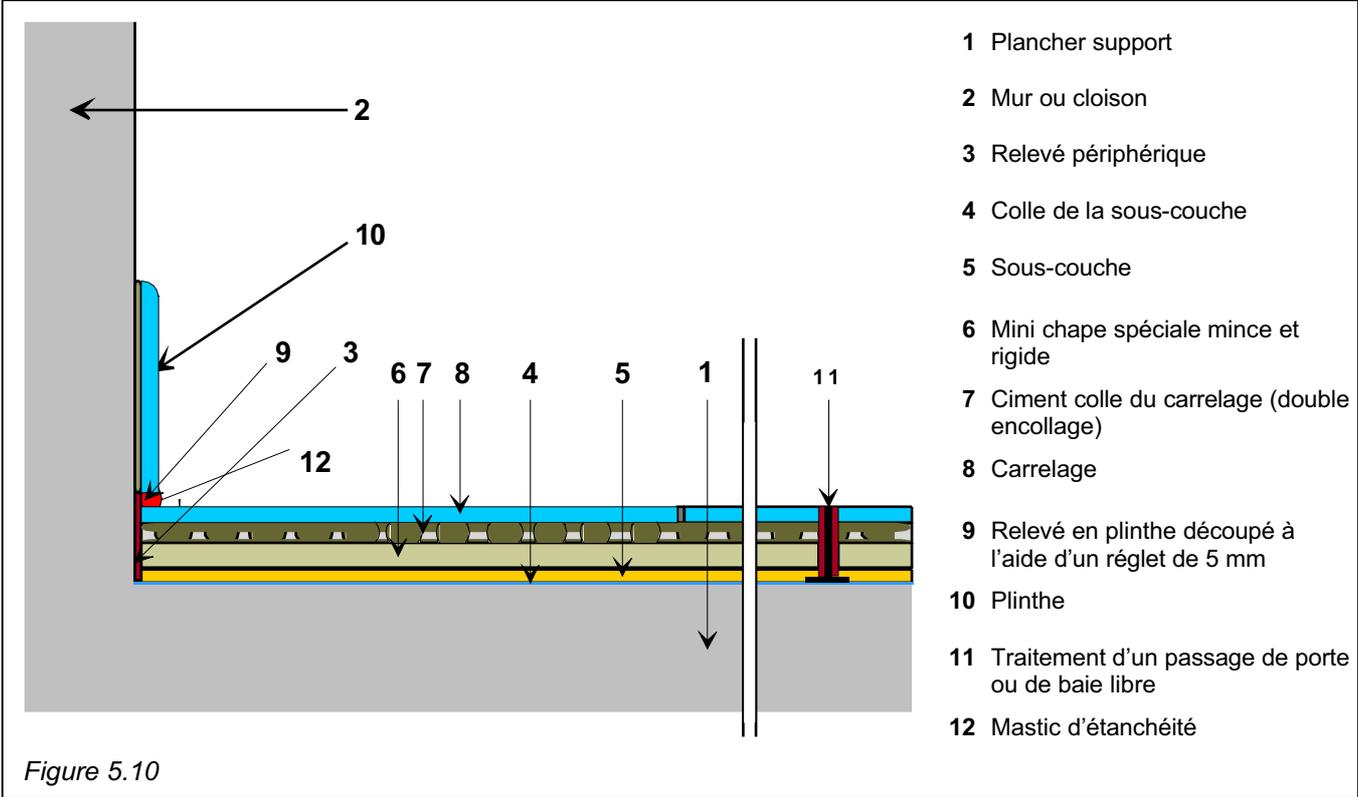
5.4.- Principe de pose d'un parquet massif sur lambourdes flottantes



5.5.- Principe de pose d'un carrelage collé sur sous-couche



5.6.- Pose d'un carrelage sur mini chape, sur sous-couche



6.- Cloisons amovibles, plafonds suspendus, planchers techniques

6.1.- Cas de l'isolement acoustique entre locaux séparés par une cloison amovible

S'il est un domaine où une étude acoustique est indispensable c'est bien celui de l'isolement acoustique entre bureaux.

Prenons le cas d'un plateau de bureau à cloisonner : Le plateau est équipé d'un plafond suspendu absorbant et d'un plancher technique. Des ventilo-convecteurs sont adossés à l'allège de la façade. Des luminaires sont incorporés au plafond.

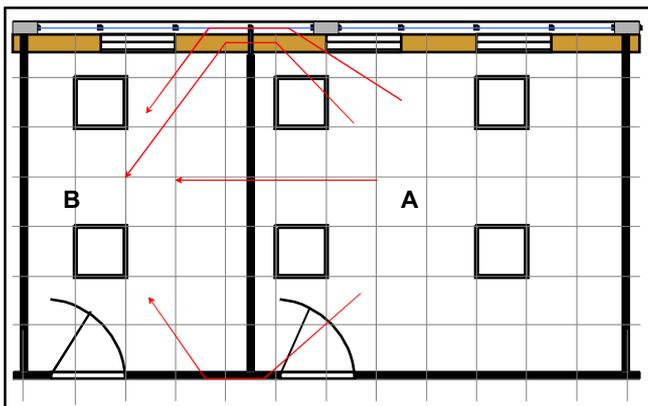


Figure 6.1 : Vue en plan

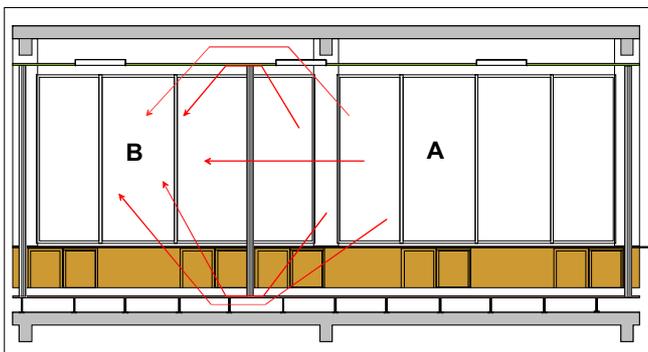


Figure 41 : Coupe verticale

Les deux figures ci-dessus permettent de mettre en évidence trois types de transmissions acoustiques :

La transmission directe par la cloison de séparation qui sera mise en œuvre par le monteur de cloisons amovibles

Les transmissions indirectes par le plancher technique (mis en œuvre par le poseur de cloisons, par le poseur de plafond ou par une entreprise spécifique), **par le plafond suspendu** mis en œuvre par le titulaire du lot « plafonds », **par la cloison côté circulation** mise en œuvre par le poseur de cloison, et **par la façade** réalisée par le façadier ou le titulaire du lot « menuiseries extérieures ».

Des transmissions parasites par les luminaires encastrés dans le plafond, par les coffres en allège montés entre les ventilo-convecteurs. Dans d'autres cas, il peut y avoir des transmissions parasites par les gaines, les bouches et les grilles de conditionnement d'air. Ces éléments sont souvent situés dans le plafond des locaux.

Toutes ces transmissions acoustiques sont à examiner par le concepteur qui doit maîtriser leur incidence sur l'isolement acoustique final en proposant des prestations complémentaires à mettre en œuvre. **La conformité des isolements acoustiques exigés par les pièces écrites dépend des prestations réalisées par au moins cinq titulaires de lots : cloisons amovibles, planchers techniques, plafonds, façade, menuiserie, électricité.** On comprend aisément que le poseur de cloisons amovibles n'est pas le seul responsable d'une non-conformité éventuelle.

Supposons qu'on recherche un isolement acoustique standardisé de 35 dB entre le bureau A (émission) et le bureau B (réception). Le bureau B a une profondeur de 2.70 m, une largeur de 4.5 m et une hauteur sous plafond de 2.60 m. Supposons également qu'il n'y a pas de transmissions parasites par les luminaires et les coffres adossés à l'allège.

Cela serait déjà une erreur grave que de choisir une cloison dotée d'un indice d'affaiblissement acoustique R_A de 35 dB. Cela voudrait signifier qu'il n'y a pas d'autres voies de transmission que celle par la paroi de séparation. Le tableau suivant donne la valeur de l'indice d'affaiblissement acoustique (celui communiqué par les fabricants de cloisons) qu'il faudrait utiliser pour la paroi de séparation, en fonction des performances des autres éléments.

Tableau 6.1

Nature de l'élément	Performances acoustiques des éléments, mesurées en laboratoire R_A , D_{nf} ou D_{nc} , suivant les cas		
Plancher surélevé	$D_{nf} = 45$ dB	$D_{nf} = 45$ dB	$D_{nf} = 45$ dB
Plafond	$D_{nc} = 34$ dB	$D_{nc} = 40$ dB (*)	$D_{nc} = 40$ dB (*)
Cloison circulation (**)	$R_A = 35$ dB	$R_A = 35$ dB	$R_A = 35$ dB
Façade (**)	$R_A = 30$ dB	$R_A = 30$ dB	$R_A = 35$ dB
Cloison de séparation		$R_A > 44$ dB	$R_A > 40$ dB
D_{nTA}	< 33 dB	35 dB	35 dB

(*) Cette valeur peut être atteinte avec un plafond absorbant en dalles de fibres minérales comprimées sur lequel on a placé 5 cm de laine de roche de 80 kg/m^3 , ou avec un plafond absorbant dit « lourd » (bac en tôle perforée renfermant de la laine minérale et fermé à l'arrière par une tôle non perforée ou par une plaque de plâtre). Avec un plafond standard, on peut dépasser un isolement acoustique latéral de 40 dB en réalisant une barrière acoustique dans le plenum au droit de la cloison (voir les indications données plus loin)

(**) La façade et la cloison côté circulation sont des éléments naturellement « filants » : de fait, les cloisons de séparation démontables, qui s'intercalent entre ces deux éléments, ne les traversent pas. Les transmissions latérales par ces éléments sont les plus faibles lorsque la cloison de séparation est montée au droit d'une de leurs ossatures verticales. C'est le cas pour la façade, la cloison ne pouvant être qu'à l'aplomb d'un meneau de menuiserie, et ce n'est pas toujours le cas pour la cloison côté circulation. Il faudrait pour cela que les ossatures verticales des cloisons soient toujours face aux meneaux des façades.

Le tableau précédent peut être considéré comme très complexe, mais il permet de tirer trois enseignements importants :

Il y a une forte interaction des performances des composants qui interviennent dans un résultat d'isolement acoustique

Dès lors qu'un des éléments constitutifs du système se traduit par un isolement acoustique latéral inférieur à l'isolement global recherché, il est certain que le résultat final sera non conforme (voir la case rouge, qui correspond à une impossibilité en raison de la transmission par le plafond)

Quand on recherche un objectif d'isolement donné, que celui-ci soit fixé par une réglementation ou qu'il soit issu des pièces écrites d'un cahier des charges, la valeur de la performance de la paroi de séparation doit être nettement supérieure à la valeur de l'isolement imposé.

Dans ce qui précède, nous avons supposé qu'il n'y avait pas de transmissions parasites par les luminaires en plafond ou par les coffres adossés à l'allège de la façade. Pour que ce soit le cas, il faut prendre un certain nombre de précautions :

- Pour les luminaires encastrés dans un plafond filant, qu'il soit lourd ou léger, sans barrière acoustique en plenum du plafond au droit de la cloison de séparation, il est prudent de choisir un luminaire renforcé à l'arrière par une tôle épaisse et de dispo-

ser sur ce luminaire un matelas de laine minérale (veiller à ne pas recouvrir les orifices de ventilation du luminaire). On pourra négliger cette précaution s'il y a des barrières acoustiques.

- Quant aux coffres entre les ventilo-convecteurs, ceux-ci doivent être soit interrompus à chaque emplacement possible d'une cloison (voir la figure ci-dessous), soit équipés d'un joint souple à ces emplacements (ce joint est à créer s'il n'a pas été prévu à l'origine). Dans cette dernière configuration, on sera souvent amené à créer une barrière acoustique à l'intérieur du coffre.

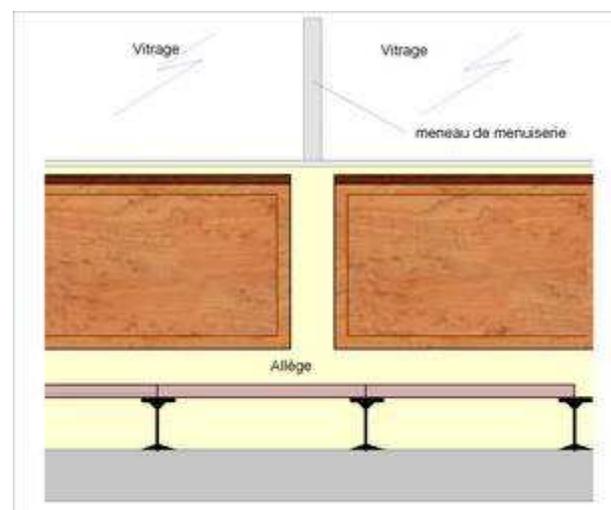


Figure 6.3

6.2.- Les barrières acoustiques dans les plenums des plafonds

Quand sont-elles nécessaires ?

- En cas de plafonds suspendus légers filants d'un local vers le local voisin dès que l'isolement acoustique recherché entre locaux est supérieur à 30 ou 35 dB.
- Même en cas de plafond dit « lourd » dès lors que l'isolement visé est proche de 40 dB.
- Lorsque l'isolement acoustique recherché est supérieur ou égal à 45 dB, il est préférable de ne plus compter sur l'amovibilité de la cloison de séparation : celle-ci sera montée de façon à occuper tout l'espace compris entre les deux planchers.

A moins que les barrières acoustiques ne soient prévues à l'origine à tous les emplacements possibles pour les cloisons de séparation entre locaux futurs (cela se fait dans certaines opérations), la mise en place d'une barrière lors de la réalisation du cloisonnement est souvent très délicate. En effet, le plenum du plafond est souvent encombré de gaines, de canalisations, de chemins de câbles électriques. C'est pourquoi on utilise de préférence des produits relative-

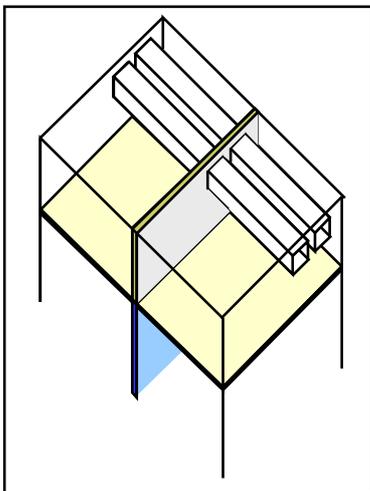


Figure 6.4: Les barrières sont difficiles à réaliser, notamment lorsque des gaines proches l'une de l'autre sont dans le plenum

ment faciles à découper, tels que des panneaux de laine de roche surfacés de part et d'autre par des feuilles d'aluminium, la jonction entre panneaux se faisant par des bandes adhésives en alu. Ces panneaux ont souvent une épaisseur de 80 mm, et, s'ils sont bien mis en place, ils permettent d'augmenter l'isolement latéral d'un plafond standard léger de 10 à 12 dB. Ainsi, on peut obtenir des isollements acoustiques latéraux de l'ordre de 45 dB avec les plafonds légers complétés par des barrières acoustiques efficaces.

La figure 6.4 donne une idée de la difficulté à mettre en œuvre une barrière acoustique, même dans un cas simple où il n'y a que des gaines à contourner. Ces gaines sont souvent proches du plancher supérieur et d'une paroi verticale. Dans la plupart des cas courants, on trouve dans les plenums des plafonds suspendus, des gaines de ventilation, des chemins de câbles, éventuellement des canalisations, des centrales d'airet les suspentes des plafonds suspendus. **Les suspentes de plafonds ne doivent en aucun cas être fixées aux gaines, voire toucher ces gaines**, sous peine de voir la mise en vibration des gaines se transmettre au plafond.

6.3.- Les abouts de cloisons

Dans de nombreux cas, les montants verticaux des menuiseries de façade sont plus étroits que l'épaisseur de la cloison qu'ils devraient recevoir. Il est donc nécessaire de prévoir des pièces de raccordement qui n'anéantissent pas la performance acoustique de la cloison. La largeur de ces abouts de cloison doit être la plus faible possible, car dans le cas de forts isollements acoustiques, il est difficile d'obtenir un indice d'affaiblissement acoustique de l'about proche de celui de la cloison de séparation. Le tableau suivant donne l'indice d'affaiblissement acoustique de l'about à obtenir pour que la performance globale de la cloison avec son about ne soit pas inférieure à 0.5 dB à la performance de la cloison seule.

Tableau 6.2

Largeur de l'about/largeur totale de la cloison, y compris l'about	5 à 6 %	7 à 9 %	10 à 15 %	16 à 29 %
R_A about – R_A cloison	-5 dB	-4 dB	-3 dB	-2 dB

Exemple : La combinaison des performances des différents éléments contribuant à l'isolement acoustique conduit à rechercher un indice d'affaiblissement acoustique de cloison de séparation de 40 dB.

La largeur totale de la cloison est de 4.5 m.

Si l'about de cloison a une largeur de 25 cm, soit 5.5% de la largeur totale, l'indice de l'about pourra être de 35 dB si la partie cloison elle-même a un indice de 40 dB.

Par contre, associé à la même cloison, l'indice de l'about devra être au moins de 36 dB si sa largeur est de 35 cm et de 37 dB si la largeur est de 60 cm.

Ces abouts sont souvent constitués de tôles épaisses collées de part et d'autre d'une laine minérale dense. Ils peuvent également être constitués de vitrages choisis dans la gamme des vitrages acoustiques et de sécurité.

6.4.- Quelques précautions complémentaires de mise en œuvre des cloisons amovibles

Étanchéité, étanchéité, étanchéité... tout est dit... ou presque.

L'étanchéité aux jonctions avec les autres parois est essentielle. Or les ossatures des parois sont au contact avec des éléments du voisinage qui ne sont pas forcément parfaitement aussi plans que ce que montrent les plans. Les montants adossés aux parois latérales sont des espèces de règles qui laissent passer des jours à combler, les lisses hautes et basses sont appliquées sur des parois pas tout à fait planes. Il faut donc rattraper les jeux. Comme les cloisons objet de ce document sont des parois dites amovibles, l'utilisation de mastics souples pour parfaire l'étanchéité n'est pas très recommandée. On aura donc recours à des joints, généralement en mousse, très compressibles, encore faut-il s'as-

surer qu'ils sont comprimés. Si ce n'est pas le cas, il faut les remplacer et augmenter leur épaisseur.

Les montants verticaux des cloisons amovibles sont souvent réglés par des vérins. Si les vérins de tous les montants ne sont pas réglés de façon uniforme, notamment au plafond s'il s'agit d'un plafond suspendu, il se produira des décollements et des jours sources de transmissions parasites.

Les montants verticaux adossés aux cloisons ou aux façades sont souvent des profils en « H » dans lesquels certains fabricants de cloisons pré-collent des mousses souples sensées assurer l'étanchéité entre le montant et la paroi support. Cela donne bonne conscience mais n'est pas toujours efficace ; pour des raisons de maintenance et de pérennité des joints souples, ceux-ci ne débordent pas suffisamment, ou pas du tout, des ailes du profil qui seront contre la paroi latérale. Il faut donc les compléter ou les remplacer afin que la jonction se fasse avec un joint souple comprimé.

La garantie des performances de la cloison ne peut être obtenue que si cette cloison est montée strictement comme celle qui a été mesurée en laboratoire. Or, combien de fois la cloison testée ne comportait pas de plinthe électrique comme celle qu'il est demandé d'intégrer par l'entreprise de pose de cloison. Dès lors que la cloison nominale est modifiée, on ne peut plus garantir sa performance acoustique.

D'où l'intérêt des cellules test à réaliser dans les opérations importantes. Ces cellules sont des cellules techniques pour lesquelles la couleur des papiers peints ou des revêtements de sol importe peu. Elles permettent de confirmer les choix techniques effectués et éventuellement de les modifier avant qu'il ne soit trop tard. Notons que le soin apporté à la réalisation de ces cellules sera ensuite à généraliser sur l'ensemble du chantier. On n'a donc pas intérêt à confirmer des solutions qui nécessitent des précautions trop particulières, sources de perte de temps, et donc qui ne seront pas appliquées.

7.- Fiche « Installateurs d'équipements »

Plomberie, chauffage, climatisation

Toutes ces installations comportent des matériels qui produisent des bruits aériens et des vibrations :

On peut distinguer **les matériels situés au départ des réseaux**, tels que les pompes et surpresseurs, les régulateurs de pression, les chaudières et leur brûleur, les centrales ou les caissons de ventilation... **et les matériels placés en fin de réseaux**, tels que les robinets, les bouches de ventilation et les diffuseurs, les registres de réglage (à éloigner des locaux sensibles), les radiateurs ...

Mais, les réseaux eux-mêmes peuvent générer des vibrations et du bruit notamment dans le cas de vitesses de fluides transportés trop élevées, ou lorsque des pertes de charges localisées sont importantes (coudes droits, diaphragmes ou rétrécissement brutal...).

7.1.- Choix des matériels

Les matériels doivent d'abord être sélectionnés pour permettre d'assurer leurs fonctions principales (débit, pression, température), puis, en fonction des bruits aériens qu'ils produisent (bruits aériens rayonnés par leur enveloppe dans le local où ils sont implantés, bruits introduits dans les réseaux et véhiculés par ceux-ci) et des vibrations qu'ils génèrent (choix des vitesses de rotation des pièces tournantes).

7.2.- Implantation des matériels

On peut distinguer les équipements implantés à l'intérieur de l'immeuble et les équipements implantés à l'extérieur.

7.2.1.- Considérations relatives aux locaux techniques

Les matériels au départ des réseaux situés à l'intérieur du bâtiment sont parfois dans des locaux techniques. Autant que possible, ces locaux ne doivent pas être voisins de locaux à pro-

téger. En effet, la plupart des bruits aériens générés par les matériels de chauffage, climatisation ou plomberie sont à dominante de fréquences graves et il est plus difficile de s'isoler de ces fréquences. Pour illustrer cette difficulté, nous prendrons trois exemples :

Premier exemple : cas d'une chaufferie collective au gaz de 1000 kW, avec brûleurs à air soufflé. Le bruit à l'intérieur d'une telle chaufferie est souvent voisin de 80 dB(A). Si elle est située sous un local dans lequel il est demandé que les équipements ne dépassent pas 30 dB(A), l'isolement acoustique entre la chaufferie et le local à protéger doit être au moins de $80 - 30 = 50$ dB(A). Si le bruit de chaufferie était un bruit rose, une paroi de séparation en béton de 16 cm d'épaisseur conviendrait pour traiter ce problème de bruit aérien. Or la chaufferie crée un bruit à dominante de fréquences graves, très éloigné d'un bruit rose. Quand on fait le calcul de l'épaisseur de béton nécessaire, on trouve qu'il faudrait non pas une paroi de 16 cm, mais plutôt de 30 à 35 cm. Autrement dit, la chaufferie ne doit pas être mitoyenne d'un local à protéger ou alors il faut modifier le mode de production de chaleur et utiliser de préférence des chaudières à brûleurs atmosphériques, beaucoup moins bruyantes (niveau sonore proche de 55 dB(A) au lieu des 80 dB(A) ci-dessus). Dans ce problème nous avons supposé que les transmissions de vibrations produites par la chaudière et véhiculées par les canalisations et leurs suspentes sont traitées correctement.

