

# S o m m a i r e

## introduction

### **1** maîtrise du bruit dans les locaux scolaires **5**

### **2** les types de problèmes acoustiques principes de solutions **11**

<b>2/1</b>	1.1 Les différents types de bruits ..... 12
	1.2 Isolements acoustiques recommandés ..... 13
	1.3 Comment obtenir des isolements acoustiques normalisés ? ..... 16
	1.4 METHODE SIMPLIFIEE
	1.5 Problèmes types d'isolements acoustiques vis-à-vis des bruits extérieurs et choix de la méthode la plus rapide pour les résoudre. .... 27
	1.6 Transmission des bruits extérieurs par les toitures. .... 29
	1.7 Protections par écrans acoustiques. .... 30
	 ANNEXE : Méthode de calcul des isolements de façades. .... 31

<b>2/2</b>	2.1 Recommandations du Ministère de l'Education Nationale. .... 33
	2.2 METHODE SIMPLIFIEE. .... 35
	2.3 Exemple d'application. . 40
	2.4 Cas d'isolements acoustiques entre salles avec portes de communication. .... 43
	2.5 Isolements acoustiques entre locaux séparés par une paroi comportant des portes et des éléments vitrés. .... 45

<b>2/3</b>	3.1 Efficacité des revêtements de sol ..... 51
	3.2 Transmission verticale : - cas des planchers en béton - cas des planchers anciens - cas des planchers à entrevous béton ou céramique. .... 53
	3.3 Atténuations dues aux transmissions diagonales ou horizontales. .... 59

<b>2/4</b>	4.1 Choix des matériels ..... 61
	4.2 Désolidarisation des installations ..... 62
	4.3 Isolation aux bruits aériens ..... 62
	4.4 Réglage et entretien du matériel ..... 63
	4.5 Implantation des matériels ..... 63
	4.6 Quelques indications relatives aux différentes installations ..... 63

# 2/5

## TRAITEMENT ACOUSTIQUE DES LOCAUX

- 5.1 Comment réaliser la correction acoustique d'une salle de classe ? ... 65
- 5.2 ABAQUE 3 : estimation des durées de réverbération des salles de classe ..... 66
- 5.3 Quelle est la meilleure place pour un matériau absorbant ? ..... 68
- 5.4 Problèmes particuliers posés par les salles polyvalentes et les restaurants ..... 71
- 5.5 Cas particulier des salles sonorisées ..... 72
- 5.6 Les ateliers :
  - correction acoustique des ateliers
  - écrans et boxes
  - cloisonnements de zones
  - protecteurs individuels ..... 86

# 2/6

## DIAGNOSTIC ACOUSTIQUE DES ETABLIS- SEMENTS EXISTANTS

- 6.1 Diagnostic descriptif ..... 87
- 6.2 Diagnostic quantitatif ... 88

# 3

## fiches techniques

91

- 1 Salles d'enseignement général ..... 91
- 2 Salles de langues ..... 93
- 3 Salles de musique ..... 97
- 4 Salles de repos des écoles pré-élémentaires ..... 98

- 5 Salles de jeux des écoles pré-élémentaires .... 101
- 6 Préaux ..... 102
- 7 Circulations ..... 103
- 8 Salles polyvalentes ..... 104
- 9 Restaurants ..... 107
- 10 Cuisines ..... 109
- 11 Centre de documentation et d'information .. 111
- 12 Service médical, infirmerie ..... 113
- 13 Bureaux ..... 114
- 14 Salles de réunion ..... 115
- 15 Logements de fonction ..... 116
- 16 Amphithéâtres ..... 117

# Annexe 1

## rappels de quelques notions d'acoustique

119

- Production des sons ..... 119
- Le bruit ..... 119
- Unités de niveaux sonores ..... 120
- Sensibilité de l'oreille humaine ..... 120
- Niveaux de pression acoustique pondérés ... 121
- Isolement acoustique entre locaux ..... 122
- Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi ..... 123
- Principes de la correction acoustique des locaux ..... 123
- Durée de réverbération d'un local ..... 124
- Mesures de la durée de réverbération ..... 124
- Importance de la durée de réverbération ..... 126
- Principes du traitement acoustique d'un local ..... 127
- Les matériaux absorbants acoustiques ..... 127
- Variation de l'absorption suivant les matériaux ..... 128
- Notion d'aire d'absorption équivalente ..... 130
- Détermination de la nature et de la quantité des matériaux absorbants ..... 130
- Emplacement des matériaux ..... 130
- L'amélioration de l'isolation acoustique contre les bruits aériens ..... 130
- Classification et efficacité des procédés de renforcement d'isolation acoustique ..... 130

---

---

# Annexe 2

*extrait des  
recommandations  
relatives  
à l'acoustique  
issu du cahier des  
recommandations  
techniques* **139**