Deuxième exemple : Cas d'un local technique contenant une centrale d'air alimentant un réseau de ventilation qui dessert notamment un local à protéger voisin dans lequel le bruit de ventilation ne doit pas dépasser 30 dB(A). Comme pour la chaufferie précédente, la centrale de traitement d'air rayonne un bruit à dominante de fréquences graves. Mais elle introduit également une puissance acoustique non négligeable dans le réseau. En considérant qu'il est plus facile de traiter le problème de l'isolement acoustique entre les locaux que le problème de la diminution du bruit véhiculé par le réseau de ventilation, on déterminera les parois nécessaires pour que le bruit qu'elles transmettent dans le local voisin ne dépasse pas un niveau de $30 - 5 = 25$ dB(A). Dans ce cas, si la centrale d'air rayonne un bruit aérien de 70 dB(A), l'isolement

acoustique au bruit rose visé devra être au moins égal à $70 - (30 - 5) + 10$, soit un isolement acoustique de 55 dB(A) qu'on peut obtenir avec des parois lourdes en béton de 20 cm ou en parpaing pleins de 20 cm avec un enduit au moins sur une face et un isolant thermique efficace en acoustique sur l'autre face.

Troisième exemple : Locaux de pompes ou locaux de surpresseurs. Les pompes rayonnent souvent un bruit aérien voisin de 75 dB(A), avec des spectres divers dans lesquels on retrouve des fréquences graves et moyennes. Les compresseurs des locaux surpresseurs sont plus bruyants avec plus de fréquences graves ; environ 80 ou 81 dB(A). Une analyse de 10 cas différents montre que l'écart de l'isolement nécessaire au bruit d'équipement et d'un isolement acoustique au bruit rose est voisin de 5 dB(A), l'isolement au bruit d'équipement étant le plus faible. On pourra souvent utiliser les données de caractéristiques de parois pour un bruit routier à l'émission $R_{A,tr}$ au lieu de la performance au bruit rose $R_{A..}$

7.2.2.- Considérations relatives aux équipements implantés à l'extérieur

Pour les matériels implantés à l'extérieur, le plus souvent en terrasse, il y a des précautions à prendre pour d'une part protéger les locaux du bâtiments et d'autre part protéger l'environnement :

La protection des locaux du bâtiment relève essentiellement du domaine de l'isolation contre les vibrations produites par les matériels eux-mêmes mais aussi par les supports des canalisations et conduites partant des appareils.

La protection de l'environnement relève essentiellement du domaine de la propagation des

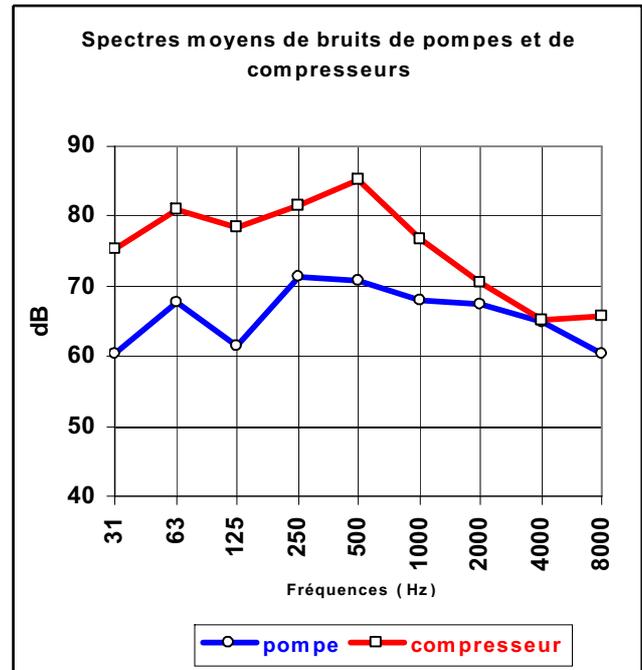


Figure 7.1: Exemple de spectres de bruits de pompe ou compresseur

bruits aériens vers les fenêtres du voisinage. D'où une première précaution qui consiste à choisir le matériel le moins bruyant pour la fonction qu'il doit assurer, et une deuxième précaution relative à son implantation. La figure 7.2 illustre ce deuxième point.

Lorsque le bâtiment supportant l'équipement est entouré de bâtiments à protéger, il faut prévoir très tôt la possibilité de placer des écrans. Mais attention ! Il faut laisser entre l'écran et le matériel un espace suffisant pour que la circulation d'air puisse se faire correctement et pour ne pas contrarier les opérations de maintenance. Il est notamment déconseillé de placer les matériels bruyants trop près des acrotères de la terrasse où ils seront implantés .

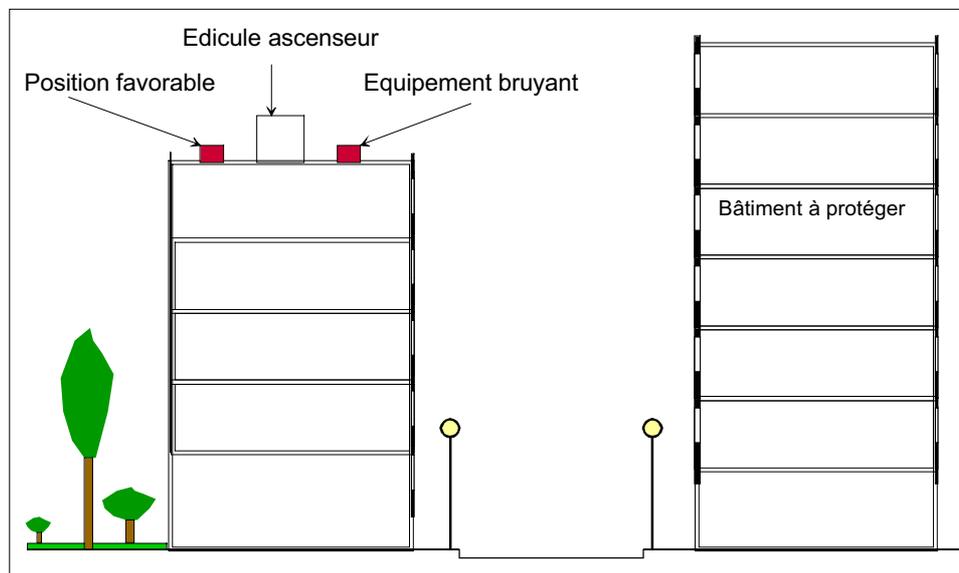


Figure 7.2

7.3.- Principes des traitements anti vibratiles des équipements

Les caissons de ventilation, les pompes, les aéro-réfrigérants ... comportent des éléments tournant dont la vitesse de rotation N est généralement donnée en tours par minute. La fréquence excitatrice de l'élément tournant est alors

$$f_e = N/60.$$

Ces équipements produisent des vibrations, d'où la nécessité de les placer sur des socles anti vibratiles ; **le poids du socle devrait être au moins de 3 fois le poids de l'équipement et la fréquence propre de la suspension au moins deux fois plus faible que la fréquence excitatrice**. Encore faut-il que le plancher support soit lui-même lourd et rigide (on utilise souvent des planchers en béton de 25 cm d'épaisseur)

Par exemple, une pompe qui tourne à 1450 tours par minute a une fréquence excitatrice f_e de 24 Hz. La suspension anti vibratile devra donc avoir une fréquence propre f_0 inférieure à 12 Hz. La fréquence propre dépend de la masse suspendue et de la raideur du produit anti vibratile. Le tableau 7.1 suivant donne des choix possibles de types de plots en fonction des fréquences propres recherchées (les plots utilisables sont marqués par les plages vertes).

Attention !

- ⇒ Une suspension anti vibratile de machine ne s'improvise pas.
- ⇒ Il faut utiliser des produits de caractéristiques connues (notamment leur coefficient d'élasticité)
- ⇒ La machine, étant sur anti vibratile, se déplace. Il faut donc raccorder les réseaux par l'intermédiaire de manchettes souples.

Les manchettes souples empêchent la transmission de vibrations entre l'amont et l'aval de la manchette. Mais la vibration de la machine se transmet au fluide transporté qui remet en vibration un peu plus loin le conduit ou la canalisation. En cas de problème lié à ce phénomène, notamment dans les installations de plomberie, on peut être amené à remettre une nouvelle manchette souple avant la pénétration de la canalisation dans le local à protéger.

Tableau 7.1

Fréquence propre Type de plots	$f_0 \geq 3$ Hz	f_0 entre 6 et 12 Hz	$f_0 > 12$ Hz
Ressorts *			
Mélange de néoprène et de liège **			
néoprène ***			

* La fréquence propre des ressorts dépend directement de leur écrasement sous charge « d » donné en mm :

$$f_0 = \frac{15.8}{\sqrt{d}} \quad (\text{Hz})$$

** Le mélange de particules de néoprène et de particules de liège a pour conséquence un comportement voisin de celui des ressorts, avec cependant une limitation pour les forts écrasements due au produit d'agglomération des deux composants.

*** Les plots en élastomère s'écrasent sous les charges en conservant le même volume que lorsqu'ils sont non chargés. Leur efficacité est donc très dépendante de la forme et des dimensions des plots. Souvent, leur efficacité est améliorée en rainurant les feuilles d'élastomère pour les faire ressembler à des plaques de chocolat, ce qui crée des mini plots.

7.4.- Désolidarisation des canalisations, des gaines ou conduits des parois du bâtiment

On utilise des suspensions ou des colliers équipés d'un matériau souple (mousse plastique, élastomère par exemple).

Aux traversées de parois, les gaines, canalisations ou conduits doivent être entourés d'un manchon souple et étanche.

Les trémies pratiquées dans la maçonnerie en prévision du passage d'une canalisation ou d'un conduit, sont de dimensions plus importantes que l'élément qui traversera la paroi. Il faut veiller à bien reboucher la trémie entre le manchon et la maçonnerie par du béton ou du mortier.

7.5.- Les réseaux sont source de transmissions parasites des bruits aériens entre locaux à isoler

Dans le cas de forts isolements recherchés entre les locaux, on peut être conduit à encoffrer les gaines ou canalisations dans leur parcours dans les locaux concernés. Les encoffrements sont souvent réalisés avec deux plaques de plâtre sur ossature métallique, après avoir placé environ 45 mm de laine minérale entre les éléments d'ossature

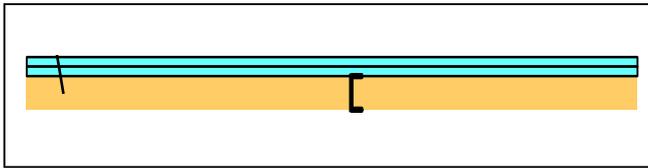


Figure 7.3

Une autre solution consiste à prévoir, dès l'origine, de faire passer les canalisations et conduits dans des gaines techniques dont les parois sont en maçonnerie ou en plaques de plâtre. Là encore un entourage des canalisations ou des conduits par une laine minérale est conseillé. De plus, pour éviter d'avoir à prévoir des parois de gaines techniques trop performantes et difficiles à réaliser, il est prudent de recouper les planchers traversés (rebouchage lourd, par ailleurs demandé par les règlements de sécurité incendie).

Enfin, nous verrons dans les différentes fiches destinées aux installateurs que dans certains cas les problèmes acoustiques peuvent être résolus par l'application de précautions simples de mise en œuvre.

Dans d'autres cas une étude acoustique est nécessaire et l'installateur doit fournir les données utiles permettant de réaliser cette étude.

7.6.- La vitesse d'écoulement des fluides transportés par les réseaux est à maîtriser afin d'éviter la production de bruits dans ces fluides

Qu'il s'agisse de l'air dans les circuits de ventilation ou de l'eau dans les installations de plomberie, les fortes vitesses favorisent les turbulences et la production de bruits et de vibrations, notamment au passage d'accidents tels que des coudes.

7.7.- Les éléments terminaux des installations sont eux-mêmes sources de bruits et de vibrations

C'est le cas en particulier des robinets dans une installation de plomberie et des bouches et diffuseurs d'une installation de ventilation ou de conditionnement d'air.

7.8.- Entretien des matériels

Dans tous les cas, les installations d'équipements doivent être entretenues. A défaut, l'entartrage des canalisations (diminution de sections et augmentation de vitesses), le colmatage des filtres, le grippage des paliers se solderont par l'émission de bruits.

8.- Fiche « plombier »

8.1.- Choix des robinets

Il y a actuellement quatre moyens de choisir les robinets ; les deux premiers en fonction des valeurs des performances mesurées en laboratoire, les deux autres en fonction de leur classification.

Caractéristiques mesurées en laboratoire :

Différence de niveau normalisée D_s (défini dans les normes françaises): valeur minimale en fonction du débit de la différence du niveau L_s obtenu avec un robinet étalon, conçu pour être très bruyant, et du niveau L obtenu avec le robinet testé. Dans cet essai les robinets sont alimentés sous une pression de 3 bars. Les niveaux sont exprimés en dB(A). Plus la valeur du D_s est élevée, plus le robinet est silencieux.

Niveau acoustique L_{ap} en dB(A) (défini dans les normes européennes): $L_{ap} = L_{sr} - D_s$, où L_{sr} est le niveau de pression acoustique de référence produit par le générateur étalon (45 dB(A) à 3 bars). Contrairement au D_s , plus le niveau L_{ap} est faible, plus le robinet est silencieux.

Classification des robinets :

Classement en groupes acoustiques : On distingue les groupes I et II. Le groupe I correspond aux robinets les plus silencieux, ceux dont le D_s est supérieur ou égal à 25 dB(A) ou, ce qui revient au même, ceux dont le L_{ap} est inférieur ou égal à 20 dB(A).

Classement EAU et ECAU :

« E » pour « écoulement » - à cette lettre est associé un indice allant de 1 à 4, en fonction des classes de débits (1 pour les débits les plus faibles et 4 pour les plus forts).

« A » pour « acoustique » - cette lettre est affectée d'un indice allant de 1 à 3, en fonction du D_s du robinet (1 pour les D_s les plus faibles et 3 pour les plus forts).

« U » pour « usure » - l'indice associé à cette lettre va de 1 à 3, suivant le nombre de cycles de manœuvre des éléments mobiles que peut subir le robinet sans dégradation notable (3 pour le plus grand nombre de cycles).

Par exemple, un robinet $E_3A_2U_1$ a un débit d'utilisation compris entre 20 et 25 litres/minute, un D_s compris entre 25 et 30 dB(A) et une usure après un nombre de cycles inférieur à 200 000 pour l'équipage mobile.

En ce qui concerne les performances acoustiques, le tableau 8.1 relie les quatre possibilités de choix évoquées ci-dessus.

8.2.- Influence de la pression d'eau

On peut diminuer le bruit produit par un robinet en diminuant la pression d'alimentation. Cette diminution du bruit peut être supérieure à 5 dB (A) si la pression est divisée par 2. A l'inverse, le bruit augmente de plus de 5 dB(A) lorsque la pression est multipliée par 2. Une pression inférieure ou égale à 3 bars est recommandée. Si la pression délivrée par le réseau est plus forte, on utilise un régulateur de pression.

Mais attention ! un régulateur de pression est lui-même source de bruit et il faut le placer le plus en amont possible (près de la sortie du compteur d'eau).

Tableau 8.1: classification des robinets

D_s	L_{ap}	Groupe acoustique	Niveau de performance acoustique EAU
$15 < D_s < 25$ dB(A)	$20 < L_{ap} < 30$ dB(A)	II	A ₁
$25 < D_s < 30$ dB(A)	$15 < L_{ap} < 20$ dB(A)	I	A ₂
$D_s > 30$ dB(A)	$L_{ap} < 15$ dB(A)		A ₃

8.3.- Désolidarisation des robinets et des canalisations d'alimentation des parois du bâtiment

De plus en plus les raccordements des robinets aux canalisations sont faits à l'aide de tuyaux souples. Dans ce cas, il suffit de fixer les robinets sur les appareils sanitaires qu'ils desservent, à condition que ces appareils soient eux même désolidarisés des parois. Par exemple, les pieds des baignoires sont à mettre sur des supports souples (élastomère de dureté shore 50), les bords des baignoires ne doivent pas être en contact rigide avec les murs et cloisons, le jeu ménagé étant comblé à l'aide d'un plastron, complété par un joint silicone. La désolidarisation des baignoires a également pour avantage de limiter la transmission du bruit de chute d'eau dans l'appareil vers les locaux voisins. Pour diminuer ce bruit de chute d'eau dans la salle de bains elle-même on peut coller des plaques amortissantes sur les parois extérieures d'une baignoire en tôle émaillée.

Nota : En cas de sol flottant, attention de ne pas créer de points durs en traversant la sous-couche.

Les canalisations rigides doivent être désolidarisées des parois ; colliers acoustiques, manchons souples et étanches à la traversée des parois (voir la fiche « éléments communs à la plomberie, le chauffage, la ventilation et le conditionnement d'air »).

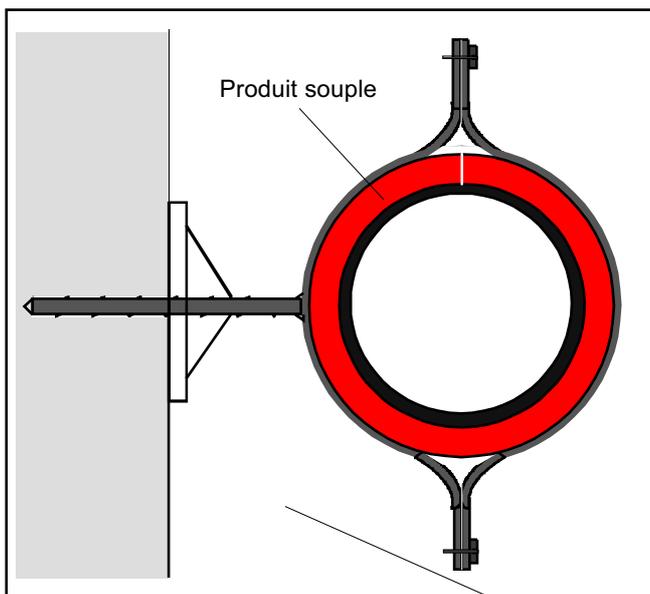


Figure 8.3 : Principe d'un collier acoustique

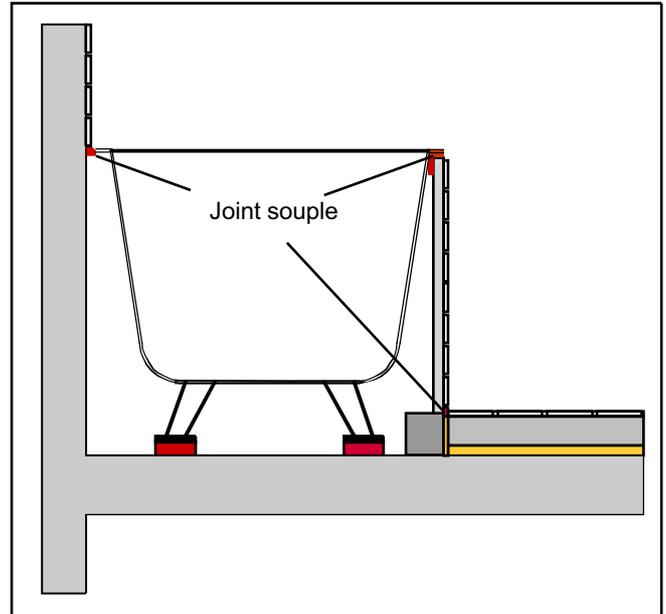


Figure 8.1 : Désolidarisation d'une baignoire

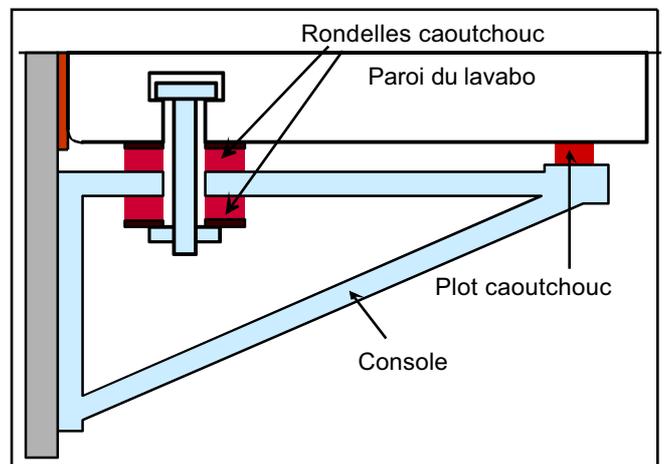


Figure 8.2 : Désolidarisation d'un lavabo

8.4.- Cas des chasses d'eau

Le bruit de chute d'eau dans le réservoir peut être quasiment supprimé en plaçant à la sortie du robinet un tube plongeur, jusqu'au fond de ce réservoir. Le tube doit être équipé en partie haute d'un clapet anti-retour afin d'éviter le siphonage de l'eau vers la canalisation d'alimentation (dès la sortie du robinet, l'eau est considérée comme usée et il est interdit de mélanger l'eau propre et l'eau usée).

Le bruit des robinets de chasse d'eau est d'autant plus fort que le robinet est à faible ouverture. Il existe des systèmes de bacs avec flotteur commandant la fermeture du robinet à placer dans le réservoir de chasse d'eau. Lorsque le niveau d'eau atteint le haut du bac, le flotteur remonte rapidement et ferme le robinet. Ce système a deux avantages, le remplissage du réservoir

voir est plus rapide, le robinet délivrant son débit maximal pendant tout le temps de remplissage, la fermeture du robinet est plus nette, ce qui évite les chuintements constatés lorsque le robinet hésite entre la fermeture et la faible ouverture.

8.5.- Bruits de vidange des appareils sanitaires

Prenons le cas d'un lavabo. Lorsqu'on ouvre la bonde, la vitesse élevée de l'eau entre la bonde et le lavabo entraîne une aspiration d'air par l'orifice du trop plein, ce qui crée un bruit de suction. Le mélange d'air et d'eau ralentit la vitesse, l'aspiration d'air ne se fait plus et le bruit disparaît. La vitesse de l'eau augmente alors à nouveau... En fin de vidange, la partie de la canalisation située après le siphon, pleine d'eau, agit comme un piston qui aspire l'air à travers le siphon. D'où le bouquet final : un bruit intense, qui marque la fin de l'opération de vidange.

Pour limiter ces bruits de vidange, il faudrait que la section du siphon soit de diamètre supérieur à la surface de passage entre la bonde et son clapet, que le diamètre intérieur de la bonde soit supérieur au diamètre de la canalisation d'évacuation vers le siphon. Le raccordement entre le siphon et la colonne de chute devrait être de diamètre supérieur à celui du siphon, avec une pente faible (~ 1%).

8.6.- Bruits et vibrations produits par les pompes et surpresseurs

Voir la fiche 7 traitant d'« éléments communs à la plomberie, le chauffage, la ventilation et le conditionnement d'air ».

8.7.- Coups de bélier

Il s'agit de la création d'une augmentation brusque de la pression qui se propage comme une onde de choc lorsque l'alimentation en eau est coupée brutalement (par exemple par un robinet à tête céramique quart de tour). Ils se produisent d'autant plus facilement que le diamètre des canalisations est faible et que la pression d'eau est forte. Dans ce cas on installe un anti bélier hydropneumatique à membrane installé en tête de colonne, qui encaisse les variations de pression.

8.8.- La ventilation mécanique contrôlée (VMC)

La figure 8.4 récapitule les différentes sources de bruit d'une installation de VMC.

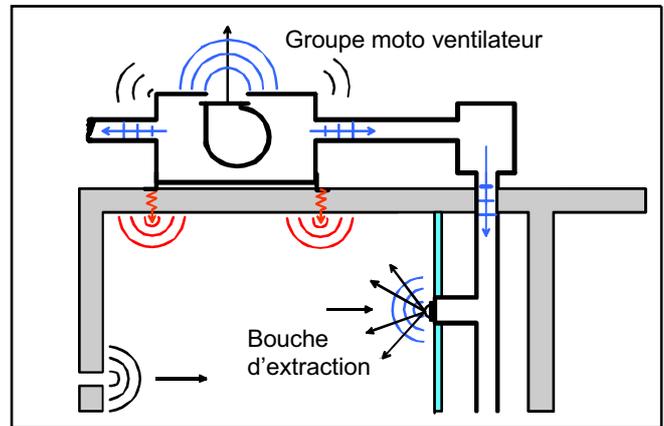


Figure 8.4 : Les différents types de bruits produits par une installation de VMC

Le bruit se propage depuis le ventilateur vers les bouches d'extraction, soit en sens inverse de la circulation d'air. Si ce bruit a un niveau trop élevé, on peut équiper d'un silencieux l'admission d'air dans le caisson (cylindre à noyau absorbant pour ne pas trop augmenter les pertes de charges). Mais attention, avant le silencieux, il faut placer un filtre à graisses qui devra être nettoyé très régulièrement.

Notons que l'évaluation du bruit transmis par les bouches d'extraction, ainsi que celle de la transmission parasite via le réseau de ventilation dans le problème de l'isolement acoustique entre les locaux superposés desservis par la même gaine de VMC sont du ressort d'un bureau d'études acoustiques. La figure 8.5 de la page suivante montre la complexité de ce problème de transmission parasite par interphonie.

En plus du bruit du ventilateur transmis par la bouche d'extraction, il y a le bruit propre de cette bouche, caractérisé par le niveau de puissance acoustique L_w en fonction du débit extrait. Quant au bruit transmis par les bouches par interphonie, il est lié à l'isolement acoustique standardisé D_{ne} mesuré en laboratoire entre deux locaux constitués de telle sorte que le bruit mesuré dans le local de réception est dû essentiellement au trajet bouche du local d'émission vers la bouche du local de réception.

Il arrive que la VMC produise un bruit relativement aigu (chuintement à niveau élevé), lorsque

la jonction de la virole de la bouche d'extraction avec la paroi de la gaine n'est pas très étanche. Dans ce cas, il faut refixer la virole, avec éven-

tuellement l'interposition d'une bague en produit souple.

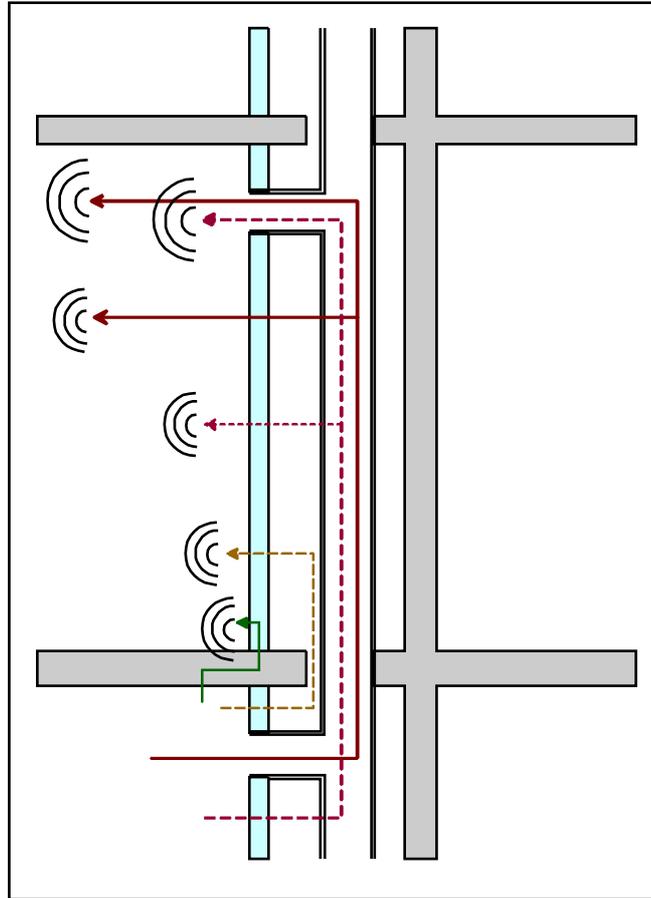


Figure 8.5 : Les transmissions parasites dues à une installation de VMC.

9.- Fiche « chauffagiste »

9.1.- Quelques précautions à prendre relatives aux chaufferies

Le tableau 9.1 donne les principales précautions à prendre pour différents éléments de la chaufferie, en fonction du type de chaufferie. Les cases en couleur correspondent à des cas où une étude acoustique est nécessaire.

[Pour des raisons d'encombrement et de lisibilité, le tableau est présenté à la page suivante]

9.2.- Les chaudières murales au gaz

Les classes de chaudières murales dépendent du principe d'amenée d'air comburant et de l'évacuation des produits de combustion. Nous en citerons deux :

Les chaudières de type B prennent l'air dans le local et évacuent les produits de combustion dans un conduit.

Les chaudières de type C, qui sont souvent appelées chaudières à ventouse ou à circuit étanche

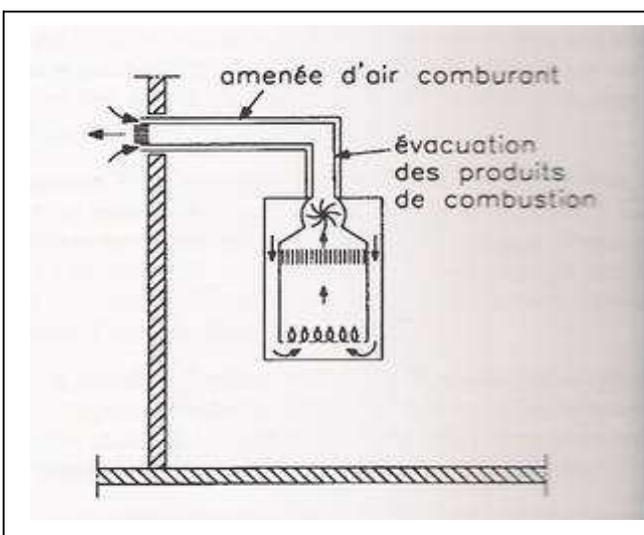


Figure 9.1 : Chaudière de type C

Les bruits produits par les chaudières murales au gaz ont pour origine le brûleur, le ventilateur d'extraction éventuel et la pompe de circulation.

Il peut se produire également un bruit d'ébullition dans l'échangeur, lorsque le débit est trop faible. Le phénomène se produit souvent lorsque la pression dans le circuit de chauffage est inférieure à la pression préconisée par le fabricant du matériel ou quand la température de départ de la chaudière est trop élevée. De même l'entartrage favorise l'apparition de bruit d'ébullition. Si l'eau est trop « dure », il faut la traiter en respectant les recommandations du fabricant de la chaudière.

Les chaudières murales sont caractérisées par leur niveau de puissance acoustique L_w qui permet de déterminer le niveau sonore dans le local dans lequel elles se trouvent. De plus, si on ne désolidarise pas les chaudières et les canalisations des parois du bâtiment, les vibrations qu'elles génèrent se transmettent dans les locaux voisins.

Pour limiter cette transmission, il est conseillé de fixer la chaudière sur un mur lourd par l'intermédiaire de fixations élastiques.

Le raccordement de la chaudière aux canalisations peut se faire à l'aide de flexibles. Cette technique est fortement recommandée si la chaudière est munie de fixations élastiques efficaces, dont la conséquence est la possibilité de légers déplacements de l'appareil.

Pour terminer les opérations de désolidarisation, il faut que les canalisations de chauffage soient fixées aux parois par des colliers dits « acoustiques » et que les traversées de parois soient équipées de manchons souples et étanches.

Pour diminuer le bruit aérien produit dans le local où se trouve une chaudière étanche (de type C), il est envisageable de la placer dans un placard. Une des conditions est de laisser un espace d'environ 10 cm entre les trois faces visibles de la chaudière et les parois du placard.

Note : Tous les éléments donnés dans cette fiche sont développés dans le guide AICVF « le bruit des équipements » (Éditions PYC)

Tableau 9.1 : Précautions à prendre pour différents composants, en fonction du type de chaufferie

Éléments Chaufferies	Ventilations et accès	Conduit de fumée	Pompes	Canalisations
Chaufferie isolée, à air soufflé	Implantés à l'opposé du bâtiment le plus proche, sinon sas ou porte acoustique et silencieux sur les ventilateurs. Étude acoustique	Débouché à plus de 100 m du bâtiment le plus proche, sinon étude acoustique pour définir des silencieux		
Chaufferie contiguë à un bâtiment, brûleur atmosphérique				
Chaufferie contiguë à un bâtiment, brûleur à air soufflé	Implantés à l'opposé du bâtiment le plus proche, sinon sas ou porte acoustique et silencieux sur les ventilateurs. Étude acoustique	Conduit désolidarisé du bâtiment et éventuellement silencieux Étude acoustique	Pompes avec massif anti vibratile et manchettes souples	
Chaufferie sous des locaux à protéger, brûleurs atmosphériques			Pompes avec massif anti vibratile et manchettes souples Chaudières sur massif anti vibratile et manchettes entre les chaudières et les canalisations Étude acoustique	Pas de canalisation fixée sur la paroi de séparation
Chaufferie sous des locaux à protéger, brûleurs à air soufflé		Conduit désolidarisé du bâtiment et éventuellement silencieux Étude acoustique	Pompes avec massif anti vibratile et manchettes souples	
Chaufferie en terrasse, brûleurs atmosphériques	Implantés à l'opposé du bâtiment le plus proche, sinon sas ou porte acoustique et silencieux sur les ventilateurs. Étude acoustique			Pas de canalisation reposant au sol
Chaufferie en terrasse, brûleurs à air soufflé		Débouché à plus de 100 m du bâtiment le plus proche, sinon étude acoustique pour définir des silencieux	Chaufferie flottante, indépendante de la structure Étude acoustique	

9.3.- Nécessité de la purge des circuits de chauffage

Le mélange de microbulles d'air et d'eau produit des bruits parfois insupportables. D'où la mise en place de purgeurs aux points hauts des installations.

Pour que la purge se fasse dans de bonnes conditions, il faut avoir accès à tous les locaux chauffés du dernier niveau, et que les robinets de radiateurs de toute la colonne soient ouverts. Sinon, le processus peut prendre plusieurs jours pendant lesquels des bruits d'écoulement très gênants se produisent.

9.4.- Bruits de dilatation

Ces bruits sont souvent irritants, non pas en raison des niveaux sonores, généralement très faibles, mais à cause de leur rythme et de leur répétition.

Pour les éviter, il est nécessaire de faire la chasse aux points durs sur le circuit de chauffage. Il est indispensable d'utiliser des fourreaux souples et étanches aux traversées de parois (y compris les revêtements de sols durs dans le cas d'une traversée de plancher) et des colliers acoustiques pour la fixation sur les parois. Les colliers ne doivent pas être trop serrés afin de ne pas détruire leur efficacité.

10.- Fiche « climatiseur »

10.1.-Quelques grands principes à respecter

Nécessité d'une étude acoustique :

Les niveaux sonores prévisionnels dans les locaux à protéger doivent avoir fait l'objet d'une étude acoustique. **Cette étude acoustique doit être menée conjointement avec l'étude aérodynamique.** Il en résulte un tracé de réseau, un dimensionnement des gaines pour éviter les vitesses élevées, le contrôle des accidents (coudes, piquages, registres ...) afin de minimiser les pertes de charges localisées trop importantes, un choix de diffuseurs, l'emplacement de silencieux éventuellement nécessaires.... L'étude acoustique comporte un **calcul des atténuations et des régénérations de bruit** dues aux éléments du réseau. En effet, une forte perte de charge aérodynamique entraîne une forte atténuation de la puissance acoustique véhiculée par le réseau, mais également une forte régénération de bruit. C'est ainsi qu'un silencieux à baffles parallèles atténue (c'est son rôle) mais est également une source de bruit. Il faut donc choisir son emplacement le plus en amont possible afin que le bruit régénéré soit nettement inférieur au bruit qu'il y aurait à sa sortie s'il n'y avait pas de régénération. L'étude acoustique doit également déterminer les dispositions à prendre pour limiter la transmission des vibrations produites par les ventilateurs, les tours de refroidissement, les groupes froid, ..., ainsi que les prestations à mettre en œuvre pour diminuer la transmission des bruits aériens rayonnés par ces différents matériels. Le schéma de la figure 10.1 montre

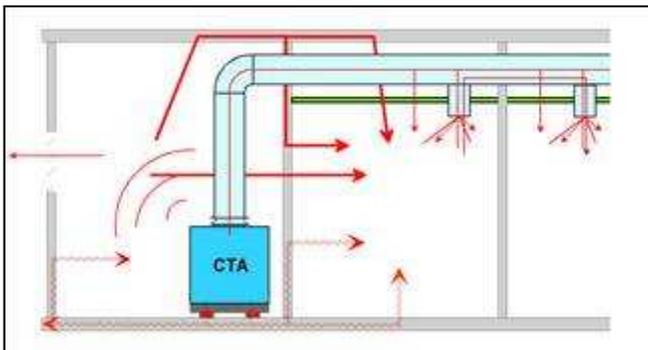


Figure 10.1

qu'il y a un très grand nombre de problèmes acoustiques à considérer lorsqu'un réseau de conditionnement d'air est alimenté par une centrale de traitement d'air située dans un local technique voisin d'un local à protéger.

Il y en a au moins douze :

- Transmission de la vibration de la machine dans le local technique
- Transmission de la vibration de la machine au réseau de gaines
- Transmission de la vibration de la machine au local voisin
- Rayonnement du bruit de la machine dans le local technique
- Transmission du bruit aérien rayonné dans le local technique vers le local voisin (via la paroi de séparation et les parois latérales)
- Transmission du bruit rayonné par la machine vers l'extérieur via la grille d'entrée d'air
- Puissance acoustique fournie à l'entrée du réseau
- Atténuation de la puissance fournie par les éléments du réseau jusqu'au diffuseur
- Régénération de bruit par les mêmes éléments
- Niveau de puissance acoustique du diffuseur
- Niveau rayonné par les gaines et transmis vers le local
- Transmission du bruit du local vers le local voisin par les diffuseurs et le réseau qui les sépare

A cette longue liste, il faut ajouter la transformation du niveau de puissance acoustique au diffuseur en niveau de pression acoustique dans le local, transformation qui dépend notamment de la directivité du diffuseur et des caractéristiques d'absorption du local.

10.2.- Respect des plans de réseaux résultant de l'étude acoustique

Exemple : Dans la figure suivante, la configuration « A » a été prise en compte dans l'étude acoustique. On pourrait être tenté de simplifier le réseau suivant la configuration « B », qui permet d'éliminer deux coudes sur trois. **Avant de modifier, il faut demander l'avis de l'acousticien.** En effet un coude atténue le bruit véhiculé par l'air de 3 dB dans les fréquences aiguës. Trois coudes entraînent une atténuation de 9 dB et il risque de manquer 6 dB d'atténuation.

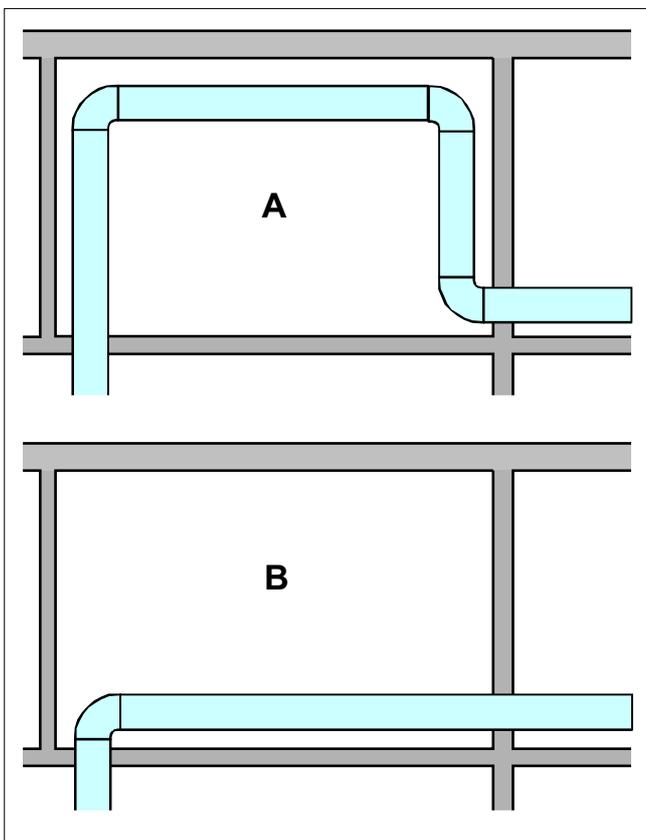


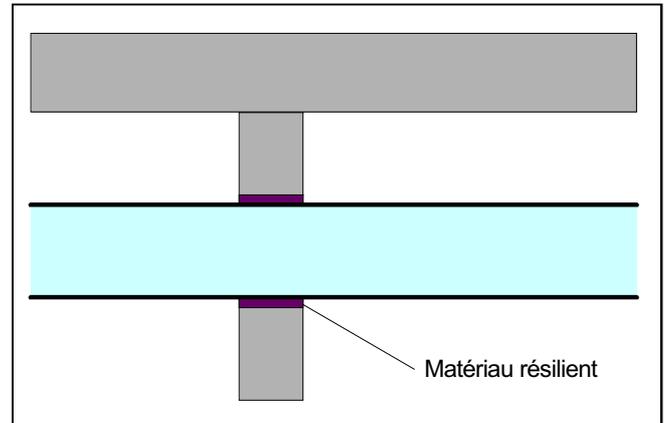
Figure 10.2

10.3.- Qualité des jonctions entre éléments d'un réseau de gaines

Les jonctions des éléments du réseau doivent être étanches pour éviter les fuites d'air et des bruits parasites de chuintements. De même aucune aspérité due notamment à des tôles mal découpées ne doit perturber l'écoulement d'air. Attention, notamment aux rivets « poppés » qui accrochent les graisses et autres particules des fumées.

10.4.- Transmissions parasites

Il y a suffisamment de voies de transmission pour ne pas en rajouter. En particulier la traversée des parois par une gaine doit être étanche.



10.5.- Quelques principes de mise en œuvre à conseiller

On trouvera plus de détails dans les chapitres 16 à 22 du guide AICVF « bruit des équipements »

Les ventilateurs : Un ventilateur est généralement moins bruyant à son point de rendement maximal.

Pour les ventilateurs centrifuges non raccordés à l'admission, les ouïes d'aspiration doivent être à une distance de toute paroi au moins égale à 1.5 fois le diamètre de la roue du ventilateur. La distance entre la sortie de refoulement du ventilateur et le premier accident du réseau (coude, changement de section de gaine..) doit être au moins égale à 2 fois le diamètre de la roue du ventilateur.

Les aéro-réfrigérants : Le côté aspiration, le plus bruyant d'une tour de refroidissement, doit être orienté vers la zone la moins sensible de l'environnement. En cas de besoin il est possible d'équiper de silencieux à baffles parallèles l'aspiration et le refoulement des tours de refroidissement à ventilateurs centrifuges. On pourra également prévoir un ou plusieurs écrans autour de l'appareil, à une distance suffisante pour satisfaire le compromis entre le souhait de placer l'écran le plus près possible de la source de bruit et la nécessité d'assurer une circulation d'air suffisante et de maintenir un espace correct pour les opérations de maintenance de l'appareil.

Les groupes frigorifiques : Les groupes à compresseur alternatif produisent des niveaux

sonores de 85 à 95 dB(A) à 1 m et les niveaux à 1 m atteints par des groupes à compresseurs centrifuge peuvent atteindre 100 dB(A). Il est prudent de les équiper d'un capot acoustique (souvent proposé par le constructeur de l'appareil) et de les désolidariser des parois et du réseau .

Les conduits droits : Le tableau suivant (d'après un guide de l'ASHRAE) donne des indications sur le comportement acoustique de différents types de conduits droits.

Pour les conduits flexibles, il faut éviter les changements brusques de direction qui risquent de coucher les anneaux formant leur ossature les uns sur les autres et de créer des pincements sources de bruits intenses.

Les coudes : Plus la perte de charge aéraulique est forte, plus l'atténuation acoustique est importante et plus la régénération du bruit par le coude est élevée. Un coude droit atténue et régénère plus qu'un coude arrondi.

Tableau 10.1 : comportement acoustique de différents types de conduits droits

Type de conduit	rectangulaire (tôle)	Rectangulaire (tôle isolée à l'intérieur)	Circulaire (tôle)	Circulaire (tôle isolée à l'intérieur)	Fibre minérale seule	flexible circulaire isolé
Résistance au bruit de tôle						
Résistance à la transmission à travers les parois						
Atténuation aux basses fréquence						
Atténuation aux fréquences moyennes						

	Mauvais		Moyen		Bon
--	----------------	--	--------------	--	------------

10.6.-Cas particulier des climatiseurs individuels

Nous prendrons le cas d'un climatiseur bi-blocs qui comporte deux unités, l'une à l'intérieur du local traité et l'autre à l'extérieur (souvent sur les balcons s'il s'agit d'une installations dans un immeuble existant). Le bruit à l'extérieur, qu'il faut maîtriser pour la protection du voisinage est celui d'un compresseur et d'un ventilateur pour les condenseurs à air, et uniquement celui du compresseur pour les condenseurs à eau.

Outre les bruits produits par le compresseur et le ventilateur éventuel, il peut y avoir des bruits de vibration des supports ou de la carcasse de l'unité, des bruits de détente dans le circuit frigorifique et une régénération de bruit aux grilles d'air.

Les constructeurs doivent communiquer les niveaux de puissance acoustique des unités.

Certains fabricants de climatiseurs déclarent que leurs appareils ne sont pas bruyants et donnent un niveau de pression acoustique suffisamment faible pour que le client soit convaincu du peu de risque qu'il prend en choisissant ce produit. Or un niveau de pression acoustique n'est pas utilisable car il dépend de l'emplacement du point de mesure (dans un local ? à l'extérieur ? à quelle distance de l'appareil ?) et des caractéristiques des locaux dans lesquels les mesures ont été effectuées.

Les puissances acoustiques des climatiseurs sont plus élevées dans les fréquences graves ou moyennes et relativement faibles dans les fréquences aiguës. Pour les unités intérieures elles sont souvent comprises entre 49 et 59 dB(A), et

entre 55 et 75 dB(A) pour les unités extérieures.

Quant aux précautions de mise en œuvre, elles consistent :

- à réaliser des fixations souples entre le circuit frigorigène et son support
- à utiliser des manchettes souples au raccordement des conduites d'eau
- à placer l'unité extérieure sur anti vibratile
- à désolidariser les unités intérieures de leur support

Enfin rappelons que la protection du voisinage ne s'improvise pas.

Les caractéristiques d'émission, notamment des unités extérieures, font partie des données nécessaires à l'étude du bruit produit dans l'environnement. Cette étude conclut parfois que le voisinage ne pourra être suffisamment protégé que moyennant la mise en place d'écrans.

11.- Fiche « menuisier d'extérieur »

11.1.- Préambule

L'isolation acoustique d'une façade vis-à-vis du bruit de circulation routière, ferroviaire ou aérienne (avions) dépend des performances de tous les éléments composant la façade ; parois opaques, fenêtre ou porte, entrée d'air, coffre de volets roulants, y compris les calfeutrements entre ces différents éléments.

L'isolation acoustique vis-à-vis de bruits extérieurs dépend aussi de la nature des parois intérieures liées à la façade et des dimensions du local de réception.

Pour cette isolation il y a une transmission acoustique directe par la façade, des transmissions latérales par les parois liées à la façade et des transmissions parasites quasiment obligatoires qu'il faut maîtriser (entrées d'air, coffres de volets roulants..)

Le renforcement acoustique d'une façade s'accompagne, le plus souvent, d'une amélioration de l'isolation thermique ce qui entraîne des économies d'énergie.