---

---

- Isolement au bruit aérien intérieur .....	139
- Niveau du bruit de choc .....	139
- Correction acoustique .....	139
- Bruits des équipements .....	140
- Bruits en provenance de l'extérieur .....	140
- Niveau d'ambiance .....	141
- Isolement au bruit aérien intérieur .....	141
- Niveau de bruit de choc .....	141
- Correction acoustique .....	143
- Cas des ateliers industriels bruyants .....	143

---

---

**L**

es établissements scolaires devraient être constitués de locaux bénéficiant d'une qualité acoustique particulièrement bien étudiée. Des messages oraux sont transmis d'une personne à une autre. Le contenu de ces messages peut présenter une certaine difficulté de compréhension ou peut être le point de départ d'une réflexion. Il est donc souhaitable que la transmission soit fidèle et que les difficultés ne soient pas augmentées par des efforts d'attention supplémentaires liés aux mauvaises conditions acoustiques du local. Celles-ci peuvent être de trois ordres :

- ou bien les bruits émis à l'extérieur de la pièce sont trop bien perçus et peuvent constituer un masque suffisant pour que le message utile soit partiellement ou totalement inaudible. Il est également possible que ces bruits parasites captent une partie de l'attention des auditeurs.
- ou bien les bruits émis à l'intérieur du local, y compris les bruits utiles, sont transformés par le local lui-même au point de les rendre difficiles à assimiler. Le local, en particulier, peut être trop réverbérant (les bruits semblent amplifiés et confus) ou trop sourd (les bruits sont trop atténués en fonction de la distance à la source et sont mal perçus par les personnes situées loin de celle-ci).
- ou bien trop de sources de bruit fonctionnent dans la pièce, ce qui rend difficile la perception de l'une d'entre elle. Comment se faire entendre d'un auditoire bavard ?.

Mais à supposer que les locaux soient bien traités sur le plan de l'isolation acoustique aux bruits aériens, de chocs ou d'équipements, et dans le domaine de l'acoustique interne des salles, ce n'est pas pour autant que toutes les conditions matérielles d'un bon enseignement seront réunies. Si l'éclairage est défectueux ou si les locaux sont sales, ou encore si les occupants ont trop chaud ou trop froid, la bonne qualité acoustique sera rarement remarquée. Le confort résulte de la satisfaction d'un grand nombre de critères dans des domaines très divers. Si l'un de ces critères est particulièrement mal traité, l'ensemble peut être rejeté en bloc.

Il est heureusement possible de traiter plusieurs domaines à la fois par le même procédé, grâce à un choix judicieux des matériaux ou des techniques utilisées. La solution à un problème qui se pose dans un domaine doit être choisie en veillant à ses conséquences positives ou négatives dans les autres disciplines. Une isolation thermique doit être déterminée en pensant acoustique, esthétique, entretien, sécurité, durabilité, aération, fragilité, etc... Se poser le problème de la compatibilité d'une solution avec toutes les fonctions utiles, c'est déjà le résoudre en grande partie.

**L'acoustique est un des facteurs importants d'appréciation de la qualité des locaux scolaires.**

En 1984, à la demande du Ministère de l'Education Nationale, une enquête a été réalisée auprès de 1346 établissements scolaires de type de construction divers, répartis sur tout le territoire. Cette enquête était l'une des parties d'une étude relative aux caractéristiques des locaux scolaires (1).

Pour chaque établissement interrogé, un questionnaire à remplir comprenait 9 types de questions.

- A) Renseignements sur l'établissement (immatriculation, nom et adresse, nombre d'élèves, nombre de classes, année de construction, type de construction...).
- B) Appréciation globale de la qualité acoustique : satisfaction ou insatisfaction.
- C) Origine des insatisfaction et notamment types de bruits gênants.
- D) Locaux où se manifeste la gêne.
- E) Conséquences de la gêne.
- F) Avis sur les raisons des défauts constatés.
- G) Travaux d'amélioration déjà envisagés.

(1) Cf référence bibliographique n° 8

H) Travaux d'amélioration réalisés et appréciation de ces travaux.

I) Personne à joindre au cas où des mesures acoustiques seraient prévues.

Plus des deux tiers des établissements sollicités ont répondu au questionnaire. Cela montre tout l'intérêt que portent au confort acoustique les utilisateurs des locaux d'enseignement.

Près de 20 % des réponses ont exprimé une satisfaction globale vis à vis de la qualité acoustique de l'établissement.

Cela ne veut pas dire que les 80 % restant sont mauvais. Mais dans 80 % des cas, il existe des gênes acoustiques plus ou moins localisées. Lorsqu'il y a insatisfaction, elle provient ou bien d'une trop grande réverbération des locaux, ou bien d'une isolation acoustique trop faible entre locaux, ou bien d'une transmission trop importante des bruits extérieurs à l'établissement.

Les locaux les plus cités dans les cas où il y a gêne, sont les salles de classe, les salles à manger, et les salles de réunion des professeurs.

Lorsqu'il y a eu des travaux d'amélioration, le plus souvent limités à la mise en place de revêtements absorbants dans les salles, les réponses font état de résultats satisfaisants.

Pour 119 établissements qui avaient fait l'objet d'une campagne de mesures acoustiques, la confrontation des résultats de mesures et des réponses au questionnaire a été riche en enseignements, et nous en tiendrons le plus grand compte dans ce guide acoustique.

Les bruits indésirables nuisent à l'exploitation des bruits utiles.

**I** l faut faire preuve d'une grande volonté pour suivre un discours produit dans une ambiance acoustique défavorable. Celle-ci peut être caractérisée par un niveau sonore trop élevé, ou par une réverbération trop importante.

Une attention très soutenue d'un auditeur expérimenté lui permet de comprendre son interlocuteur à condition que le discours ne soit pas trop long et que le langage soit simple. On ne peut évidemment pas demander une telle performance à des enfants à l'école.

Les ambiances acoustiques favorisant l'intelligibilité de la parole, la compréhension du discours, les efforts de réflexion, dépendent de trois facteurs :

Pour une bonne intelligibilité : diminuer le bruit de fond, assurer une bonne isolation acoustique vis à vis des bruits extérieurs à la classe, doter la classe d'un traitement acoustique interne soigné.

- le bruit de fond existant dans le local, dû soit aux bruits produits dans les espaces environnants, soit aux bruits produits dans le local même, à l'exception des bruits utiles qui doivent être perçus par tous.
- l'isolation du local vis à vis des espaces environnants permet de limiter les bruits transmis dans le local. Cette isolation vise aussi bien les bruits aériens (émis dans l'air et transmis par l'air), les bruits d'impacts (chocs ou déplacements d'objets sur le sol), les bruits d'équipements divers qui se transmettent par voie aérienne et par vibrations des structures.
- la réverbération interne, qui doit être adaptée à la production et à l'écoute de la parole. Dans une salle réverbérante, l'intelligibilité de la parole ne peut pas être assurée. Les sons produits restent longtemps dans le local et on a l'impression qu'ils se mélangent.

Par contre, dans un local très "sourd", ayant une réverbération trop faible, les sons différents se distinguent nettement, mais à des niveaux trop faibles dès qu'on s'éloigne un peu de la source, si bien que le niveau sonore au point d'écoute loin de la source n'émerge pas suffisamment du bruit de fond.

Pour obtenir une bonne intelligibilité de la parole, il est nécessaire de donner au local une réverbération optimale, de créer une bonne diffusion du son permettant une bonne homogénéité du champ acoustique, et enfin de supprimer des défauts particuliers tels que les échos. Mais, même si le local est traité afin de répondre au mieux aux objectifs précédents, il est indispensable que le niveau du bruit de fond soit suffisamment faible pour que les bruits utiles émergent nettement.

Un slogan devrait présider à tout projet de construction ou de réhabilitation d'établissement scolaire :

**"Bien entendre pour bien apprendre"**

Une étude globale de la qualité acoustique est nécessaire

Pour atteindre ce but, les trois facteurs - bruit de fond - isolation - réverbération, doivent être étudiés. Il ne servirait à rien de bien étudier l'un d'entre eux sans se préoccuper des autres. En conclusion d'une étude menée par le laboratoire "NATURALIA et BIOLOGIA", Madame LEHMANN a pu écrire "au cours de l'expérimentation, il est apparu un phénomène important : si on se contente d'éliminer le bruit extérieur aux salles de classe sans que soit entreprise la correction acoustique intérieure des pièces, le niveau de bruit est certes amélioré, mais il y a une augmentation de la gêne due à la réverbération et on constate une détérioration du comportement..."(1).

Les bruits perturbateurs émis à l'extérieur contribuant à créer l'ambiance du local, permettent d'obtenir trois types de situation :

- Le niveau ambiant est constitué par un bruit quasi permanent à forte intensité. C'est le cas, par exemple, d'une salle de classe peu isolée vis à vis des bruits d'une voie routière à forte circulation. L'émergence d'un discours à voix normale, voire forcée, est trop faible pour une nette perception par les auditeurs.

Des études approfondies ont montré que par ailleurs, l'attention des élèves est émoussée, les réactions sont lentes, la fatigue rapide. Notamment, on a pu noter dans des écoles élémentaires baignées dans un bruit intense, un retard sensible dans l'apprentissage de la lecture. Quant au comportement des enfants, il est marqué par une plus grande agressivité, une irritabilité anormale, et peu d'inclination à la communication verbale.