De même, un renforcement de l'isolation thermique de la façade qui comprend notamment le remplacement de fenêtres peu étanches équipées de vitrages simples par des fenêtres étanches avec des vitrages doubles a pour conséquence une amélioration de l'isolation acoustique. Le gain acoustique constaté est souvent supérieur à 5 dB. Cela peut entraîner un nouveau problème acoustique ; les bruits intérieurs à l'immeuble, en provenance des locaux voisins sont moins bien masqués par les bruits venant de l'extérieur et sont plus facilement perçus et peuvent s'avérer gênants.... d'où plainte de bruit de voisinage.

Qu'il s'agisse de renforcement acoustique ou thermique, les nouvelles fenêtres utilisées sont étanches à l'air. Encore faut-il assurer l'aération des locaux, d'où la mise en place d'entrées d'air dont les caractéristiques sont connues, ce qui permet mieux de maîtriser les transmissions parasites qui en découlent. Dans tous les cas, s'il y a une aération nécessaire au fonctionnement d'appareils de combustion, il faut la conserver.

11.2.- Le diagnostic de la façade avant travaux

- Y a-t-il des fissures ?
- Les joints de maçonnerie sont-ils en bon état ?
- Quel est le rôle des grilles ou bouches d'aération existantes ?

S'il y a des fissures ou des joints entre éléments défectueux, il faut les colmater. Les grilles ou bouches d'aération seront à remplacer par des éléments de performances acoustiques connues.

En cas de fenêtres de toit à remplacer, il faut déterminer si la toiture peut supporter un poids plus important que celui de la fenêtre existante. Les fenêtres de toit efficaces en acoustique et en thermique sont en effet généralement plus lourdes que les éléments à remplacer.

11.3.- Évaluation des besoins

Voir l'encart de la page suivante « évaluation des isolements acoustiques de façades souhaitables ».

Dans ce qui suit nous examinerons les dispositions à prendre pour des isolements acoustiques au bruit de trafic de 30 et de 35 dB.

Une façade ancienne équipée de fenêtres traditionnelles permet un isolement acoustique vis-à-vis des bruits routiers de l'ordre de 23 à 25 dB. Une amélioration de 5 dB est généralement bien appréciée par les occupants, une amélioration de 10 dB est encore mieux ressentie et peu être considérée comme « spectaculaire ». Mais attention c'est là qu'il y a un risque de découvrir qu'on entend plus les voisins qui, pourtant font les mêmes bruits qu'avant, avec une circonstance aggravante ; les voitures qui passaient dans la rue étaient anonymes, les voisins, eux, sont identifiés.

Évaluation des isolements acoustiques souhaitables :

Rappelons qu'il n'y a pas de réglementation applicable aux immeubles existants, hormis celle qui était en vigueur lorsque l'immeuble a été construit (arrêtés du 6 octobre 1978 et du 30 mai 1996)

Quelques points de repère relatifs aux niveaux de bruit de trafic à l'extérieur dans une rue en « U » (bâtiments de part et d'autre de la voie routière), la vitesse étant limitée à 50 km/h.

Nombre de véhicules par minutes	Niveau de bruit de trafic en dB(A)
Moins de 1.5 véhicules	≤ 60 dB(A)
1.5 à 4 véhicules	entre 60 et 65 dB(A)
4 à 8 véhicules	entre 65 et 70 dB(A)

Les grands axes urbains peuvent générer des niveaux entre 70 et 80 dB(A). Mais dans ces cas, il est souhaitable de confier une étude à un acousticien.

Les niveaux de bruits généralement tolérés à l'intérieur des logements :

Les niveaux moyens vont de 30 à 35 dB(A) (30 dans une chambre à coucher, 35 dans un séjour). Notons toutefois que les niveaux tolérés pour uniquement les bruits de trafic routier peuvent être plus faibles, notamment lorsque les ambiances en l'absence de trafic sont particulièrement calmes. Notons également que les niveaux de bruits de trafics indiqués ci-dessus sont des niveaux continus équivalents, souvent très inférieurs aux niveaux maximum constatés.

La confrontation des niveaux émis à l'extérieur et des niveaux moyens tolérés à l'intérieur conduit, dans de nombreux cas à rechercher des isolements acoustiques de façade de 30 à 35 dB.

11.4.- Choix des fenêtres, des entrées d'air et des coffres de volets roulants

Le tableau 11.1 donne quelques indications sur les performances minimales des divers éléments qui permettent d'atteindre des isolements acoustiques aux bruits de trafic routier de 30 ou 35 dB.

Les fenêtres sont caractérisées par leur indice d'affaiblissement acoustique $R_{A, tr}$. Les entrées d'air et les coffres de volets roulants sont caractérisés par leur isolement normalisé, mesuré en laboratoire $D_{ne, A, tr}$.

Ce tableau est utilisable dans le cas où la profondeur de la pièce (dimension perpendiculaire à la façade) est de 3.2 m et dans le cas où la surface de fenêtre ne dépasse pas les deux tiers de la surface de la façade.

Tableau 11.1

Nature de l'élément	Performance pour un isolement au bruit de trafic de 30 dB	Performance pour un isolement au bruit de trafic de 35 dB
Façade hors menuiserie (parties opaques)	$R_{A, tr} > 40$ dB Paroi de masse surfacique supérieure ou égale à 200 kg/m ² , sans doublage thermique défavorable	$R_{A, tr} > 45$ dB Paroi de masse surfacique supérieure ou égale à 280 kg/m ² , sans doublage thermique défavorable
Fenêtre ou porte fenêtre	$R_{A, tr} > 28$ dB ⁽¹⁾	$R_{A, tr} > 33$ dB ⁽¹⁾
Entrées d'air et coffre de volets ⁽²⁾	D_{ne} global > 36 dB ⁽³⁾	D_{ne} global > 41 dB ⁽³⁾

(1) Ces performances limites peuvent être modifiées en fonction de la profondeur du local de réception en appliquant les termes correctifs donnés dans le tableau 11.2

(2) L'isolement acoustique normalisé global est celui qui correspond à l'ensemble des bouches d'entrée d'air et coffres de volets.

(3) Cette limite peut être modifiée en fonction du volume du local de réception en lui appliquant les termes correctifs donnés dans le tableau 11.3

Termes correctifs à utiliser lors de l'application des règles données dans le tableau 11.1

Tableau 11.2 : Correction due à la profondeur du local (renvoi (1) du tableau 11.1)

Profondeur du local (m)	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Terme correctif (dB)	+2	+1	0	0	-1	-1.5	-2

S'il n'y a qu'une seule entrée d'air et pas de coffre, l'isolement normalisé de l'entrée d'air doit être au moins égal à la valeur indiquée dans le tableau 11.1.

S'il n'y a pas de coffre, mais deux entrées d'air, chacune d'elle devra avoir un isolement normalisé supérieure de 3 dB à la valeur indiquée. L'écart est de 5 dB s'il y a trois entrées d'air sans coffre.

On trouve relativement facilement des coffres de volets dotés d'une performance de 45 dB. Dans ce cas la performance limite globale pour l'ensemble coffre+entrées d'air est reportée uniquement sur les entrées d'air.

Tableau 11.3 : Correction due au volume du local (renvoi (3) du tableau 11.1)

Volume du local (m ³)	20	25	30	35	40	45	50
Terme correctif (dB)	+2	+1	0	0	-1	-1.5	-2

Exemple d'application :

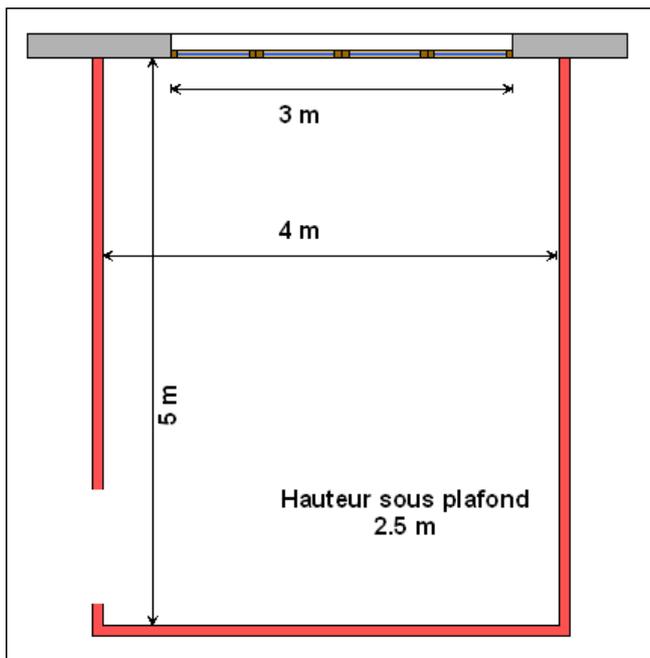


Figure 11-1

L'isolement de façade recherché est de 30 dB.

Le local de réception a une **profondeur de 5 m**, une hauteur sous plafond de 2.5 m et une longueur de 4 m. **Son volume est donc de 50 m³**.

La façade comporte une fenêtre de 3 x 1.5 m équipée de 2 entrées d'air en menuiserie et d'un coffre de volets.

La fenêtre a une surface totale de 4.5 m², dans une façade de 10 m² (4*2.5), soit moins de 50% de la façade. Le tableau des performances des éléments s'applique donc.

Performance minimale de la fenêtre :

$R_{A,tr} > 28 - 2 = 26$ dB (voir la dernière colonne du tableau 11.2)

Performance globale des entrées d'air et du coffre de volets : D_{ne} global $> 36 - 2 = 34$ dB (utilisation du tableau 11.3)

Si le coffre de volets correspond à un isolement acoustique de 41 dB, il faut que les entrées d'air aient un isolement global de 35 dB (voir la figure 11.2), soit 38 dB pour chacune d'entre elles (voir la figure 11.3).

S'il avait été recherché un isolement de façade de 35 dB, la fenêtre aurait dû avoir un indice d'affaiblissement acoustique au bruit routier de 31 dB (33 - 2 en raison de la profondeur du local) et l'ensemble « entrées d'air + coffre » un isolement normalisé de 39 dB (41 - 2 en raison du volume du local). La performance de chacune des entrées d'air devrait être au moins de 44 dB, si le coffre de volets a un isolement de 41 dB, comme ci-dessus. Dans ce cas, il y a trois solutions :

- ou bien, on réalise des entrées d'air en maçonnerie,
- ou bien on améliore le coffre de volets pour diminuer la contrainte sur les entrées d'air de façon à pouvoir conserver des éléments en menuiserie. Dans cette dernière hypothèse, avec un coffre doté d'un isolement de 50 dB, les entrées d'air devront avoir un isolement au moins égal à 42.3 dB, arrondi à 42 dB.
- ou bien on place les entrées d'air sur le coffre en vérifiant que l'ensemble peut avoir un isolement acoustique de 39 dB

Détermination d'un isolement acoustique composant D_2 , connaissant l'isolement global D et l'autre isolement composant D_1

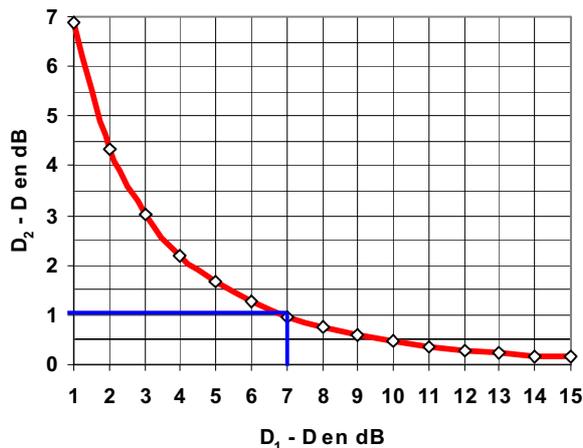


Figure 11.2

Exemple 1 :

$$D = 34 \text{ dB}, D_1 = 41 \text{ dB}$$

d'où $D_1 - D = 7 \text{ dB}$ et $D_2 - D = 1 \text{ dB}$, ce qui conduit à $D_2 = 35 \text{ dB}$

Exemple 2 :

$$D = 39 \text{ dB}, D_1 = 41 \text{ dB}$$

d'où $D_1 - D = 3 \text{ dB}$ et $D_2 - D = 3 \text{ dB}$, ce qui conduit à $D_2 = 41 \text{ dB}$

Détermination de l'isolement acoustique global D , connaissant les deux isolements composants D_1 et D_2

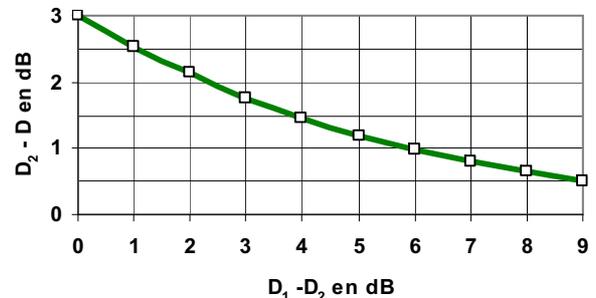


Figure 11.3

Exemple :

l'isolement D est dû à deux éléments identiques,

$$D_1 - D_2 = 0 \text{ d'où } D_2 - D = 3$$

Si $D = 35 \text{ dB}$ il faut donc que D_1 et D_2 soient au moins de $35 + 3 = 38 \text{ dB}$

Si $D = 41 \text{ dB}$ il faut donc que D_1 et D_2 soient au moins de $41 + 3 = 44 \text{ dB}$

11.5.- Précautions à prendre pour la pose des fenêtres

11.5.1.- Pose après la dépose complète de la menuiserie existante, y compris le dormant

Préparation :

Examen attentif de la maçonnerie d'accueil et détermination des interventions préalables à effectuer par le maçon sur le gros œuvre afin

- de garantir les cotes de la baie,
- la planéité et la qualité des plans d'appuis qui recevront le calfeutrement
- la tenue mécanique des accessoires de fixation du nouveau dormant.

Mise en œuvre :

- Calage du dormant de la menuiserie et vérification des aplombs, des diagonales, et des niveaux
- Pose des accessoires de fixation au droit des paumelles et des points de condamnation avec un espacement maximum de 80 cm entre deux fixations (cas des panneaux fixes et des allèges sans paumelles)
- Calfeutrement : ou bien à sec (fond de joint en continuité, injection du mastic à la pompe, au refus, serré et lissé), ou bien humide (remplissage au mortier, en exécutant le bourrage en montant). Les calfeuttements par expansion de mousses plastiques sont à proscrire

Note : Un calfeutrement humide n'est pas recommandé pour les menuiseries métalliques

11.5.2.- Pose sur dormant conservé

Préparation :

- Vérification de l'état de conservation des dormants
- Délignage de la partie basse
- Mise en place des fourrures destinées à recevoir l'appui de la nouvelle fenêtre
- Calfeutrement entre le dormant existant et la maçonnerie, aussi bien côté extérieur qu'intérieur
- Obturation des orifices de drainage existants à l'aide d'un mastic

Mise en œuvre :

- Mise en place de la nouvelle fenêtre sans dissocier les ouvrants des dormants, calage par tasseau en partie basse, vérification des aplombs, des diagonales et des niveaux
- Fixation
- Calfeutrement

Les dispositions concernant la mise en place d'un coffre de volet roulant seront de même nature : calfeutrement et liaison avec la traverse haute de la fenêtre et avec le linteau renforcée à l'aide d'un profil d'habillage.

Attention ! Le nouveau dormant doit permettre d'assurer la ventilation permanente du dormant existant conservé.

11.6.- Amélioration d'un coffre de volet roulant existant

Les coffres existants sont souvent très peu performants. Ils sont généralement constitués de panneaux de particules ou de contreplaqués minces et parfois tapissés à l'intérieur d'une fine couche de polystyrène expansé.

Pour les renforcer :

- Supprimer l'isolant thermique éventuel en mousse plastique
- revêtir les parois intérieures d'une laine minérale (laine de roche de 80 kg/m^3) d'épaisseur maximale compatible avec la place disponible lorsque le volet est enroulé. Cela permet d'obtenir un effet de « sas absorbant » entre l'extérieur et l'intérieur
- Renforcer éventuellement les parois côté intérieur par un panneau de médium épais.

On pourra ainsi gagner une bonne dizaine de dB par rapport au coffre existant.

De même l'utilisation des coffres pour y placer les entrées d'air est intéressante, surtout lorsque le coffre est tapissé à l'intérieur de laine minérale.

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.

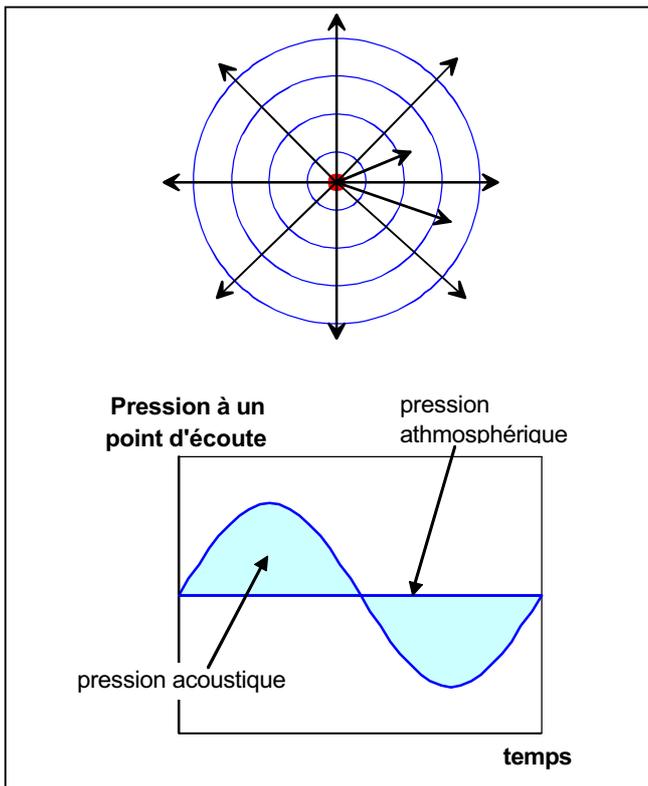


Figure A1 : La source crée des ondes de pression et de dépression qui se propagent à vitesse constante.

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).

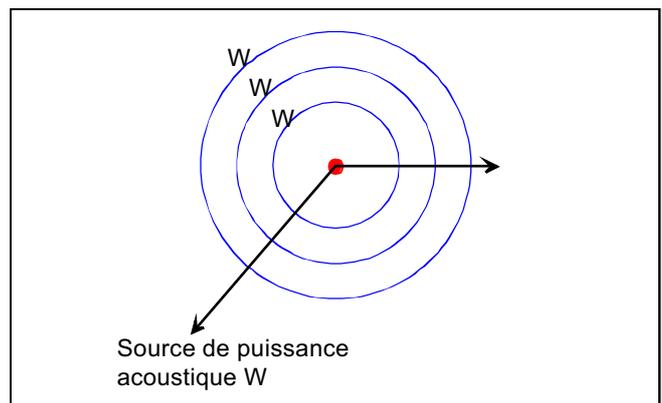


Figure A2 : La puissance acoustique de la source se répartit sur des ondes sphériques de rayon r

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 intéresse, 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 ($p_0 = 2 * 10^{-5}$ 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, $I_1 = I_2$

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

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

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).

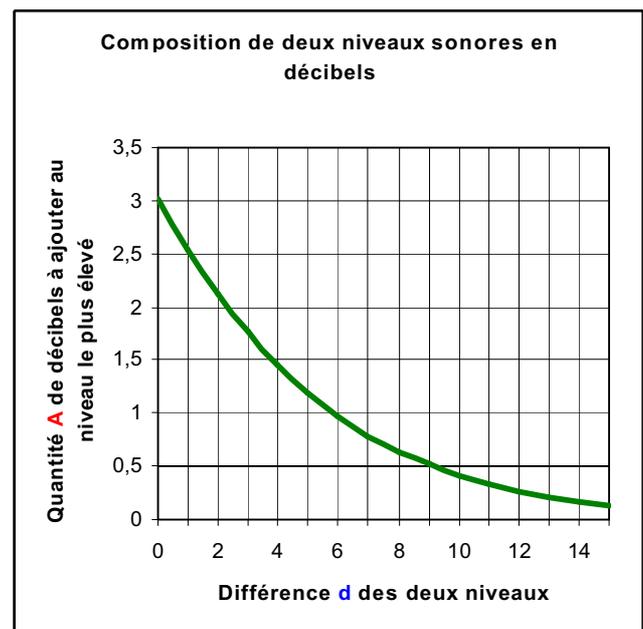


Figure A3 : Addition de deux niveaux sonores : quantité **A** de décibels à ajouter au niveau le plus élevé, connaissant la différence arithmétique **d** des deux niveaux

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.

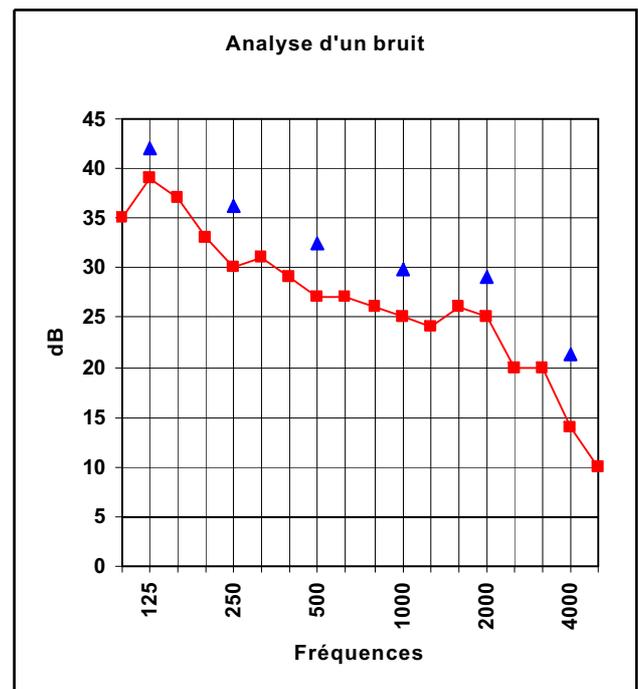


Figure A4 : Analyse d'un même bruit de ventilation, en **octaves** et en **tiers d'octave**

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).

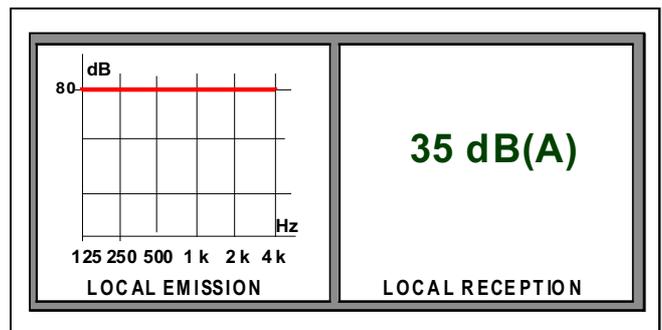
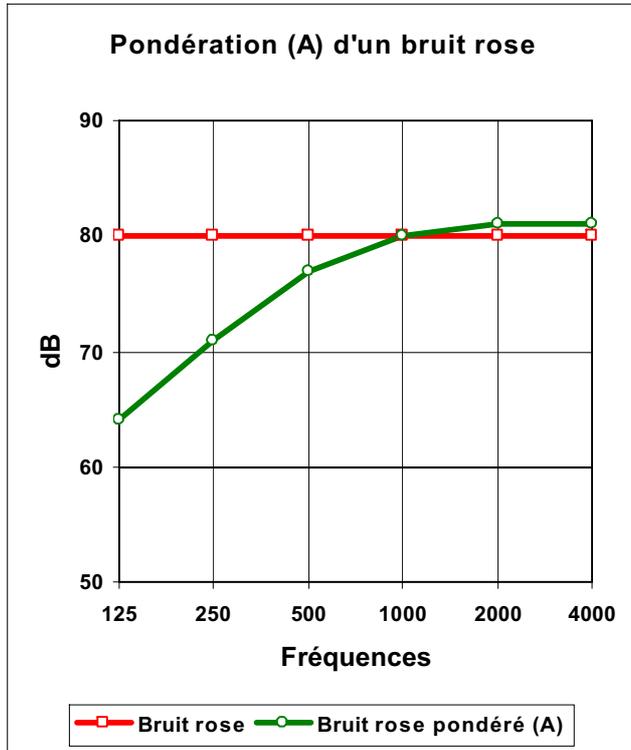


Figure A7: principe de l'exigence réglementaire utilisée jusqu'en 1994.