- Le niveau ambiant est dans l'ensemble relativement calme, mais est ponctué fréquemment par de courts moments de bruits perturbateurs de forte intensité. C'est le cas notamment des établissements situés à proximité d'aéroports ou de voies de chemin de fer. Les conséquences sur les enfants semblent être du même ordre que dans le type précédent.
- Le niveau ambiant est calme, mais des bruits divers produits à l'extérieur de la classe sont perceptibles même à niveaux faibles. Cela est favorable à la dispersion de l'attention, d'autant plus marquée que les bruits perturbateurs sont reconnaissables. Cela ne signifie pas qu'il faut isoler les salles de classe de telle manière qu'aucun bruit extérieur ne soit perçu. Entendre que quelqu'un parle dans la classe voisine n'est pas gênant, à condition que les paroles ne soient pas intelligibles. Peut être est-ce même rassurant de se rendre compte qu'on n'est pas seul et qu'il y a de la vie autour de la classe.

Les niveaux ambiants importants peuvent être créés dans le local

(1) Référence bibliographique n° 21

Mauvaises qualités acoustiques :

- inattention
- lenteur dans l'apprentissage
- irritabilité
- fatigue rapide
- troubles relationnels
- déficits auditifs

lui-même. C'est le cas notamment des préaux, des restaurants, des salles polyvalentes, des ateliers... Les niveaux sonores dépassent souvent 80 dB(A) et parfois 90 dB(A) dans ces locaux non traités. Il n'est pas besoin de faire de longs développements pour indiquer les dangers de telles expositions, il suffit de rappeler les trois seuils précisés dans les textes régissant la protection des travailleurs en vue de les protéger contre une perte d'audition :

- 80 dB(A), niveau équivalent pendant 40 heures, considéré généralement comme seuil en-dessous duquel un individu adulte n'ayant pas une sensibilité particulière ne risque pas de surdité.
- 85 dB(A), seuil d'alerte.
- 90 dB(A), seuil de danger.

D'après Madame MOCH, Maître Assistante en Psychologie à l'Université de PARIS VIII, "plusieurs études faites dans des centres d'apprentissage font état d'un taux d'atteinte auditive anormalement élevé et mettent l'accent sur le lien qu'il semble y avoir entre la précocité de l'exposition au bruit et l'ampleur des déficits auditifs constatés".

Dans le cas des ateliers, le choix des machines, leur emplacement, leur protection acoustique proche, permettent de limiter le bruit. Si par le type de travail, le bruit dans certaines zones, notamment au poste de travail, reste trop élevé, une protection individuelle telle que le port d'un casque est obligatoire.

Dans le cas des locaux du type restaurant, préaux... il n'est pas possible de limiter le bruit à la source, même de façon autoritaire. On ne peut agir que sur deux facteurs, limitation du nombre de personnes, donc du nombre de sources, et traitement acoustique du local.

Qu'il s'agisse de bruits extérieurs à l'établissement, ou de bruits intérieurs, il y a des zones plus bruyantes que d'autres. Pour les bruits extérieurs, le plan masse, l'organisation du terrain, permettront de placer les locaux peu sensibles tels que les circulations, vers les façades les plus exposées.

Une bonne organisation des plans facilite le traitement des problèmes acoustiques.

En tout état de cause, le choix du site sur lequel sera construit l'établissement scolaire est très important. En particulier, il ne faut pas accepter les terrains délaissés par les promoteurs d'autres types de construction, en raison de leur environnement défavorable.

L' cole peut être source de bruits de voisinage.

Dans l'organisation du plan masse, il faut également tenir compte du fait que l' cole est une source de bruit pour l'environnement. En particulier, le bruit dans les cours de récréation, s'il peut être considéré par certains comme un bruit positif témoin de la vitalité des hommes et femmes de demain, est considéré par d'autres comme fauteur de troubles de voisinage. On examinera la possibilité

de placer des bâtiments formant écran vis à vis des zones à protéger, comprenant des habitations ou des hôpitaux.

Pour les bruits intérieurs, on aura intérêt à regrouper les locaux calmes loin des espaces bruyants. L'utilisation de locaux tampons tels que rangements, salles de préparation, permettra souvent de bénéficier de ce qu'on pourrait appeler "le décibel gratuit".

L'acoustique est un domaine parmi de nombreux autres. Rechercher des solutions compatibles.

Quant au choix des solutions permettant de satisfaire les impératifs d'isolation ou de correction acoustique, il ne pourra se faire qu'en examinant les possibilités de répondre aux contraintes autres qu'acoustiques. Il est évidemment exclu de vouloir traiter un problème acoustique au détriment de la sécurité ou de l'hygiène, à l'aide de matériaux d'une durabilité incertaine et d'un entretien coûteux. Cette démarche serait tout aussi inadmissible que celle qui consisterait à réaliser un capotage d'une machine très efficace sur le plan acoustique, mais qui causerait l'arrêt de cette machine par manque de ventilation du moteur.