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)**.

A2.- Les domaines de l'acoustique du bâtiment

Bruits aériens et bruits solidiens :

Les bruits aériens sont ceux qui sont produits et se propagent dans l'air (parole, radio ...), par opposition aux bruits dits solidiens qui, eux sont dus à une énergie communiquée directement à une paroi (bruits de chocs, vibrations dues à des équipements...)

A2.1.- Réflexion, absorption et transmission des bruits aériens par une paroi

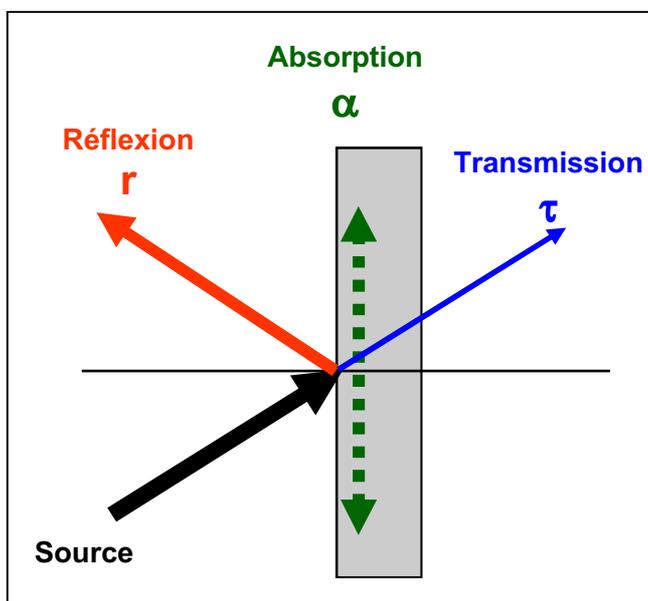


Figure A9 : L'énergie envoyée par la source sur la paroi est en partie réfléchiée sur l'obstacle, et en partie absorbée et transmise par la paroi

Lorsqu'une onde acoustique rencontre une paroi (figure A9),

- il y a **une réflexion** d'une partie de l'énergie acoustique sur l'obstacle ; les molécules d'air, très légères sont renvoyées par le mur beaucoup plus lourd.
- Il y a **absorption** d'une partie de l'énergie par l'obstacle ; le mur, sollicité par des ondes arrivant avec de nombreuses incidences, se déforme et les pertes internes dans le matériau qui le constitue se traduisent par une consommation d'énergie sous forme de chaleur.
- Il y a **transmission** d'une part de l'énergie vers le milieu situé de l'autre côté par rapport à la source ; bien qu'il soit lourd et sollicité par une

énergie très faible le mur « accuse le coup » et est déplacé vers la droite lorsque qu'une onde de pression le heurte et il est rappelé vers la gauche par la dépression suivante. Plus l'obstacle est lourd plus il est difficile de le mettre en mouvement et plus la vitesse de déplacement est faible.

Toute paroi est caractérisée par trois coefficients :

Le coefficient ou facteur de réflexion r : rapport de l'énergie réfléchiée à l'énergie incidente.

Le coefficient ou facteur d'absorption alpha : rapport de l'énergie absorbée à l'énergie incidente.

Le coefficient ou facteur de transmission tau : rapport de l'énergie transmise à l'énergie incidente.

La somme de ces trois facteurs est égale à 1. Cela signifie que l'énergie incidente se transforme en trois énergies distinctes.

$$r + \alpha + \tau = 1$$

Par contre, dans la plupart des cas, le facteur de transmission tau est négligeable devant les deux autres.

Quand on augmente le coefficient d'absorption, le coefficient de réflexion diminue dans les mêmes proportions.

Bien que le coefficient de transmission soit très petit, il peut avoir des conséquences très importantes. La très faible quantité d'énergie qui traverse la paroi peut néanmoins produire dans le local réception des émergences importantes et gênantes du bruit transmis sur le bruit ambiant.

Supposons qu'une paroi permette, grâce à son coefficient de transmission, d'arrêter 30 dB (ce qui n'est pas beaucoup) et que le niveau sonore du côté de la source (milieu « émission ») soit de 80 dB, le niveau sonore de l'autre côté de la paroi (milieu « réception ») sera égal à 80 - 30, soit 50 dB. Dans ce cas, le coefficient de transmission n'est que de 0.001, ce qui est négligeable devant 1, valeur de la somme des trois coefficients ci-dessus. Si d'autre part le niveau de

bruit ambiant dans le milieu réception, appelé officiellement « niveau de bruit résiduel », obtenu lorsque la source est arrêtée, est de 30 dB, l'occupant du milieu réception sera très gêné par cette « émergence » de 20 dB (on ne tolère généralement que 3 à 5 dB d'émergence).

Ce schéma de principe d'une paroi faisant obstacle à la propagation d'un bruit permet de dégager les grands problèmes de bruits aériens qu'il y a à traiter en acoustique du bâtiment.

A2.2.- Insonorisation – Correction acoustique – Isolation acoustique

Tout d'abord examinons ce qui se passe du côté de l'obstacle contenant la source. Considérons un point d'observation P (figure A10).

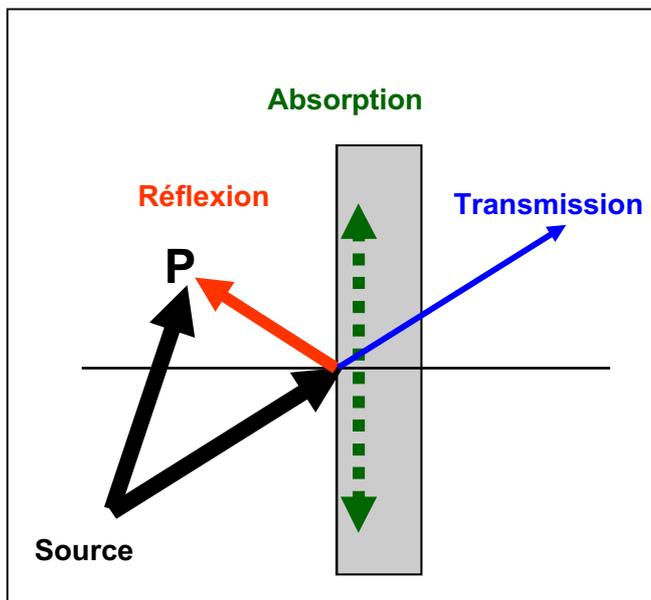


Figure A10 : Côté source, l'énergie envoyée directement par cette source vers un point d'écoute est renforcée par l'énergie réfléchie par la paroi.

En ce point P on est sollicité par l'énergie qui arrive directement de la source (énergie directe) et par l'énergie réfléchie par la paroi (énergie réverbérée). Ainsi, le niveau sonore au point P est plus fort que celui qu'il y aurait s'il n'y avait pas d'obstacle. C'est d'ailleurs une constatation générale. Dès qu'on enferme une source dans un local, ou dès qu'on réalise un capotage autour d'une source, on augmente le niveau sonore dans l'enceinte par rapport à ce qu'il aurait été si la source avait été en champ libre, avec des ondes acoustiques se propageant sans contraintes.

Ou bien on veut bien entendre la source de bruit, ce qui est le cas dans les salles de concert, les salles de classes, dans les pièces où on écoute une chaîne HI FI. Dans ce cas, il faut doser les réflexions et les absorptions des parois afin que l'écoute soit la meilleure possible. On réalise ainsi la **correction de l'ambiance acoustique du local**.

Ou bien on veut entendre le moins possible la source de bruit, ce qui est le cas des ateliers, des locaux techniques, des bureaux dits paysagers ... On peut alors augmenter l'efficacité et la surface des matériaux absorbants, afin de diminuer les réflexions sur les parois du local et de se rapprocher des conditions d'écoute en champ libre. On réalise ainsi l'**insonorisation du local**.

D'ores et déjà on peut constater que pour une source de bruit donnée, le traitement acoustique des parois ne permettra jamais de diminuer le bruit produit par cette source à une certaine distance de celle-ci en dessous du niveau sonore qu'il y aurait à la même distance en champ libre (sans les parois qui constituent des obstacles). Par un traitement absorbant parfait, on supprime le champ réverbéré par les parois, mais on ne modifie pas le champ libre.

En ce qui concerne le local, ou plus généralement le milieu situé de l'autre côté de l'obstacle par rapport à la source (milieu réception), le problème est celui de la diminution du coefficient de transmission. Il s'agit de réaliser l'**isolation acoustique du local** ou du milieu réception par rapport au local ou au milieu émission.

Il ne faut pas confondre les techniques d'isolation et celles de l'insonorisation ou de la correction acoustique d'un local.

Le fait de placer un matériau plus absorbant sur la paroi de séparation diminue la part d'énergie réfléchie par la paroi, mais ne modifie quasiment pas le facteur de transmission de cette paroi.

On peut constater une légère diminution du niveau de bruit dans le local émission, ce qui se traduira par une légère diminution du niveau de bruit dans le local réception. Par contre la différence « niveau émis moins niveau reçu » reste la même.

De plus, si on veut intervenir dans le local réception en l'équipant de revêtements absorbants, on fait une dépense inutile. En effet, ce qui gêne l'occupant du local réception c'est l'émergence du bruit perçu en provenance du local émission sur le niveau de bruit ambiant qui existe lorsque la source de bruit à isoler est arrêtée. Augmenter l'absorption à la réception permet certes de diminuer le bruit perturbateur de quelques décibels, mais a pour effet également de diminuer d'au-

tant le niveau de bruit ambiant. L'émergence, elle, reste la même et le problème de gêne n'est pas résolu.

A2.3.- Bruits « solidiens »

Les bruits solidiens dus à des chocs sur des parois (marche, déplacement ou chute d'objets...) ou à des vibrations de machines ou canalisations communiquées directement à des parois, se propagent à grande vitesse dans les matériaux de construction. Ils se transmettent à tous les murs, planchers ou cloisons liés à la paroi excitée par la source. Toutes les parois qui véhiculent l'énergie des chocs ou vibrations rayonnent alors des bruits aériens dans les locaux traversés.

Pour les bruits de chocs deux principes de solutions peuvent être appliqués pour atténuer leur transmission vers les locaux à protéger :

Ou bien, on amortit le choc à la source en équipant la paroi sollicitée d'un revêtement souple : Par exemple on équipe les planchers d'un revêtement de sol mince et souple tel qu'une moquette ou un matériau plastique sur sous couche résiliente.

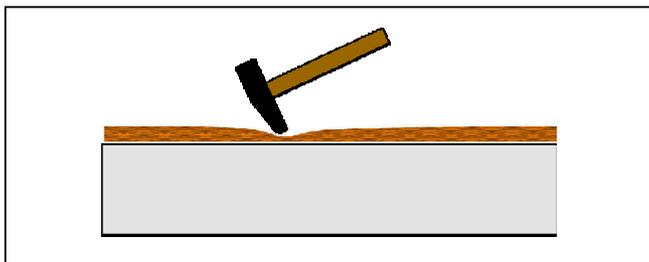


Figure A11: Amortissement des chocs par un revêtement souple.

Ou bien, on crée une coupure sur le trajet de l'énergie due au choc en réalisant des sols flottants sur sous couche résiliente (chapes flottantes, parquets ou carrelages flottants)

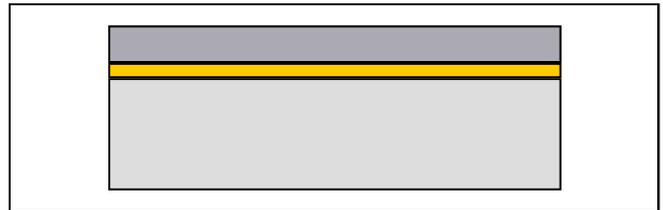


Figure A12 : Principe de la diminution de la transmission des bruits de chocs par un sol flottant.

Notons que l'énergie communiquée à une paroi par un choc est nettement supérieure à celle qui heurte les parois dans le problème de l'isolation acoustique aux bruits aériens entre locaux. Les techniques d'isolation aux bruits aériens sont, le plus souvent, peu efficaces pour diminuer les bruits dus aux chocs.

Pour les vibrations, on peut limiter leur production par un bon équilibrage des parties tournantes des équipements, par une suspension antivibratile des machines, par des colliers souples de canalisations...

Les murs planchers ou cloisons parcourus par une énergie résultant de chocs ou de vibrations émettent à leur tour des bruits aériens dans les locaux dont ils constituent l'enveloppe. Ces bruits aériens se comportent alors comme s'ils avaient été générés par une source sonore qui serait située dans le local même. Suivant les caractéristique de la pièce, ils sont plus ou moins atténués. Il est donc utile de savoir comment un local peut être caractérisé quant à son comportement acoustique interne.

A3.- Caractéristiques acoustiques d'un local

A3.1.- L'aire d'absorption équivalente d'un local

Pour caractériser l'absorption présente dans un local, on recherche la surface d'un matériau parfaitement absorbant (coefficient $\alpha = 1$) qui aurait le même pouvoir absorbant que les produits se trouvant effectivement dans le local. Si $S_1, S_2, S_3 \dots$ sont les surfaces des matériaux se trouvant dans le local et $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ leurs coefficients d'absorption respectifs, on appelle **aire d'absorption équivalente A** du local la somme des produits $S_i \alpha_i$.

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots, \text{ en m}^2$$

A3.2.- La durée de réverbération d'un local

Il s'agit d'un autre moyen pour caractériser un local.

Lorsque dans une pièce, on émet un bruit à un niveau sonore élevé et qu'on l'arrête brusquement, il subsiste dans ce local une traînée sonore qui dure jusqu'à ce que son niveau se noie dans le bruit ambiant. Cette traînée est due aux réflexions de l'énergie acoustique sur les parois du local (figure A13). A chaque impact sur une paroi, une part de l'énergie est consommée par absorption et progressivement le niveau sonore dans le local diminue.

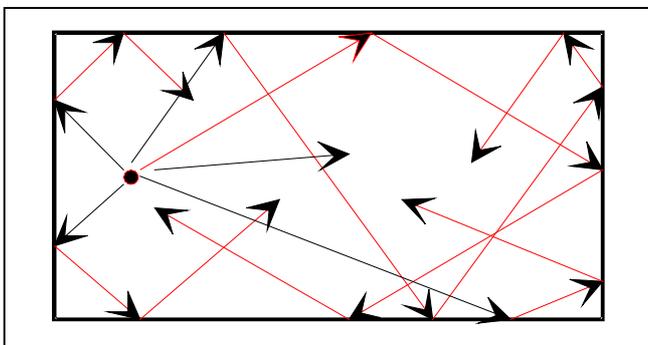


Figure A13 : La source envoie des ondes dans toutes les directions, qui se réfléchissent sur les parois du local

La traînée sonore ressentie dépend de la quantité d'absorbant contenue dans le local, du niveau

émis à l'origine et du niveau ambiant dans ce local. Pour caractériser l'ambiance acoustique du local on neutralise les deux derniers facteurs en définissant la **durée de réverbération du local comme étant le temps qu'il faut à l'énergie acoustique pour diminuer de 60 dB, à partir du moment où on a arrêté la source** (voir la figure A14). Cette durée de réverbération est souvent appelée « temps de réverbération ».

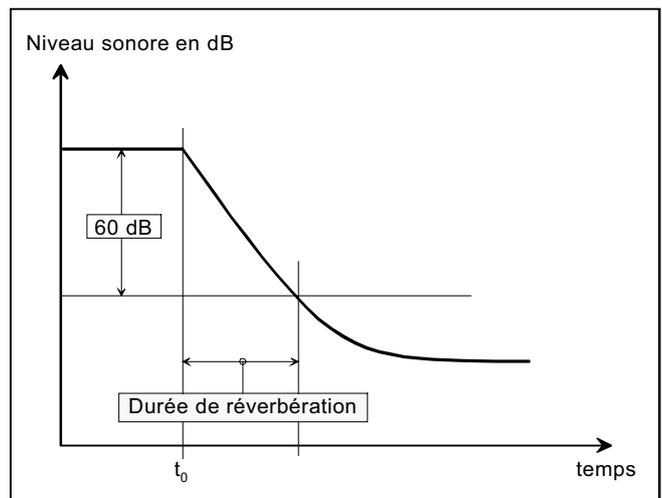


Figure A14 : La durée de réverbération d'un local est le temps qu'il faut pour que le niveau sonore dans le local diminue de 60 dB à partir du moment où on a arrêté la source.

La durée de réverbération d'un local est inversement proportionnelle à son aire d'absorption équivalente et proportionnelle à son volume. Plus il y a d'absorbants, plus l'énergie acoustique est consommée rapidement. Plus le volume est important, plus il faut de temps à l'énergie pour aller s'absorber.

D'où la **formule de SABINE** : $T = 0.16 (V/A)$ où T est la durée de réverbération du local en secondes, V est le volume du local en m^3 et A est l'aire d'absorption acoustique en m^2 .

Cette formule se démontre en supposant réunies un certain nombre d'hypothèses qui ne sont pas toujours vérifiées dans les locaux étudiés. Néanmoins, elle donne des évaluations suffisantes dans la plupart des cas et elle a le mérite d'être simple.

C'est cette formule qui est utilisée pour mesurer les coefficients d'absorption des matériaux dans une chambre réverbérante, traitée pour que ses parois soient le plus réfléchissantes possibles.

On mesure la durée de réverbération (très longue) de la chambre vide, ce qui permet de déduire l'aire d'absorption équivalente initiale (très faible). Une certaine surface de produit absorbant à tester est placée au sol de la chambre réverbérante. La durée de réverbération est à nouveau mesurée, ce qui conduit à une nouvelle aire d'absorption équivalente comprenant le matériau testé. On en déduit le coefficient d'absorption recherché. Le coefficient d'absorption issu de cette méthode de mesure est appelé « coefficient d'absorption acoustique alpha SABINE » noté α_{SAB} .

En conclusion, dans tous les cas courants de salles d'enseignement, de bureaux, de salles de conférences ... on étudie le traitement acoustique du local en utilisant la formule de SABINE.

Par contre, dans les cas où l'ambiance acoustique doit être très précise comme dans les auditoriums, les studios d'enregistrement, on a recours à d'autres méthodes prévisionnelles rendues possibles grâce à la puissance de calculs des ordinateurs. Les méthodes prévisionnelles sont basées sur les réflexions sur les parois de la salle modélisée de plusieurs milliers de rayons envoyés par une source de bruit, également modélisée. Mais là, il s'agit d'une approche qui ne peut être réalisée que par des acousticiens confirmés.

A3.3.- La diminution du niveau sonore dans un local qui contient la source de bruit

Plus il y a de matériaux absorbants dans un local, plus son aire d'absorption équivalente A augmente et plus le niveau sonore dû à une source de bruit de puissance acoustique donnée diminue dans le champ réverbéré par les parois. Autrement dit, plus le niveau sonore dû aux réflexions sur les parois diminue. Dans les salles très réverbérantes (temps de réverbération élevé), le niveau du champ réverbéré est ressenti dès qu'on s'éloigne très peu de la source. Dans une salle relativement sourde (temps de réverbération faible), ce niveau réverbéré ne devient prépondérant que relativement loin de la source.

En première approximation la variation de niveau sonore dans le champ réverbéré est directement liée à la variation d'aire d'absorption équivalente du local, concrétisée par le rapport A_1/A_0 . A_1 est l'aire d'absorption équivalente finale, après intervention dans le local, et A_0 est l'aire d'absorption équivalente initiale, avant modification. Le graphique de la figure A15 et le tableau A3 suivant donnent les différences de niveaux sonores $L_1 - L_0$ en dB constatées.

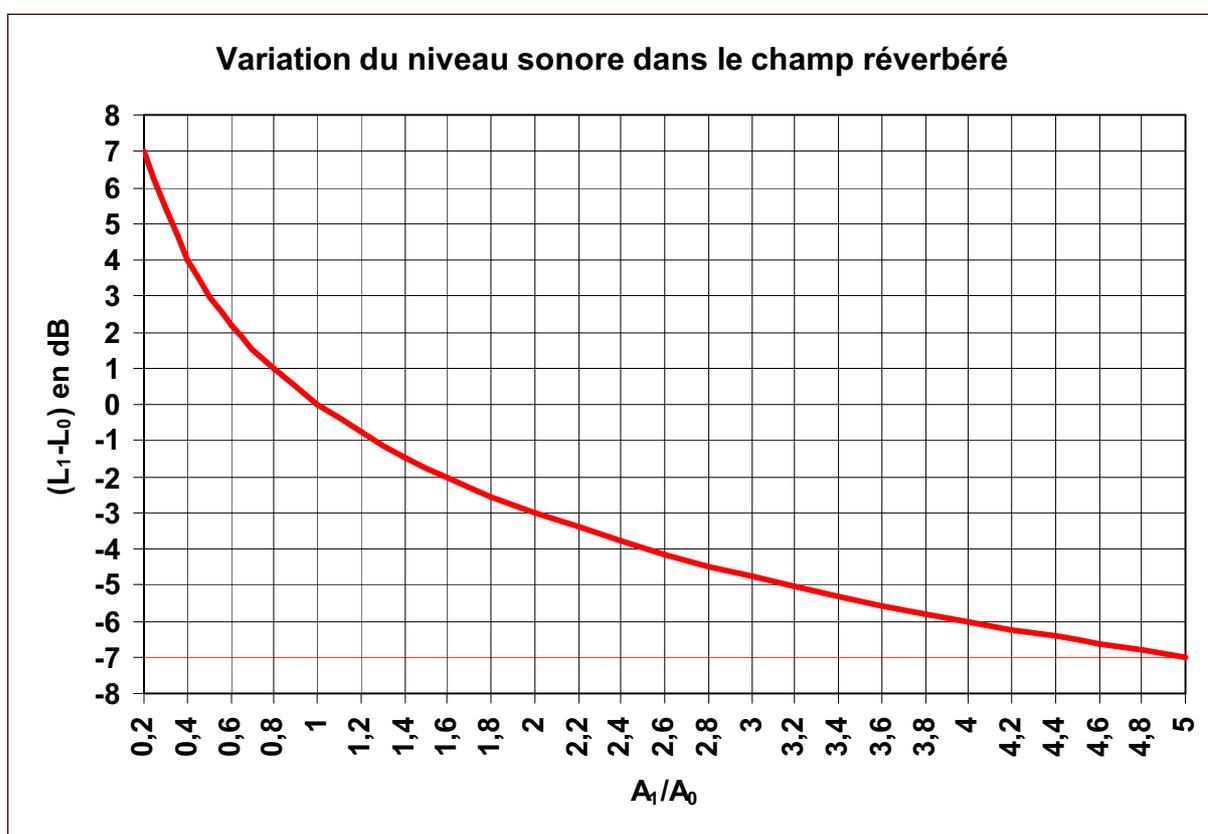


Figure A15 : Variation du niveau sonore dans le champ réverbéré d'un local en fonction de son aire d'absorption équivalente

A_1 / A_0	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5
$(L_1 - L_0)$ en dB	+ 3	+ 1	0	- 1	- 2	- 2.5	- 3	- 3.5	- 4	- 4.4	- 4.8	- 5	- 5.5

Tableau A3 : Variation du niveau sonore dans le champ réverbéré d'un local en fonction de son aire d'absorption équivalente

Remarques :

Si on diminue la quantité d'absorbant dans un local, le niveau sonore dû à une source de bruit donnée augmente.

L'ajout d'absorbant permet de diminuer le niveau sonore dans un local. Mais cette diminution est toujours relativement faible, voire décevante. Par exemple, dans un local de 30 m^3 qui aurait une aire d'absorption équivalente de 10 m^2 (chambre

de logement normalement meublée), on peut diminuer le niveau sonore dû à une source donnée de 3 dB en doublant l'aire d'absorption équivalente. Pour cela il faut ajouter l'équivalent de 10 m^2 d'absorbant parfait ($\alpha = 1$), soit environ 20 m^2 d'absorbant courant. Si on veut encore diminuer le niveau de 3 dB, il faudrait ajouter encore 40 m^2 d'absorbant courant et on n'a pas suffisamment de place disponible pour les introduire.

A4.- Les grands principes de traitement acoustique d'un local

A4.1.- Correction acoustique d'un local

A4.1.1.- Cas courants

Il faut faire la distinction entre les cas courants, tels que ceux des salles de classe, des bureaux, des salles de réunion pour les quels une approche simple peut être suffisante, et les cas où il est recherché une acoustique précise, tels que ceux des auditoriums, des salles de spectacle, des studios d'enregistrement ... Nous laisserons ce deuxième type de cas au spécialiste. Par contre pour les cas simples, nous donnons ci-après quelques indications utiles.

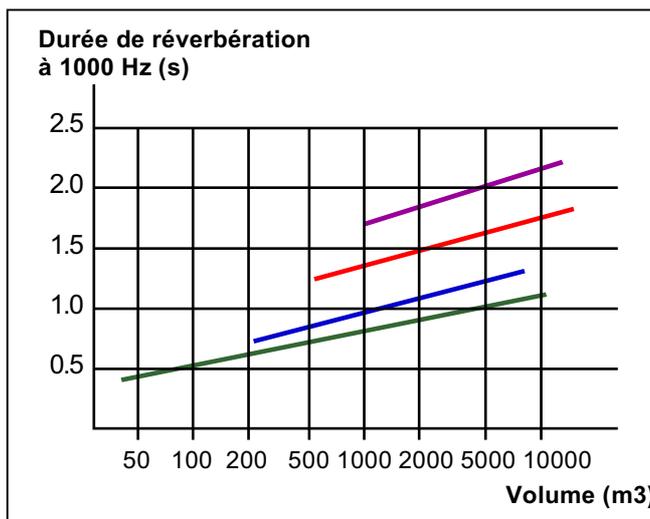


Figure A16 : Durée de réverbération optimale d'une salle en fonction de son volume et de sa destination

(Parole en direct ; Musique de chambre ; Musique symphonique ; Musique religieuse)

Les cas courants se traitent en utilisant la **formule de Sabine** $T = 0.16 V/A$, où T est la durée de réverbération du local en secondes, V le volume du local en m^3 et A son aire d'absorption équivalente en m^2 . Ou bien on trouve la durée de réverbération à respecter dans les textes réglementaires (cas des salles de classe), ou bien elle est donnée dans les pièces écrites de l'opération. Dans le cas où elle n'est précisée nulle part, on peut utiliser le graphique de la figure A16, ou la formule suivante : $T = 0.1 * V^{1/3}$ (le dixième de la racine cubique du volume).

Cette formule est surtout valable dans le domaine des locaux de parole, pour les fréquences moyennes (500 et 1000 Hz). Pour les fréquences graves, on tolère une durée de réverbération de 30% supérieure.

Connaissant le volume du local à traiter et la durée de réverbération optimale qui en résulte, on en déduit l'aire d'absorption équivalente A souhaitable ($A = 0.16 V/T$). Dans le local nu, vide et non traité, on peut considérer que le coefficient d'absorption moyen des parois est de 0.1. Ce coefficient multiplié par la surface totale des parois nous donne une aire d'absorption équivalente de départ A_0 . Il faudra donc introduire dans le local une aire d'absorption équivalente complémentaire ($A - A_0$).

Dans le cas des locaux parallélépipédiques (« boîte à chaussure »), le graphique de la figure A17 permet d'éviter tous les calculs. Connaissant la durée de réverbération souhaitée et la

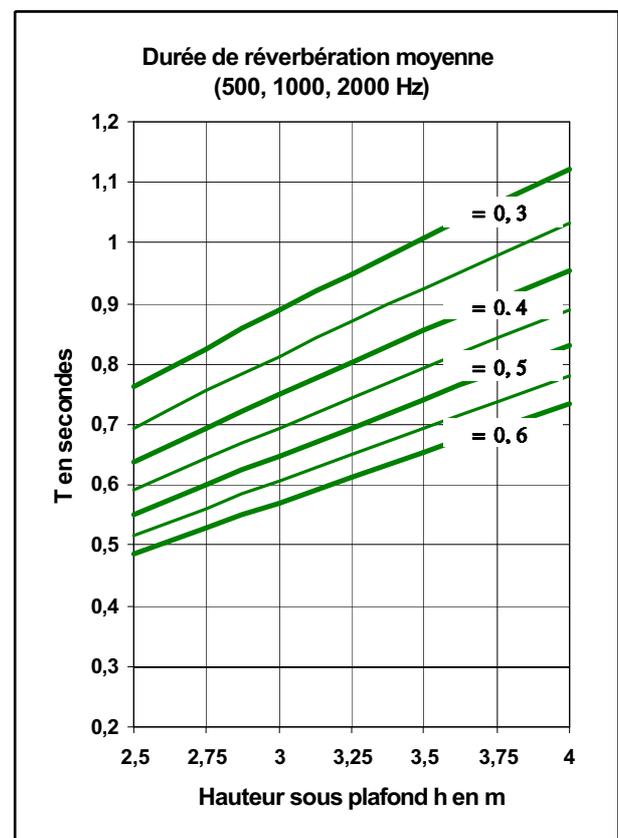


Figure A17 : Relation entre la durée de réverbération T , la hauteur sous plafond h et le coefficient d'absorption α d'un matériau absorbant de surface S , équivalente à la surface au sol du local. Les résultats sont donnés avec une précision de $\pm 10\%$.

hauteur sous plafond du local, on en déduit le coefficient d'absorption α_0 dans les fréquences moyennes d'un matériau à introduire sur une surface S , équivalente à la surface au sol du local.

Si le matériau choisi pour son aspect ou tout simplement pour son prix a un coefficient α supérieur, on pourra limiter le traitement à une surface $(S \cdot \alpha_0 / \alpha)$.

Exemple ; Dans une salle de classe de 3.25 m sous plafond et de surface au sol S de 50 m², il faut équiper une surface de parois de 50m² avec un matériau absorbant de coefficient d'absorption 0.4, pour obtenir une durée de réverbération moyenne dans les fréquences moyennes de 0.8 seconde. Si on choisit un produit doté d'un coefficient d'absorption de 0.6, il suffira d'équiper une surface de parois de $50 \cdot 0.4 / 0.6 = 33.3$ m².

A4.1.2.- Quelques indications relatives à l'emplacement des matériaux absorbants

Dans les salles de classe ou les salles de réunions, il est intéressant de placer les matériaux absorbants sur les parois verticales disponibles, ceci afin de garantir une meilleure intelligibilité de la parole.

Le sol est traité par la présence des auditeurs. Les réflexions sur le plafond sont utiles pour renforcer le son vers les places les plus éloignées de la source de bruit. Si une partie du plafond est à traiter (lorsqu'il n'y a pas assez de surface de parois verticales disponibles) le traitement est à placer vers le fond de la salle.

Lorsque les salles sont longues (plus de 10 m), le mur du fond est à revêtir d'absorbant pour éviter les échos francs. Ce traitement est à réaliser à partir d'une hauteur de 1.2 m du sol, car la surface située juste derrière les auditeurs est déjà neutralisée par ces auditeurs, qui sont des absorbants non négligeables.

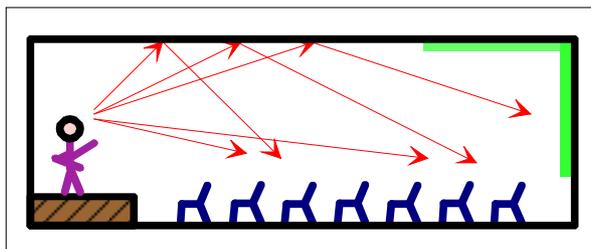


Figure A18 : Dans une salle de grande longueur, on a besoin de la réflexion sur le plafond pour renforcer l'énergie qui arrive sur l'auditoire.

Dans un restaurant, les sources de bruits sont réparties sur toute la surface. Il est important d'absorber l'énergie acoustique émise le plus près possible des sources, il est donc recommandé de prévoir un plafond très absorbant, avec une relativement faible hauteur sous plafond. Mais, même lorsque ce type de traitement est réalisé, le niveau de bruit de fond reste élevé si un grand nombre de personnes parlent en même temps.

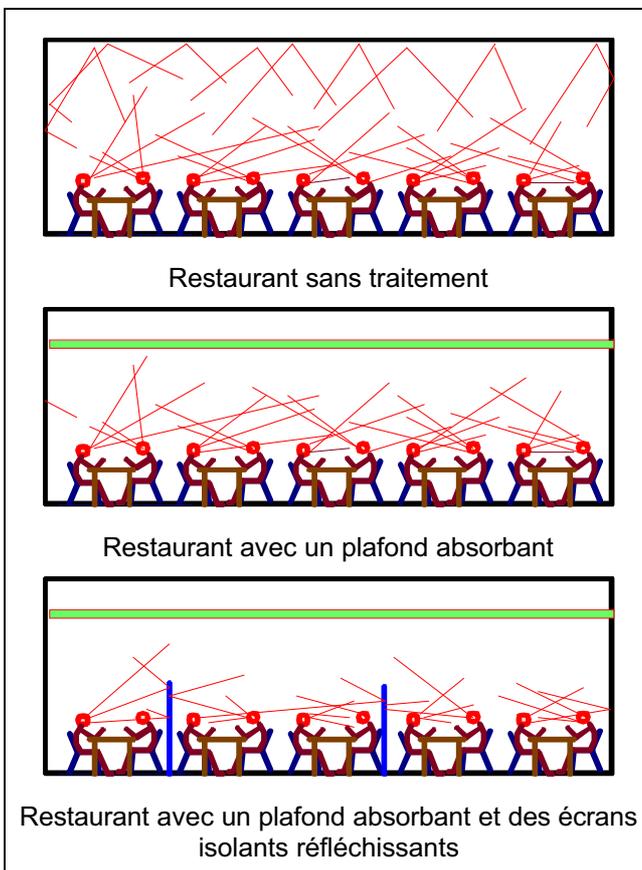


Figure A19 : principe de traitement acoustique d'un restaurant

Exemple : Considérons un restaurant d'entreprise de 20 m de longueur, 15 m de largeur et 3.5 m de hauteur, dans lequel il y a 150 personnes. Avec un plafond très absorbant, un revêtement de sol réfléchissant (on préfère souvent des carrelages pour des facilités de nettoyage), on peut atteindre une aire d'absorption équivalente de 350 m². Si 75 personnes parlent en même temps à voix normale, le niveau sonore dans le champ réverbéré peut être de 70 dB(A). Avec un tel niveau on est encore obligé de forcer la voix pour se faire entendre.

Une solution consiste à améliorer le traitement acoustique du local par un complément lié à l'aménagement du restaurant. En plaçant des écrans réfléchissants de manière à délimiter des zones de surfaces réduites, on diminue la transmission du champ direct d'une zone vers la voisine et on bénéficie de la réflexion sur l'écran

pour augmenter le niveau sonore utile se propageant vers celui qui doit l'entendre. Ainsi on peut parler moins fort et être bien compris de ceux qui se trouvent autour de la table.

A4.2.- Insonorisation d'un local

Rappelons qu'il s'agit là de diminuer le niveau sonore dans un local, dû à une ou plusieurs sources de bruit.

Lorsqu'une source de bruit fonctionne dans un local, le niveau sonore en un point est alimenté par les ondes acoustiques qui arrivent directement de la source (comme lorsque la source fonctionne en champ libre) et par les ondes réfléchies par les parois (champ réverbéré).

La courbe donnant l'évolution du niveau de pression acoustique L_p en fonction de la distance du point d'écoute à une source de puissance acoustique L_w est donnée dans la figure A20. Dans ce graphique, le local est caractérisé par sa « constante R »* qui est souvent assimilée à son aire d'absorption équivalente A. Si on augmente l'aire d'absorption équivalente du local en ajoutant des revêtements absorbant, le niveau sonore dans le champ réverbéré diminue, mais le niveau sonore dans le champ direct reste inchangé. Cette constatation est importante dans la détermination des techniques permettant de diminuer le niveau sonore en un point du local.

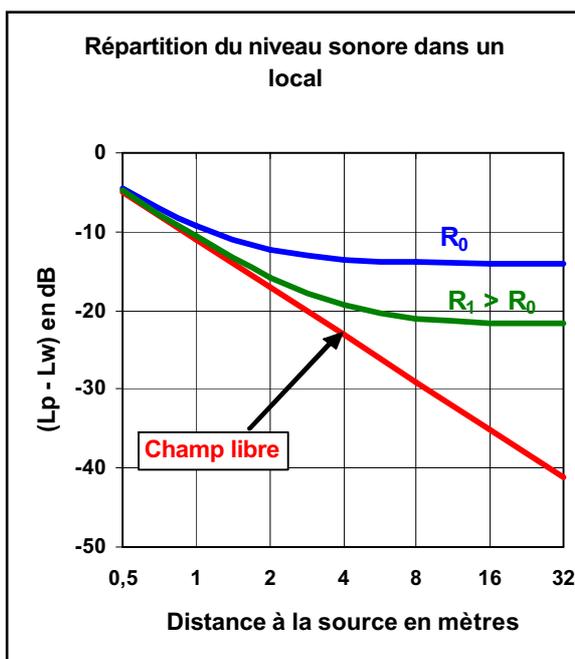


Figure A20 : La diminution de niveau sonore apportée par une augmentation de l'absorption des parois est négligeable lorsqu'on est placé près de la source.

Si le point à protéger est loin de la source, dans le champ réverbéré par les parois, un traitement absorbant permet de diminuer le niveau de pression acoustique. Mais la diminution est limitée à la différence entre le niveau avant traitement et le niveau dans le champ direct pour la distance considérée. Cette différence est appelée « amplification du local » confirmant le fait que si la source est entourée de parois plus ou moins réfléchissantes le niveau sonore est plus important que si la source était en champ libre (en l'absence des parois).

L'amplification du local est souvent relativement faible et on ne peut pas promettre de diminuer, par traitement absorbant, le niveau sonore dans un local d'un nombre de décibels supérieur à cette amplification. Par exemple, dans le local de constante R_1 , l'amplification du local est de l'ordre de 4 dB à 4 m de la source et le traitement absorbant le plus efficace ne permettra pas de diminuer le niveau sonore de plus de 4 dB.

Si le point à protéger est dans le champ direct de la source un traitement acoustique par absorption est inefficace.

Pour réduire le niveau sonore à proximité de la source, il faudrait avoir la possibilité de placer un écran isolant entre la machine et le point d'écoute (figure A21). Cet écran étant contourné par les ondes acoustiques réfléchies par les parois du local, le niveau de pression acoustique au point d'écoute est celui du champ réverbéré par les parois. On peut donc combiner l'écran avec un traitement absorbant des parois du local.

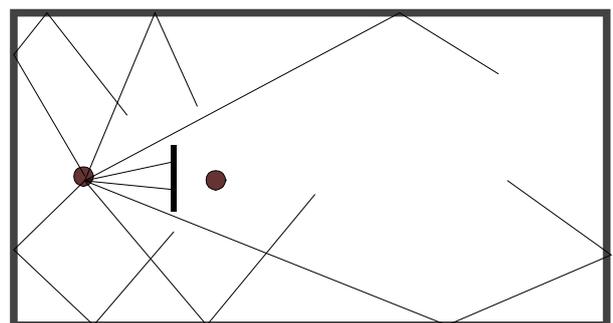


Figure A21 : Un écran entre la source et le point d'écoute est contourné par l'énergie réfléchiée par les parois du local

Si le point à protéger est près de la source, une combinaison « écran + traitement du local » est envisageable. L'écran n'a pas d'effet sur les points situés loin de la source. Le traitement acoustique du local seul n'a qu'un effet négligeable pour les points d'écoute proches de la source.

A5.- Isolement acoustique entre deux locaux

A5.1.- Présentation du problème – transmission directe et transmissions latérales

Lorsqu'un bruit est produit par une source dans un local, appelé « local émission », les ondes acoustiques heurtent les parois qui sont mises en vibration et qui deviennent source de bruit dans le local voisin, appelé « local réception ». On affecte généralement l'indice 1 aux grandeurs acoustiques caractérisant l'émission et l'indice 2 à celles du local réception.

A l'émission, toutes les parois du local sont mises en vibration, en particulier la paroi de séparation entre les locaux et les parois latérales, souvent communes aux deux locaux. Ainsi, le niveau sonore L_2 , à la réception, est alimenté par la transmission directe par la paroi de séparation, caractérisée par son facteur de transmission τ , mais aussi par la transmission via les parois latérales. Notamment lorsqu'une paroi latérale est liée à la paroi de séparation et est commune aux deux locaux, la vibration de la paroi latérale à l'émission se transmet partiellement à la paroi latérale à la réception et à la paroi de séparation qui lui est liée. De même, la vibration de la paroi de séparation se transmet partiellement à la paroi latérale côté réception.

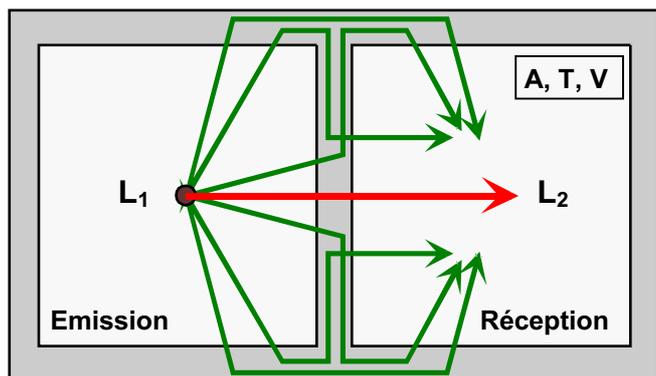


Figure A22 : La transmission directe par la paroi de séparation et les voies de transmission par les parois latérales.

Il y a donc trois voies de transmission par jonction d'une paroi latérale et d'une paroi de séparation. Généralement, il y a quatre parois latérales, donc $4 \times 3 = 12$ voies de transmission latérales auxquelles s'ajoute la transmission directe par la paroi de séparation, **soit 13 voies de**

transmission entre les locaux (figure A22). Ces voies de transmission directe et latérales sont parfois complétées par des transmissions parasites dues à des trous dans la paroi de séparation, des défauts d'étanchéité aux jonctions entre parois, à des passages de gaines ou canalisations...

On constate que **l'énergie acoustique cherche toutes les voies de transmission possibles pour passer du local émission vers le local réception**. La paroi de séparation est loin d'être la seule à assurer l'isolation entre les locaux. On peut en déduire que lorsque l'isolation existante entre deux locaux n'est pas suffisante, il ne faut pas se précipiter sur les systèmes de renforcement acoustique de la paroi de séparation, mais il faut faire un diagnostic afin de hiérarchiser les voies de transmission et traiter les voies prépondérantes.

Dans le domaine de l'amélioration d'une situation existante, l'improvisation est souvent décevante et coûteuse.

Toute l'énergie véhiculée par les transmissions directe, latérales et parasites est consommée plus ou moins rapidement par les absorbants contenus dans le local réception. Le niveau L_2 dans le local réception dépend donc des parois constituant les locaux, des défauts éventuels de ces parois ou de leurs jonctions et des caractéristiques d'absorption du local. Ces caractéristiques d'absorption sont le plus souvent liées à l'ameublement et à la décoration du local, ces facteurs étant du ressort de l'occupant et non pas du constructeur.

Pour pouvoir fixer des objectifs d'isolation et pour comparer des performances d'isolation entre divers locaux d'un même immeuble ou entre immeubles différents, il faut neutraliser les facteurs qui ne sont pas sous la responsabilité des constructeurs. C'est ainsi que les normes de définition et de mesures présentent des termes correctifs à appliquer aux valeurs brutes qui reviennent à calculer les isolations qui seraient obtenues si les locaux de réception avaient des caractéristiques d'absorption de référence.

A5.2.- Le vocabulaire à utiliser

L'isolement acoustique entre locaux correspond à la différence arithmétique entre le niveau de pression acoustique L_1 dans le local émission et le niveau de pression acoustique L_2 dans le local réception.

On distingue trois types d'isollements entre locaux :

L'isolement acoustique brut entre les locaux : $D = L_1 - L_2$ en décibels (dB)

Cet isolement dépend des caractéristiques du local réception.

L'isolement acoustique normalisé entre les locaux : $D_n = L_1 - L_2 - 10 \log (A/A_0)$ en dB

A est l'aire d'absorption équivalente en m^2 constatée dans le local de réception lors des essais.

Elle est déterminée en utilisant la formule de Sabine ($T = 0.16 (V/S)$), après avoir mesuré la durée de réverbération du local réception.

A_0 est une aire d'absorption équivalente de référence, prise égale à $10 m^2$, sauf indication contraire dans un règlement ou une prescription contractuelle.

Le terme correctif utilisé correspond à une évaluation de la différence de niveau L_2 lorsque l'aire d'absorption équivalente varie de A à A_0 .

L'isolement acoustique standardisé entre les locaux : $D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log (T/T_0)$ en dB

T est la durée de réverbération en seconde constatée dans le local réception lors des essais.

T_0 est une durée de réverbération de référence, prise égale à 0.5 seconde.

En France, jusqu'au 1^{er} janvier 2000, cet isolement standardisé était appelé « isolement acoustique normalisé ». Le nouveau vocabulaire à utiliser résulte d'une harmonisation européenne.

L'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi : $R = L_1 - L_2 - 10 \log (A/S)$ en dB

A est l'aire d'absorption équivalente du local de réception et S, la surface de la paroi de séparation entre les locaux.

L'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi est mesuré dans un laboratoire conçu de telle sorte qu'il n'y ait pas de transmissions latérales ou parasites entre les locaux (voir le principe sur la figure A 23)

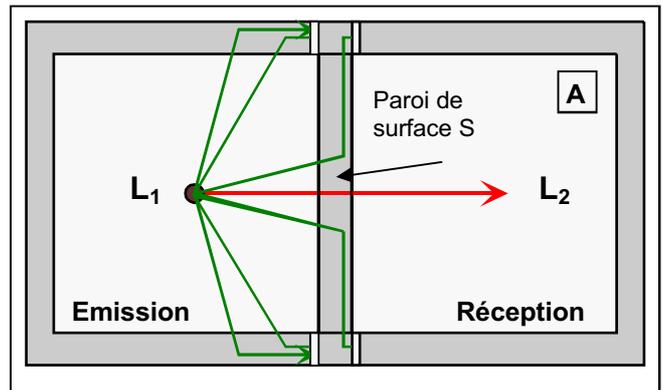


Figure A23 : Pour la mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R d'une paroi, les transmissions latérales sont neutralisées.