De même, on pourrait considérer que l'acoustique est une science conduisant à des procédés coûteux, si ceux-ci ne sont prévus que pour répondre aux impératifs acoustiques. On peut en profiter, par un choix judicieux des produits, pour traiter également d'autres fonctions. Encore faut-il se poser le problème de la compatibilité de la solution avec ces différentes fonctions.

Ainsi, un préau sous toiture peut être réalisé avec des bacs supports d'isolant thermique et de couverture, auto portants entre pannes, dont la face côté préau serait absorbante acoustiquement. Cela évite de réaliser l'isolation thermique et la couverture d'une part, et d'autre part de mettre en oeuvre des éléments absorbants acoustiques suspendus.

Tout cela montre que dans l'étude de nouveaux établissements, les préoccupations acoustiques doivent être présentes dès le départ du projet et pourquoi pas, dès le choix du site. L'acoustique doit faire partie d'une approche globale intégrant les impératifs de fonctionnement, d'hygiène et de sécurité, d'éclairage, de chauffage, d'aération, de durabilité, d'entretien et d'esthétique.

Les solutions efficaces, simple et économiques, résultent d'une concertation de tous, sans oublier les utilisateurs.

Nous espérons que le lecteur se rendra compte dans la suite du guide, qu'il ne faut pas "avoir peur" des problèmes acoustiques et que des solutions simples peuvent être décelées pour peu que la recherche de bonnes conditions acoustiques soit une préoccupation réelle des constructeurs.

Dans le cas d'amélioration de locaux existants, les maîtres d'ouvrages et les concepteurs ont encore plus de chances de déterminer des solutions qui seront acceptées par tous, car ils disposent d'interlocuteurs de choix : les utilisateurs des locaux. Ceux-ci devraient être sollicités pour participer à l'étude des dispositions à prendre. L'efficacité d'une telle démarche a été de

nombreuses fois mise en évidence par le Professeur JOSSEMAND lors de l'étude du traitement acoustique d'ateliers existants.

Se préoccuper de l'acoustique des locaux scolaires est indispensable. Pour l'illustrer, nous prendrons les conclusions de deux études récentes (1) :

Bonne qualité acoustique :

- plus de sécurité
- meilleure communication
- moins de fatigue
- plus de participation
- plus d'attention

Dans la première, Madame MOCH rappelle que le bruit provoque l'inattention, une participation réduite des enfants aux différentes activités qui leur sont proposées, une difficulté à rester longtemps sur un travail, de l'agressivité, de l'irritabilité, de la fatigue, de l'agitation. Elle ajoute : "on pense enfin que le bruit qui rend difficile les communications verbales, peut favoriser l'apparition d'un sentiment d'isolement, peut gêner la sociabilité des enfants, entraîner des troubles relationnels".

Dans la deuxième étude, les effets bénéfiques de traitements acoustiques ont été montrés par Mme LEHMANN :

"Après traitement acoustique de cantines, par diminution de la durée de réverbération et modification du matériel, le niveau de bruit moyen en présence des enfants a diminué de 13 dB(A). On a constaté alors que :

- les enfants terminent leur repas en plus grand nombre.
- la communication est facilitée et le nombre de conversations, donc la sociabilité verbale, augmente.
- il y a une réduction importante du niveau d'abattement des enfants, un éveil et une diminution d'agressivité.
- une grande diminution des interventions disciplinaires de la part de l'encadrement.
- dans les classes qui suivent, les enfants sont plus calmes et plus attentifs".

"Après augmentation de l'isolation acoustique de salles de classes vis à vis de bruits extérieurs et diminution de la durée de réverbération dans ces salles, les études sur les enfants montrent :

- les enfants entre 3 et 11 ans qui ont fait l'objet des expérimentations, sont moins agités et moins bruyants.
- les enfants participent avec plus d'attention et d'efficacité aux enseignements.
- ...

(1) Cf bibliographie n° 23 et 19.

- les enseignants sont moins fatigués - les comportements globaux des enfants s'améliorent très nettement.

Dans les activités libres en école maternelle, plus des trois quarts des enfants présentent une augmentation de signes positifs tels que "éveil, attention" et une réduction de signes négatifs tels que "jeux, bâillements, désintérêt".

Dans tout ce qui suit, nous donnerons des solutions permettant de satisfaire à des recommandations donnant des valeurs minimales d'isolation ou de réverbération souhaitées. Ces valeurs sont celles du Cahier des Recommandations Techniques rappelés en annexe II.