Remarque importante :

On parle d'isolement acoustique entre locaux, ce qui laisse supposer que tout ce qui constitue les locaux intervient dans le résultat en créant de multiples voies de transmission. Par contre, l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi rend compte du facteur de transmission de cette paroi seule. Il ne faut pas confondre l'isolement acoustique entre locaux et l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi de séparation. Les écarts sont souvent supérieurs à 5 dB, l'isolement étant plus faible que l'indice.

A5.3.- Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi dont la surface est composée de deux éléments différents

A5.3.1.- Principe

Il s'agit notamment du cas des cloisons équipées de portes ou des façades avec leurs fenêtres.

Pour éviter les calculs, des abaques ont été établis, qui permettent de composer les éléments deux par deux. Par exemple, l'abaque de la figure A24 relie la différence $R_1 - R_2$ des indices des deux éléments, le rapport de surface S_1/S_2 des deux éléments et $R_1 - R$, différence de l'indice d'affaiblissement acoustique de l'élément le plus isolant et de l'indice d'affaiblissement acoustique recherché.

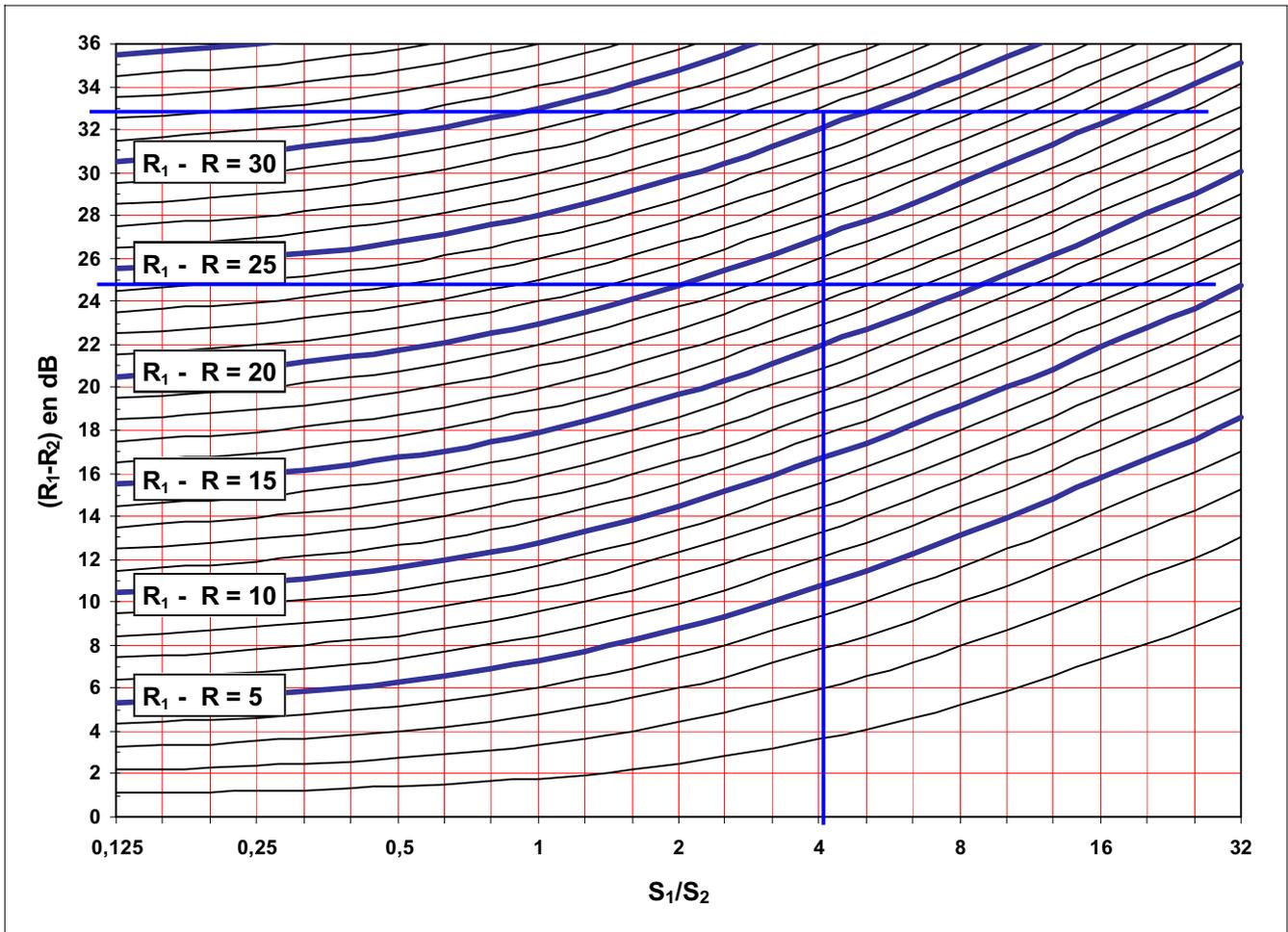


Figure A24 : Détermination de l'indice d'affaiblissement acoustique R résultant de la combinaison d'un élément de surface S_1 et d'indice R_1 et d'un élément de surface S_2 et d'indice R_2 .

Exemple d'application : cas de la figure A25

La droite horizontale tracée à partir de $R_1 - R_2 = 25$ dB coupe la verticale passant par le rapport $S_1/S_2 = 4$ sur la courbe cotée $R_1 - R = 18$. Comme $R_1 = 45$ dB, R est égal à 27 dB ($45 - 18$).

On constate que, contrairement à ce qui est souvent affirmé, l'indice d'affaiblissement acoustique global n'est pas égal à l'indice de l'élément le plus faible.

Si on considère que le résultat obtenu dans l'exemple ci dessus n'est pas suffisant, on ne peut pas espérer une amélioration en renforçant la cloison, sans modifier la porte. Voyons pourquoi :

Supposons qu'on réalise un doublage acoustique sur la cloison, du type laine minérale et plaque de plâtre de $60 + 10$. L'indice d'affaiblissement acoustique de la partie cloison devient proche de 53 dB.

Dans ce cas, la nouvelle valeur de $R_1 - R_2$ est

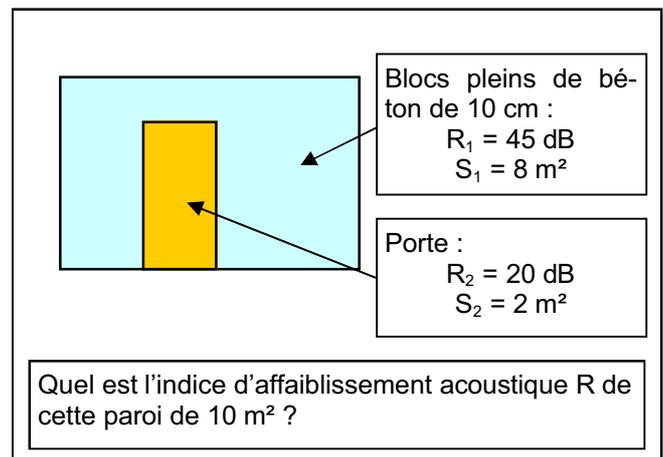


Figure A25 : Exemple d'une cloison avec une porte

de $53 - 20 = 33$, S_1/S_2 est inchangé et $R_1 - R$ est égal à 26 dB. D'où $R = 53 - 26 = 27$ dB, **soit la même valeur qu'avant renforcement !**

En fait, dès la configuration initiale, on avait atteint ce qu'on appelle **l'indice d'affaiblissement acoustique limite de la paroi** qu'on ne pourra pas dépasser sans modifier la porte.

A5.3.2.- Indice d'affaiblissement acoustique limite d'une paroi comportant deux éléments dont l'un est figé

Si un des éléments ne laisse rien passer (facteur de transmission nul), il subsiste la transmission par l'autre et dans ce cas :

$$R_{lim} = R_2 - 10 \log(S_2/S) \text{ où } S \text{ est la surface totale } S_1 + S_2$$

Dans notre exemple, si on conserve la porte initiale,

$$R_{lim} = 20 - 10 \log(2/10) = 27 \text{ dB !}$$

Cette notion d'indice d'affaiblissement acoustique limite (figure A26 et tableau A4) est très importante et très utile.

En voici quelques conséquences pratiques :

- Lorsque pour régler des problèmes d'aération des locaux, on prévoit des portes détalonnées au niveau du seuil, il est inutile de mettre en œuvre des portes très performantes et coûteuses. Si le détalonnage est limité à 1 cm (ce qui est faible si on considère les pratiques courantes), il représente environ 1/200^{ème} de la surface de la porte et a un indice d'affaiblissement nul. Dans ce cas, l'indice limite de la porte détalonnée est de 23 dB et il est obtenu dès que le détalonnage est fait dans une porte, qui, lorsqu'elle est étanche donne un indice voisin de 35 dB. De même, il n'est pas nécessaire que la cloison dans laquelle on place cette porte ait un indice supérieur à 40 dB, pour un rapport de surface voisin de 4.

- Lorsque, dans une cloison, on pratique une baie libre, ou lorsque la porte est ouverte, l'indice d'affaiblissement acoustique global n'est pas nul. Dans le cas de l'exemple précédent, la porte ouverte dans la cloison conduit à un indice d'affaiblissement acoustique résultant de 7 dB.

- Si dans une cloison très performante, d'indice d'affaiblissement acoustique supérieur à 60 dB, on pratique des trous face à face, de chaque côté de la cloison, pour y intégrer des prises de courant, ce qui localement peut correspondre à un indice d'affaiblissement acoustique de 15 à 20 dB, l'indice global peut être limité à 50 ou 55 dB pour un seul défaut de 5 à 6 cm de diamètre, dans une cloison de 10 m².

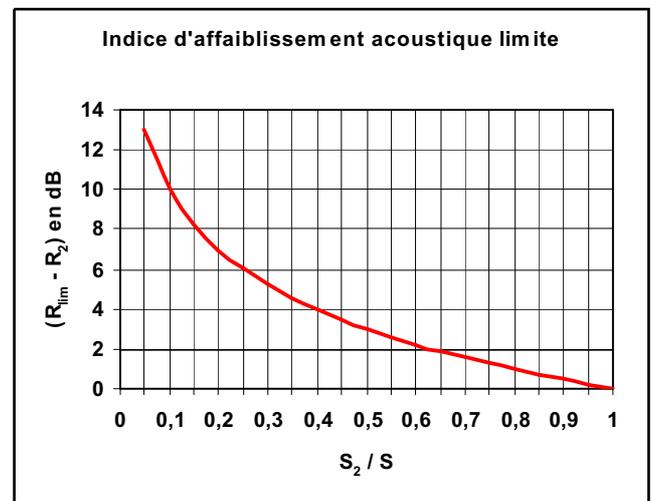


Figure A26 : Indice d'affaiblissement acoustique limite d'une paroi lorsque l'un des deux éléments qu'elle comporte est figé (élément d'indice 2).

S_2 / S	0.001	0.0012	0.0016	0.002	0.0025	0.0032	0.004	0.005	0.0063	0.008
$(R_{lim} - R_2)$ en dB	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
S_2 / S	0.01	0.0125	0.0160	0.02	0.025	0.0315	0.04	0.05	0.063	0.08
$(R_{lim} - R_2)$ en dB	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
S_2 / S	0.1	0.125	0.16	0.2	0.25	0.315	0.4	0.5	0.63	0.8
$(R_{lim} - R_2)$ en dB	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tableau A4 : Indice d'affaiblissement acoustique limite d'une paroi lorsque l'un des deux éléments qu'elle comporte est figé (élément d'indice 2).

A6.- Amélioration de l'isolation acoustique dans l'existant : nécessité d'un diagnostic

Lorsqu'on se plaint d'entendre les conversations, la radio ou la télévision du voisin, on a trop tendance à accuser systématiquement la faiblesse de la paroi de séparation. Or, dans de nombreux cas le défaut n'est pas imputable, ou ne l'est qu'en partie, à cette paroi.

Rappelons que l'énergie acoustique cherche toutes les voies possibles pour passer d'un local vers le voisin : la paroi de séparation transmet, ainsi que les parois latérales ou les défauts localisés (passages de canalisations, défauts d'étanchéité, fissures, gaines de ventilation ...). Chacun de ces éléments offrent une résistance au passage du bruit plus ou moins importante. Il faut déceler les passages les plus faciles. Bref, il faut « hiérarchiser » les voies de transmission.

Lorsque la voie prépondérante est neutralisée par un procédé de renforcement, le résultat risque de ne pas être encore atteint. Il faut alors traiter la voie qui est devenue prédominante après neutralisation de la précédente.

Ainsi, il est prudent de prévoir qu'une amélioration suffisante de la situation existante pourra être traitée par étapes.

Pour que chacune de ces étapes soit efficace, il est nécessaire de faire un diagnostic sérieux avant travaux. Dans ce domaine, l'improvisation est souvent coûteuse et décevante.

Sans un bon diagnostic, qui peut être réalisé par un acousticien ou une entreprise spécialisée en acoustique, il ne faut pas garantir de résultat.

De même que pour réparer une chambre à air de vélo, on cherche d'abord le trou en plongeant la chambre à air gonflée dans l'eau, puis on place une rustine sur le trou ; de même lorsqu'on veut réparer un défaut d'isolation acoustique, il faut rechercher « le trou », sous peine de placer la rustine en dehors de ce trou.

Nous donnons ci après trois exemples montrant la nécessité du diagnostic acoustique.

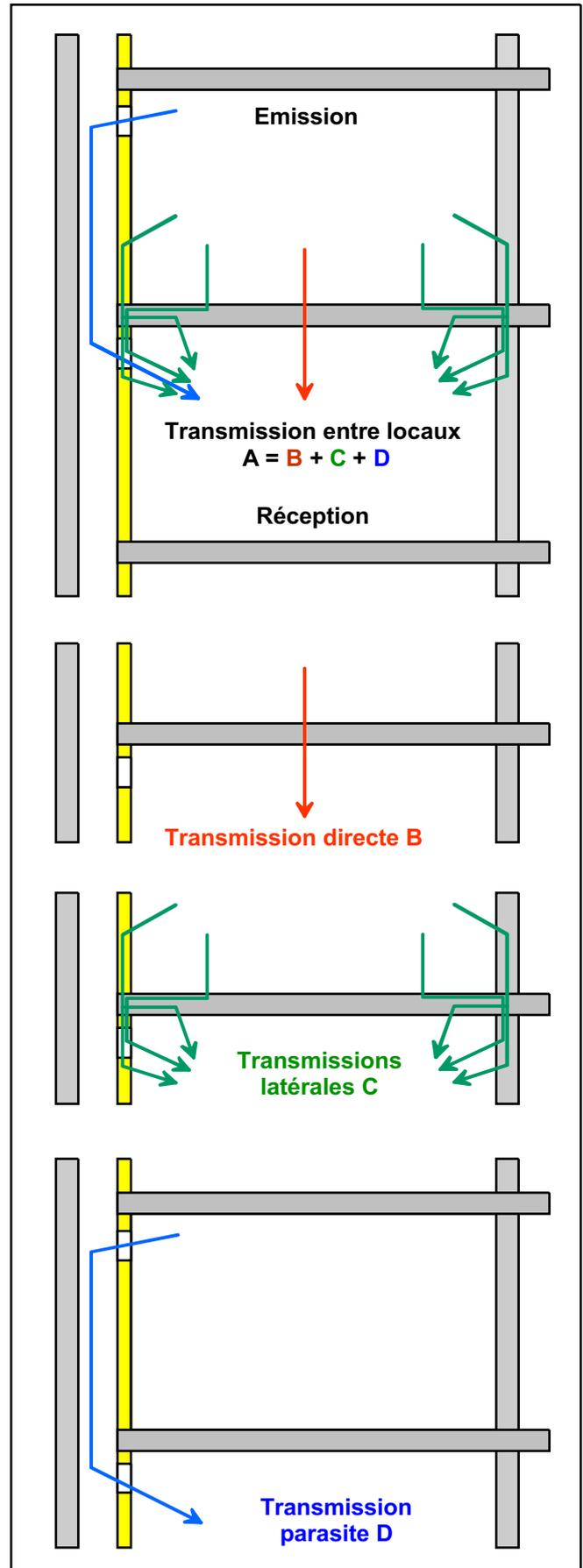


Figure A27: Le niveau de bruit dans le local réception résulte de la combinaison de nombreuses voies de transmission

A6.1.- Cas où la paroi de séparation était à renforcer

Dans un immeuble dont la structure est assurée par des façades préfabriquées en béton (avec une âme en polystyrène expansé), des refends longitudinaux porteurs et des planchers en béton, les parois séparatives entre logements sont réalisées en briques creuses de 15 cm avec, de chaque côté, un enduit plâtre.

Les mesures acoustiques initiales ont montré un isolement acoustique entre logements de 42 dB, très proche de l'indice d'affaiblissement acoustique de la cloison de séparation (compris entre 42 et 46 dB). Dans ce cas, la transmission directe par la paroi de séparation est prépondérante par rapport aux transmissions latérales. Il est donc probable que c'est cette paroi qui est la cause de la faiblesse de l'isolement acoustique.

Un complexe de renforcement acoustique à base de laine minérale appliqué sur le mur en briques creuses a permis d'obtenir un isolement acoustique supérieur à 50 dB.

Il s'agit là d'un cas simple, semblant donner raison à ceux qui renforcent systématiquement les parois de séparation lorsque deux voisins se plaignent du mauvais isolement acoustiques entre leurs logements.

A6.2.- Cas où la faiblesse de l'isolement acoustique était due à une transmission parasite

Un immeuble assez récent est l'objet de plaintes pour la très mauvaise isolation entre logements voisins, alors que les parois de séparation sont en béton de 16 cm et devraient permettre un isolement acoustique proche de 50 dB. Malgré cela, on peut entendre et même comprendre les conversations à voix normale du voisinage. Dans une ambiance très calme, cette constatation est compatible avec un isolement acoustique à peine voisin de 40 dB.

Les quelques mesures acoustiques réalisées ont montré des isolements acoustiques échelonnés entre 38 et 42 dB.

Au cours des mesures acoustiques, on pouvait localiser, à l'oreille, l'emplacement probable d'une transmission parasite responsable du défaut d'isolement acoustique. En effet, l'oreille était attirée par la jonction de la façade et du mur de séparation.

Un examen plus attentif a permis de constater les points suivants :

Côté intérieur : les dormant des fenêtres semblaient être contre le mur de séparation, un couvre joint en bois masquant la jonction fenêtre-mur.

Côté extérieur, un bandeau mince et rigide reliait les dormant des fenêtres de deux logements voisins (Figure A28).

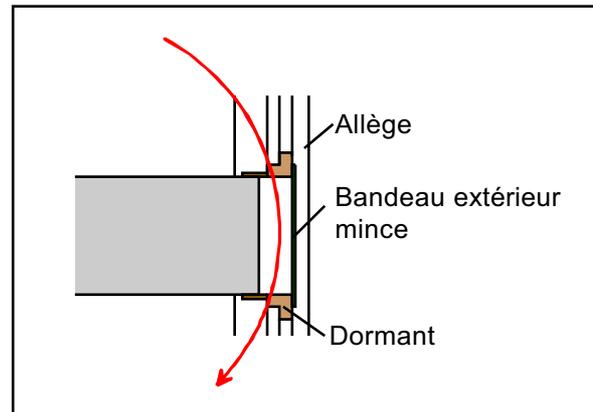


Figure A28 : Jonction « refend, menuiseries, allège

L'immeuble n'ayant que deux étages, il a semblé préférable de déposer le bandeau extérieur, de réaliser un remplissage entre les menuiseries à base de plâtre et fibres et de reposer le bandeau.

L'isolement constaté après travaux a été voisin de 50 dB, soit une valeur compatible avec la nature de la paroi de séparation.

A6.3.- Cas où le traitement de la transmission directe était insuffisant

Dans le cas d'un isolement acoustique entre deux locaux voisins au même niveau, la paroi de séparation était en briques creuses de 20 cm avec deux enduits, la façade était de même nature, sans doublage thermique, les planchers étaient en béton et les cloisons de distribution en briques plâtrières.

Les mesures de réception ont montré un isolement acoustique de près de 10 dB en dessous de l'objectif du cahier des charges.

Il a donc été décidé d'équiper la paroi de séparation en briques creuses d'un doublage acoustique constitué d'un complexe laine minérale et plaque de plâtre. L'isolement acoustique entre

les locaux a augmenté de 3 dB, mais il restait 5 à 6 dB à gagner. Le doublage acoustique de la paroi de séparation a été remplacé par un doublage réputé de performance bien supérieur. L'isolement acoustique entre locaux a augmenté de 4 dB par rapport à la situation initiale. Il restait encore 4 à 5 dB à gagner. Les schémas des jonctions cloison-séparatif montre qu'en mettant le doublage sur la paroi de séparation seule deux des 4 voies de transmissions acoustiques entre les locaux étaient atténuées par le doublage, les deux autres restant sans changement par rapport à l'état initial. Il a donc été décidé de réaliser le doublage acoustique de la cloison en briques plâtrières, qui, de toute évidence devait transmettre plus que la brique de la façade. Cela fut fait et l'objectif a été atteint. Mais attention ! le doublage de la cloison doit être fait du même côté que le doublage de la paroi de séparation, sous peine de ne pas traiter les deux voies de transmissions latérales restantes.

Il est toujours utile de faire un croquis des jonctions tel que celui de la figure A30 pour constater l'effet qualitatif d'un traitement acoustique de paroi.

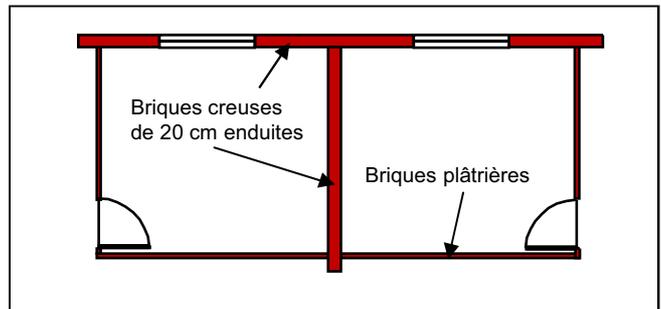


Figure A29 : Plan des deux locaux à isoler

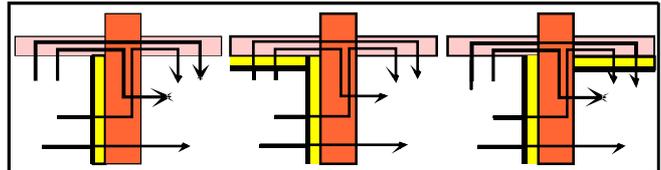


Figure A30 : Le doublage acoustique sur le séparatif seul ne réduit qu'une transmission latérale sur trois. Le doublage sur le séparatif et sur la paroi latérale côté émission réduit toutes les voies de transmissions latérales. Le doublage sur le séparatif côté émission et sur la paroi latérale côté réception laisse une transmission latérale non traitée.

B1.- Performances acoustiques des bâtiments et performances acoustiques des éléments de construction

Les performances acoustiques des éléments de construction, tels que les murs, les planchers, les cloisons, les grilles d'entrée d'air, les bouches d'extraction de VMC, les coffres de volets roulants, les trappes de visites, les revêtements de sol, les complexes de doublages... **sont toutes mesurées en laboratoire par intervalles de tiers d'octave** (16 intervalles compris entre l'intervalle de tiers d'octave centré sur 100 Hz et celui centré sur 3 150 Hz). Ou bien il s'agit de performances intrinsèques des éléments testés qui ne dépendent pas des caractéristiques acoustiques du local de réception (indices d'affaiblissement acoustique d'une paroi), ou bien il s'agit **d'isolements acoustiques normalisés** entre locaux ou **de niveaux de pression acoustique normalisés** à la réception qui dépendent des caractéristiques acoustiques des locaux de réception. Dans ce dernier cas les performances sont ramenées à un local de réception ayant une aire d'absorption équivalente de 10 m²

In situ, en France, **les performances des bâtiments**, telles que les isolements acoustiques entre locaux, les isolements acoustiques vis-à-vis des bruits extérieurs, les niveaux de bruits de chocs ou les niveaux de bruits d'équipements, **sont des isolements acoustiques standardisés ou des niveaux de pression acoustique standardisés, mesurés par intervalles d'octaves** (5 intervalles compris entre celui centré sur 125 Hz et celui centré sur 2 000 Hz). Les isolements ou les niveaux de pression acoustique sont ramenés à ce qu'ils auraient été si la durée de réverbération du local de réception avait été de 0.5 seconde à toutes les fréquences.

B1.1.- Transfert des données obtenues en laboratoire vers des données utiles in situ

Pour les isolements acoustiques ou les niveaux de pression acoustique, dès lors qu'il ne s'agit pas d'une performance intrinsèque d'un produit, il y a des problèmes de transposition entre les valeurs obtenues en laboratoire et les valeurs à utiliser in situ.

L'isolement acoustique normalisé est celui qu'on aurait mesuré si l'aire d'absorption équivalente **A** du local réception avait été de 10 m².

L'isolement acoustique standardisé est celui qu'on aurait mesuré si la durée de réverbération **T** du local réception avait été de 0.5 s.

On passe de l'un à l'autre en utilisant la formule de Sabine : **T = 0.16 (V/A)**, ou **AT = 0.16 V** (V est le volume du local réception).

Exemple 1 : Un isolément acoustique normalisé mesuré en laboratoire est obtenu par la formule suivante :

D_n = L₁ - L₂ - 10 log (A/10) où L₁ et L₂ sont respectivement les niveaux de pression acoustique mesurés dans le local d'émission et dans le local de réception, A est l'aire d'absorption équivalente du local de réception (m²), et 10 est l'aire d'absorption équivalente de référence (m²).

Un isolément acoustique standardisé, in situ est obtenu par la formule

D_{nT} = L₁ - L₂ + 10 log (T/0.5) où L₁ et L₂ sont respectivement les niveaux de pression acoustique mesurés dans le local d'émission et dans le local de réception, T est la durée de réverbération du local de réception, et 0.5 est la durée de réverbération de référence.

Si on mesurait les isoléments acoustiques normalisés et standardisés entre les mêmes locaux, la différence constatée L₁ - L₂ serait la même et on pourrait écrire :

$$D_{nT} = D_n + 10 \log (A/10) + 10 \log (T/0.5) \\ = 10 \log (AT/5)$$

Or, **AT = 0.16 V** où V est le volume du local de réception.

$$D_{nT} = D_n + 10 \log (0.032 V)$$

ou bien, ce qui revient au même,

$$D_{nT} = D_n + 10 \log (V/32)$$

Le tableau suivant donne les valeurs des corrections à effectuer pour passer d'un isolément à l'autre.

Tableau B1 : Correction à faire en fonction du volume du local de réception **pour passer d'une valeur normalisée (laboratoire) à une valeur standardisée (in situ)**

Volume en m ³ du local in situ	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Correction en dB	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6

Pour passer d'un isolement acoustique normalisé à un isolement acoustique standardisé, il faut **ajouter à l'isolement normalisé la valeur de correction du tableau.**

Pour passer d'un niveau de pression normalisé d'un bruit d'équipement ou d'un bruit de choc, mesuré en laboratoire à un niveau de pression standardisé in situ, il faut **retrancher les valeurs du tableau au niveau normalisé** mesuré en laboratoire.

En laboratoire les mesures sont faites entre des locaux pour lesquels les transmissions latérales par les parois autres que la paroi de séparation sont soit supprimées, soit minimisées au point d'être négligeables.

In situ, les transmissions latérales sont souvent importantes et diminuent les résultats d'isollements acoustiques ou augmentent les résultats de niveaux de pression acoustiques dans les locaux de réception. Lorsque les symboles utilisés comportent la notation « prime' », cela signifie que la mesure a été faite en présence de transmissions latérales : par exemple, R' correspond à une mesure in situ, avec transmissions latérales, de l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi de séparation par la même méthode que celle utilisée en laboratoire, sans transmissions latérales, pour déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique R de la paroi.

Pour les bruits de chocs, la notation L'_{nT} correspond à une mesure in situ du niveau de pression acoustique standardisé, avec transmissions latérales.

B1.2.- Les valeurs uniques représentatives des caractéristiques des éléments mesurées en laboratoire et des caractéristiques des bâtiments mesurées in situ

(Voir les tableaux des deux pages suivantes)

Tableau B.2.- Caractéristiques d'éléments mesurées en laboratoire et quelques précautions à prendre lorsqu'on les utilise pour répondre à la demande d'un cahier des charges.

Élément mesuré	Caractéristique	Symbole	Unité	Observations
murs, planchers, cloisons, portes, fenêtres	Indice d'affaiblissement pondéré, avec ses termes d'adaptation, C pour un bruit rose à l'émission et C_{tr} pour un bruit de trafic routier à l'émission	$R_w (C ; C_{tr})$	dB	Ne pas confondre l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi et l'isolement acoustique entre locaux séparés par cette paroi. Pour passer de l'indice R à un isolement D, il faut introduire l'influence de la dimension des locaux et des transmissions par les parois latérales. Pour les parois de séparation en maçonnerie lourde, l'isolement D est souvent inférieur de 5 à 6 dB à la valeur de l'indice. Pour les parois de séparation légères, l'écart en défaveur de l'isolement peut se situer entre 0 et plus de 10 dB.
	Indice d'affaiblissement acoustique calculé en dB(A) pour un bruit rose à l'émission	$R_w + C$ ou RA	dB	
	Indice d'affaiblissement acoustique calculé en dB(A) pour un bruit à l'émission de type trafic routier	$R_w + C_{tr}$ ou $R_{A,tr}$	dB	
Complexes de doublages de parois	Variation d'affaiblissement acoustique par adjonction d'un doublage à l'élément séparatif de référence (mur de 16 cm de béton ou de 20 cm en blocs creux de béton)	$\Delta R_w (C ; C_{tr})$	dB	Attention ! Il peut s'agir d'une amélioration (ΔR_w positif) ou d'une dégradation (ΔR_w négatif en cas notamment de doublages thermiques à base d'isolants plus ou moins rigides)
Éléments latéraux, liés ou non à la paroi de séparation	Isolement pondéré latéral normalisé	$D_{n,f,w}(C ; C_{tr})$	dB	Pour transférer les valeurs d'isollements acoustiques normalisées mesurées en laboratoire, en valeurs d'isollements standardisées utilisées in situ, il faut appliquer des corrections liées au volume des locaux
Plafond suspendu commun aux deux locaux émission et réception	$D_{n,f}$ pour un plafond suspendu	$D_{n,c,w}(C ; C_{tr})$	dB	
Bouches d'entrée d'air, coffres de volets roulants...	Isolement pondéré normalisé pour un petit élément de construction	$D_{n,e,w}(C ; C_{tr})$	dB	
Revêtements de parois, plafonds suspendus	coefficient d'absorption pondéré	α_w (avec éventuellement L, M ou H)		Le coefficient d'absorption α_w seul n'est pas suffisant pour rendre compte de la performance du produit. Les lettres L, M ou H indiquent que le matériau a un coefficient d'absorption supérieur d'au moins 0.25 à la courbe de référence. On indique L si le dépassement est à 250 Hz, M s'il est dans les fréquences moyennes (500 et 1 000 Hz) et H s'il est dans les fréquences aiguës. (L, M ou H comme low, mean ou high en anglais)
Planchers	Niveau de pression pondéré du bruit de choc normalisé	$L_{n,w}$	dB	
Revêtement de sol	Réduction du niveau de bruit de choc pondéré dû au revêtement de sol appliqué sur un plancher de référence	ΔL_w		La valeur de ΔL_w ne peut être utilisée que si le revêtement de sol est appliqué sur un plancher lourd (béton, béton cellulaire, briques creuses ou autres matériaux semblables). Il ne peut pas être utilisé en cas de planchers à solives bois ou métal.
Source de bruit d'équipement	Niveau de puissance acoustique de la source	L_w	dB(A)	On a généralement besoin du spectre par intervalles de fréquences

Tableau B.3.- Caractéristiques des bâtiments mesurées in situ et quelles caractéristiques d'éléments de construction sont utilisées pour atteindre les résultats exigés

Type de caractéristique	Valeur unique	unité	Données utiles	observations
Isolement acoustique standardisé entre deux locaux, calculé en dB(A), mais exprimé en dB, pour un bruit rose à l'émission	$D_{nT,A}$	dB	<p>R_A des éléments composant la paroi de séparation (mur, plancher, cloison, porte,...)</p> <p>$D_{n,f,w} + C$, pour certains éléments latéraux $D_{n,c,w} + C$, en cas de plafond suspendu commun à l'émission et à la réception $D_{n,e,w} + C$, en cas de présence d'un petit élément tel qu'une grille d'aération dans la paroi de séparation</p>	Ne pas confondre l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi et l'isolement acoustique entre locaux séparés par cette paroi. Pour passer de l'indice R à un isolement D, il faut introduire l'influence de la dimension des locaux et des transmissions par les parois latérales. Pour les parois de séparation en maçonnerie lourde, l'isolement D est souvent inférieur de 5 à 6 dB à la valeur de l'indice. Pour les parois de séparation légères, l'écart en défaveur de l'isolement peut se situer entre 0 et plus de 10 dB. Les écarts élevés sont obtenus avec des parois de séparation très performantes.
Isolement de façade	$D_{nT,A,tr}$		<p>$R_{A,tr}$ des éléments composant la façade (Parois opaques, fenêtres,...)</p> <p>$D_{n,e,w} + C_{tr}$ des petits éléments incorporés dans la façade (entrées d'air, coffres de volets roulants,...)</p>	voir la fiche isolement acoustique de façade
Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé	$L'_{nT,w}$		<p>$L_{n,w}$</p> <p>ΔL_w</p>	Attention ! Le niveau de bruit de choc normalisé diminue lorsque le volume du local de réception augmente.
Niveau de pression acoustique normalisé pour un bruit d'équipement	L_{nAT}	dB (A)	L_w	Les mesures continuent à se faire dans les intervalles d'octave centrés sur 125 à 4000 Hz, alors que pour les grandeurs précédentes, elles se font entre l'octave centré sur 125 et 2000 Hz.
Durée de réverbération, moyenne arithmétique des durées de réverbération dans les intervalles d'octave centrés sur 500, 1000 et 2000 Hz	T_r	s	Courbe du coefficient d'absorption d'un matériau par intervalles d'octave	Le coefficient d'absorption en valeur unique α_w n'est d'aucune utilité pour ce type de caractéristique de local

B2.- Performances acoustiques de divers éléments de construction

B2.1.- Caractéristiques d'absorption

B2.1.1.- Coefficients d'absorption de surfaces couvertes par différents éléments

	Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Maçonnerie et enduits	Béton lisse ou peint	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.07
	Brique brute	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
	Brique peinte	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
	Enduit sur mur lourd	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	Parpaing brut	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
	Plâtre peint	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
Revêtements de sol	Carrelages plastiques	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02
	marbre	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	moquette	0.05	0.10	0.25	0.40	0.60	0.70
	Moquette sur thibaude	0.10	0.20	0.50	0.60	0.80	0.80
	Parquet collé	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07	0.07
	Parquet sur lambourdes	0.20	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
Divers	Bois vernis	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
	Porte plane	0.30	0.20	0.20	0.10	0.07	0.04
	Verre ordinaire	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
	Contreplaqué de 5mm à 50 mm du mur	0.45	0.35	0.30	0.10	0.08	0.08
	Liège aggloméré	0.15	0.25	0.22	0.22	0.20	0.20
	Mousse audio 50 mm	0.15	0.25	0.65	0.90	1.00	1.00
Voilages tentures	Draperie contre mur	0.04	0.05	0.11	0.18	0.30	0.45
	Rideau de velours	0.10	0.30	0.50	0.80	0.75	0.65
	Tenture plissée	0.20	0.35	0.55	0.70	0.65	0.60
	Draperie coton plis serrés	0.10	0.40	0.50	0.85	0.80	0.65
Auditoire	Spectateur assis	0.60	0.75	0.90	0.95	0.93	0.85
	Auditoire	0.55	0.70	0.80	0.90	0.90	0.90
	Auditoire sur sièges capitonnés	0.60	0.80	0.90	0.95	0.92	0.90
	Auditoire sur sièges bois	0.25	0.40	0.80	0.90	0.90	0.85
Sièges (entre 1.5 et 2 par m ²)	Sièges simili cuir rembourrés	0.45	0.55	0.60	0.60	0.55	0.50
	Sièges de tissu rembourrage épais	0.50	0.65	0.80	0.90	0.80	0.70
	Sièges bois	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15
	Sièges bois rembourrés	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25
	Sièges plastique	0.35	0.45	0.50	0.50	0.50	0.45
	Sièges cuir	0.40	0.50	0.55	0.55	0.55	0.50
	Sièges capitonnés simples	0.45	0.55	0.60	0.70	0.70	0.70
	Sièges capitonnés perforés	0.50	0.65	0.75	0.85	0.85	0.80

B2.1.2.- Aires d'absorption équivalente de divers éléments, en m²

		Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Personnes	0.5 m ² /personne assise sur une chaise en bois	0.08	0.16	0.25	0.32	0.33	0.34	
	1 m ² /personne assise sur une chaise en bois	0.18	0.26	0.55	0.68	0.78	0.78	
	6 m ² / personne	0.12	0.18	0.35	0.56	0.68	0.74	
	7 m ² /personne debout	0.12	0.19	0.42	0.66	0.86	0.94	
sièges	Chaise pliante en bois non occupée	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	
	Siège capitonné simple avec tissu	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.40	
	Siège capitonné simple avec cuir	0.05	0.15	0.20	0.10	0.03	0.03	
	Siège de théâtre pliant	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
Divers	Musicien avec son instrument (1.1 m ² / personne)	0.16	0.42	0.87	1.07	1.04	0.94	
	Musicien avec son instrument (2.3 m ² / personne)	0.03	0.13	0.43	0.70	0.86	0.99	
	Chanteur du chœur	0.15	0.30	0.40	0.45	0.45	0.55	
	Elèves dans salle de cours avec table en bois (3 m ² / personne)	0.14	0.20	0.32	0.54	0.58	0.70	

B2.2.- Indices d'affaiblissement acoustique de planchers murs ou cloisons

B2.2.1.- Indices d'affaiblissement acoustique de parois simples

Matériau	Epaisseur (m)	m' en kg/m ²	R _w en dB	R _A en dB	R _{A,tr} en dB
Béton	0.10	235	48	47	42
	0.12	280	51	50	45
	0.14	330	54	52	48
	0.15	350	55	53	49
	0.16	375	57	55	51
	0.17	400	58	56	52
	0.18	423	59	57	53
	0.19	445	60	58	54
	0.20	470	60	59	54
	0.21	495	61	60	55
	0.22	515	62	61	56
	0.23	540	63	61	57
	0.24	565	64	63	58
	0.25	590	65	63	59
Dalle alvéolée 160 U nue	0.16	283	56	54	50
Dalle alvéolée 265W nue	0.265	350	59	58	55
Dalle alvéolée 200W+0.08	0.28	430	64	63	59
Dalle alvéolée 265W+0.06	0.325	500	63	62	58
Blocs de béton cellulaire	0.15	110	40	39	36
	0.20	145	44	43	41
	0.25	180	48	47	44
Blocs de béton creux	0.10	150	43	42	40
	0.125	185	45	44	42
	0.15	220	48	47	45
	0.175	250	52	51	48
	0.20	275	55	54	51
Blocs de béton pleins	0.10	240	50	49	46
	0.125	285	53	52	49
Blocs de béton plein ou pleins perforés	0.15	330	56	55	51
	0.20	420	62	61	57
Blocs pleins de béton léger	0.15	250	51	50	45
	0.20	310	54	53	49
Briques creuses	0.15	200	46	45	42
	0.20	250	52	51	49
Briques perforées	0.22	330	55	54	51
Briques pleines	0.11	210	45	44	42
	0.22	410	59	58	55
Briques plâtrières	0.05	60	32	32	31
	0.07	70	34	34	32
Carreaux de plâtre	0.05	50	32	32	30
	0.07	70	35	34	33
	0.10	100	38	37	35

Matériau	Epaisseur (m)	m' en kg/m ²	R _w en dB	R _A en dB	R _{A,tr} en dB
Tôle d'acier	0.001	8	32		
	0.0035	28	39		
	0.007	55	35		
Tôle d'aluminium	0.0005	1	19		
	0.002	5	24		
	0.0095	9	29		
Plaques de plâtre	0.0125	11	30		
	0.018	16	31		

Pour les parois simples, on peut évaluer l'indice d'affaiblissement acoustique R_A à l'aide de la loi de masse expérimentale donnée dans la figure ci-dessous

Exemple : Un bloc de béton plein de 20 cm, enduit sur une face, a une masse surfacique de 420 kg/m² (voir les données en rouge du tableau ci-dessus). Le graphique de la loi de masse expérimentale donnerait un R_A compris entre 57 et 58 dB. Le tableau donne 57 dB.

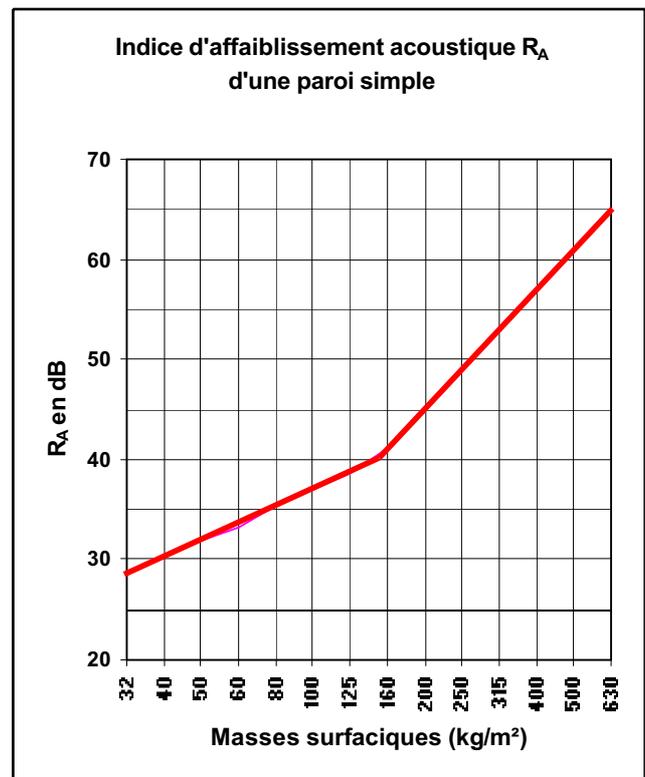


Figure B1 : Loi de masse expérimentale pour les parois simples

B2.2.2.- Indices d'affaiblissement acoustique de parois doubles à base de plaques de plâtre sur ossature(s)

Dénomination	Nombre d'ossatures (1)	Parement 1	Parement 2	Épaisseur totale en m	Masse surfacique en kg/m ²	R _w en dB	R _w + C (R _A) en dB
72/36 (vide)	1	1 BA18	1 BA18	0.072	36	37	35
72/36 (avec laine minérale)	1	1 BA18	1 BA18	0.072	36	44	41
72/48 (vide)	1	1 BA13	1 BA13	0.072	24	34	33
72/48 (avec laine minérale)	1	1 BA13	1 BA13	0.072	24	42	39
84/48 (vide)	1	1 BA18	1 BA18	0.084	36	38	36
84/48 (avec laine minérale)	1	1 BA18	1 BA18	0.084	36	44	42
96/60 (vide)	1	1 BA18	1 BA18	0.096	36	40	38
96/60 (avec laine minérale)	1	1 BA18	1 BA18	0.096	36	47	44
98/48 (vide)	1	2 BA13	2 BA13	0.098	48	42	40
98/48 (avec laine minérale)	1	2 BA13	2 BA13	0.098	48	49	47
100/70 (vide)	1	1 BA15	1 BA15	0.1	30	39	37
100/70 (avec laine minérale)	1	1 BA15	1 BA15	0.1	30	46	43
120/70 (vide)	1	2 BA13	2 BA13	0.12	48	44	43
120/70 (avec laine minérale)	1	2 BA13	2 BA13	0.12	48	52	50
140/90 (vide)	1	2 BA13	2 BA13	0.14	48	46	45
140/90 (avec laine minérale)	1	2 BA13	2 BA13	0.14	48	53	51
120/70 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.12	48	59	57
140/90 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.14	48	61	58
160/110 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.16	48	62	59
180/130 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.18	48	67	64
200/150 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.20	48	66	64
220/170 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.22	48	68	65
240/190 (avec laine minérale)	2	2 BA13	2 BA13	0.24	48	68	67
180/120 (avec laine minérale)	2	3 BA13	2 BA13	0.18	60	67	64
192/120 (avec laine minérale)	2	3 BA13	3 BA13	0.19	72	68	66

(1) La paroi comporte une seule ossature ou deux ossatures indépendantes (une par parement)

Exemple : La paroi 120/70 avec laine minérale en rouge dans le tableau est constituée de deux parements composés chacun de deux plaques de plâtre BA 13, fixés sur une seule ossature, avec une laine minérale entre les éléments d'ossature. L'épaisseur totale de la paroi est de 120 mm, et l'intervalle entre les parements est de 70 mm. Son indice d'affaiblissement R_A est de

50dB. Si la cloison ne comportait pas de laine minérale, son indice d'affaiblissement acoustique serait de 43 dB (ligne du dessus). Si cette cloison de 120 mm d'épaisseur, avec laine minérale, avait deux ossatures indépendantes au lieu d'une, son indice serait de 57 dB (trois lignes en dessous).

B2.2.3.- Indices d'affaiblissement acoustique de cloisons alvéolaires

Elles sont constituées de deux plaques de plâtre séparées par un réseau cartonné : Ces parois ne sont pas très performantes, mais n'ont pas de

défauts mal placés dans les fréquences moyennes et n'augmentent pas les transmissions latérales entre locaux.

Dénomination	Epaisseur (en m)	Masse surfacique m (en kg/m ²)	R _A (en dB)
Paroi alvéolaire 50	0.05	18	31
Paroi alvéolaire 70	0.07	19	32

B2.3.- Efficacité des complexes de doublage

Un complexe de doublage est constitué d'un isolant, protégé par un parement étanche. Ce parement est une paroi mince, généralement une plaque de plâtre. Le doublage peut être collé sur la paroi support ou mis en œuvre avec une ossature en bois ou métal. Pour une meilleure efficacité acoustique il est recommandé que l'ossature soit désolidarisée de la paroi support.

La nature et l'épaisseur de l'isolant ont une forte influence sur l'efficacité acoustique du système. Les isolants rigides, tels que les polyuréthanes rigides ou les polystyrènes extrudés ont une forte tendance à diminuer la performance acoustique par rapport à celle du support seul. Par contre, les laines minérales ou les polystyrènes élastifiés contribuent à une nette amélioration des performances acoustiques. Quant à l'épaisseur de l'isolant, plus elle est importante mieux c'est. Le tableau ci contre donne quelques résultats lorsque la paroi support équipée du complexe d'isolation est en béton de 16 cm.

	Nombre de cas	R _A en dB	ΔR _A en dB
Paroi nue (16 cm de béton)	13	56	
Polystyrène extrudé et polyuréthane rigide	7	50 à 53	- 6 à -3
Polystyrène expansé	6	52 à 57	- 4 à +1
Polystyrène élastifié	12	57 à 63	+1 à +7
Laine minérale	8	57 à 63	+1 à +7

Les isolants à éviter lorsqu'on cherche une amélioration acoustique sont en rouge.