# 2/1

Implanter un établissement scolaire dans une zone bruyante, soit en raison des bruits de circulation routière ou ferroviaire, soit en raison de survol d'avions, soit en raison de la proximité d'une industrie bruyante, revient à ajouter des contraintes importantes à celles qui normalement découlent de la maîtrise des bruits produits à l'intérieur de l'établissement. Ces contraintes supplémentaires sont non seulement d'ordre économique, mais rejettent également sur le confort d'utilisation des locaux.

Une façade étudiée pour obtenir un bon isolement acoustique vis à vis des bruits extérieurs est performante tant que les fenêtres restent fermées. L'aération des locaux ne peut se faire que par un système du type ventilation mécanique.

Si l'établissement est dans une zone proche d'un aéroport, le survol d'un avion le baigne dans une ambiance acoustique à peu près homogène, et aucune façade n'est plus protégée qu'une autre.

Notons que la toiture est également exposée de la même manière.

Par contre, si il est à proximité d'une voie à grande circulation routière, ou d'une voie ferrée, il peut être possible d'organiser les plans de façon à placer les locaux peu sensibles côté bruyant (par exemple, les circulations) de façon à protéger naturellement les locaux dans lesquels on recherche le calme. Dans ce cas, le bâtiment lui-même constitue un écran efficace.

Cette étude est évidemment à faire pour tous les bâtiments futurs. Par contre, dans le cas des établissements existants, il est nécessaire d'étudier des renforcements d'isolation acoustique efficaces, que nous évoquerons plus loin. Ceux-ci peuvent consister à améliorer l'isolation acoustique des façades, mais aussi à créer des écrans.

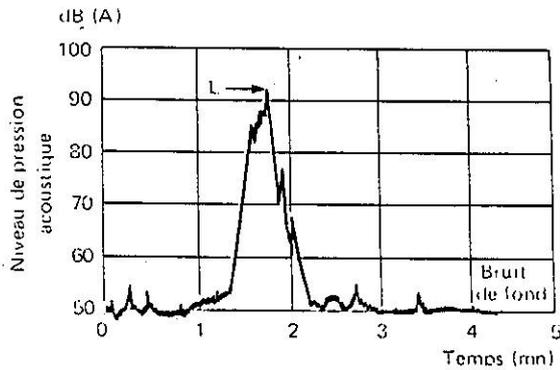
Dans tous les cas, il n'est pas suffisant de se poser le problème de l'isolation acoustique des façades. Il ne faut pas oublier la possibilité de transmission par les toitures. Nous donnerons également quelques indications dans ce domaine.

## ISOLATION ACOUSTIQUE VIS A VIS DES BRUITS EXTERIEURS

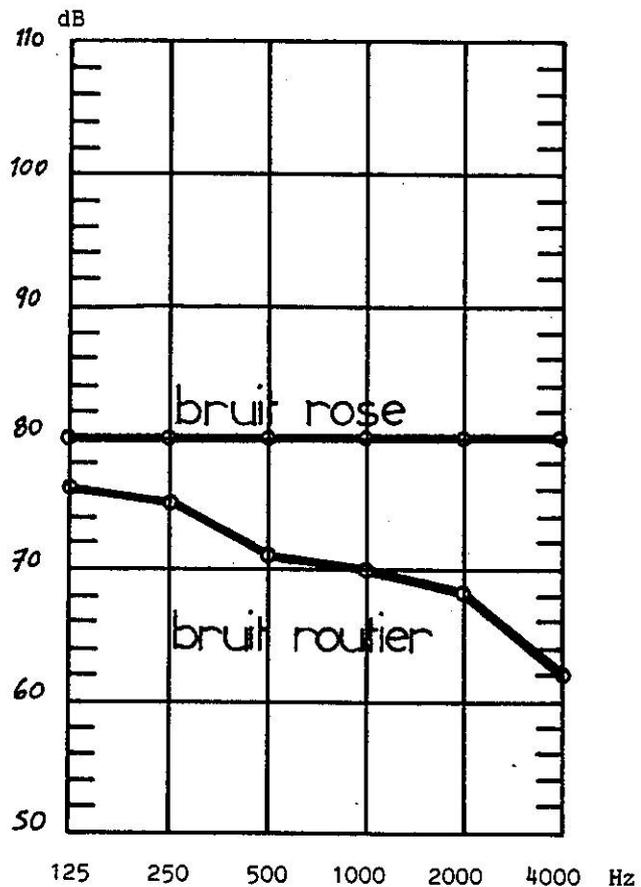
## 1.1 LES DIFFERENTS TYPES DE BRUITS :

Il y a lieu de distinguer les bruits d'avions des bruits de circulation routière ou ferroviaire. Ils correspondent à des bruits intermittents très intenses pendant un temps relativement court (figure 1).

**Figure 1**  
Exemple d'enregistrement graphique de la variation du niveau de bruit d'un avion, au sol, au cours d'un survol.  
( EXTRAIT DU REEF )



Ces bruits n'ont pas de fréquences prédominantes et on a pris l'habitude de les assimiler à des bruits "roses" qui ont le même niveau de pression acoustique dans chaque intervalle d'octave (figure 2).



**Figure 2**  
Spectres d'un bruit rose et d'un bruit routier.

Les bruits de circulation routière sont plus chargés en fréquences graves qu'en fréquences moyennes ou aiguës. Un spectre de bruit "route" a été défini dans la réglementation relative à l'isolation des bâtiments d'habitation vis à vis des bruits de l'espace extérieur (arrêté du 6 octobre 1978 modifié le 23 février 1983) (figure 2). Les bruits de circulation routière peuvent être intenses pendant une durée relativement longue.

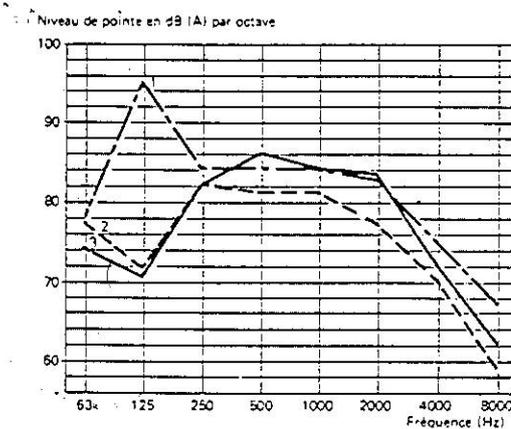
Pour les bruits de circulation ferroviaire (figure 3), les forts niveaux sonores sont produits pendant un temps relativement court. Le spectre de bruit conventionnel admis par la réglementation et celui d'un bruit routier.

**Figure 3**

Spectres de bruits de trains à 30 m pour :

- 1 - Un autorail à moteur diesel
- 2 - Un train de marchandises à traction électrique
- 3 - Un train de voyageurs à traction électrique.

(Exemple extrait du REEF)

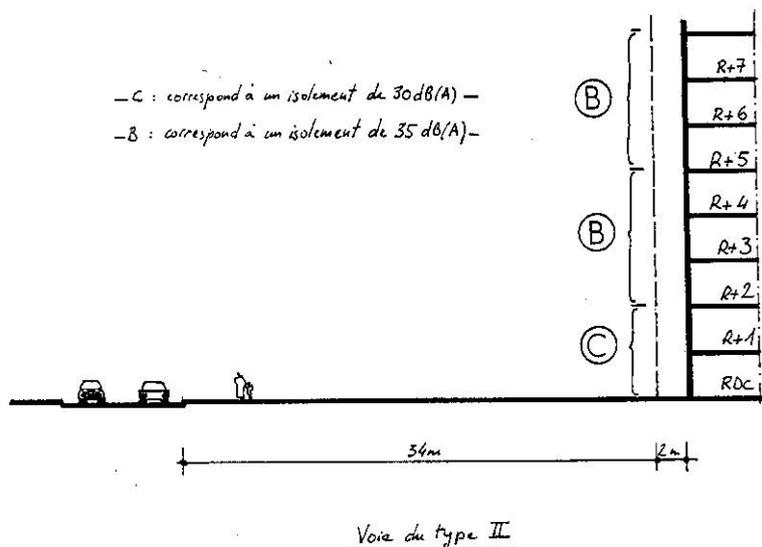


## 1.2 LES ISOLEMENTS ACOUSTIQUES RECOMMANDÉS :

Les niveaux sonores produits en avant des façades sont évalués en appliquant une méthode relativement simple annexée à l'arrêté du 6 octobre 1978 modifié, relatif aux immeubles d'habitation.

Cette méthode tient compte en particulier, de la nature des voies de circulation définie par le nombre de files et le débit de véhicules, de la position de la voie sur le terrain (en remblai, en déblai, sans accidents...), de la distance à la façade, des écrans complets ou partiels placés éventuellement entre la voie et cette façade et de la hauteur, ou de l'étage auquel se situe la pièce à protéger.

Par exemple, une pièce située au 2ème étage d'un bâtiment situé en exposition directe (sans écran) à 34 m d'une voie de circulation de type II, ayant moins de quatre files de circulation et construite au niveau du terrain naturel, devra bénéficier d'un isolement acoustique au bruit routier de 35 dB(A) s'il s'agit d'une pièce principale ou d'une cuisine d'un logement (figures 4a-b-c).



**Figure 4a**  
 Position du bâtiment par rapport à la voie.

I. — Voies à moins de 4 files de circulation.

I-1. Voie au niveau du terrain naturel ( $-2\text{ m} \leq h < +2,5\text{ m}$ ).

R+5 et plus	B	C	D																	
R+2 à R+4	B	C	D																	
R de C et R+1	B	C	D																	
Distance	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190m	

Distance : comptée à partir de la plate-forme.

**Figure 4b**  
 Détermination du type d'isolement acoustique.

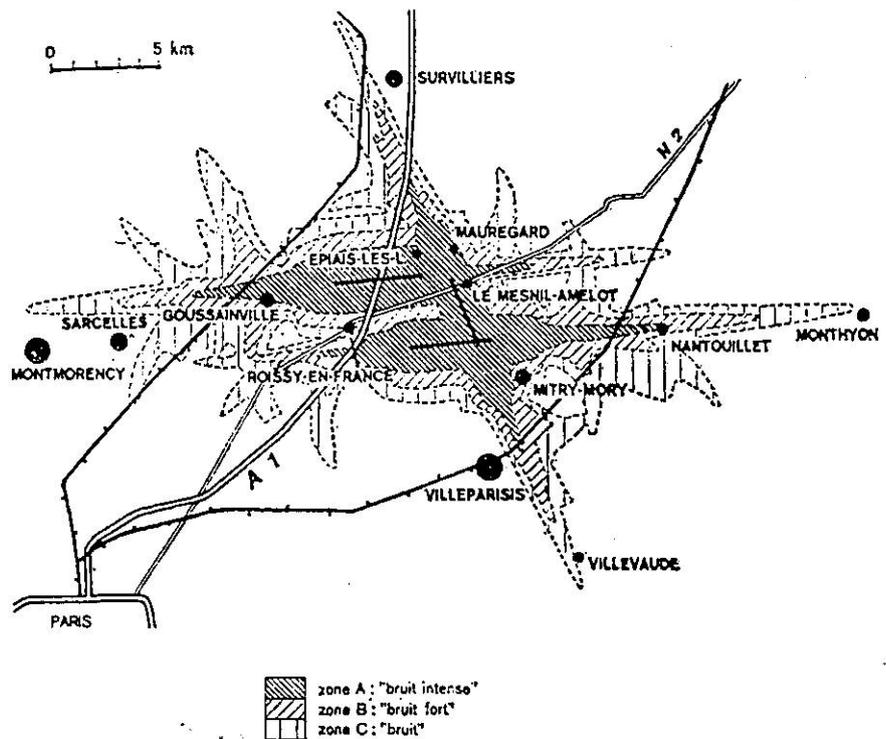
Isollements des bâtiments d'habitation (valeur en dB (A)).

Type de voie (1)	I			II			
	Exposition directe	Exposition indirecte		Type d'isolement	Exposition directe	Exposition indirecte	
		Tissu discontinu	Tissu continu			Tissu discontinu	Tissu continu
A	45 dB (A)	40 dB (A)	35 dB (A)	A	40 dB (A)	35 dB (A)	30 dB (A)
B	40 dB (A)	35 dB (A)	30 dB (A)	B	35 dB (A)	30 dB (A)	I c
C	35 dB (A)	30 dB (A)	I c	C	30 dB (A)	I c	I c
D	30 dB (A)	I c	I c	D	I c	I c	I c

**Figure 4c**  
 Valeur de l'isolement.

(1) Pour les voies non recensées, la valeur d'isolement applicable de façon systématique correspond à un isolement courant sans disposition particulière.  
 I c = isolement courant, sans disposition particulière (I c correspond en fait à une absence de prescription).

Pour les bruits d'avions, il a été défini autour des aérodromes, des zones correspondant à des expositions sonores plus ou moins fortes. Ces zones appelées A, B ou C (la zone A étant la plus bruyante), sont assorties de contraintes acoustiques (figure 5).



**Figure 5**

Carte de bruit autour des aéroports.

(Exemple extrait du REEF)

L'isolement acoustique global exprimé en dB(A) dépend de la nature du bruit émis.

Pour les habitations et les locaux scolaires, on ne peut construire qu'en zone C et encore à condition que les isolements acoustiques normalisés entre l'extérieur et les locaux aient une valeur minimale définie par arrêté.

Pour les pièces principales des bâtiments d'habitation, cet isolement minimal est de 35 dB(A) pour un bruit rose à l'émission et pour une durée de réverbération de référence de ces pièces de 0.5 seconde à toutes les fréquences.

Ce qui précède nécessite quelques précisions :

Un isolement acoustique exprimé en dB(A) dépend du spectre du bruit émission. Il est différent suivant que ce bruit est rose ou du type routier. Il y a souvent un écart voisin de 4 dB(A) entre les deux, l'isolement au bruit routier étant le plus faible.

Un isolement acoustique normalisé correspond à un isolement obtenu lorsque le local de réception a des caractéristiques acoustiques de référence. cette référence est exprimée sous la forme d'une durée de réverbération.

Pour les mêmes locaux, les isolements acoustiques normalisés notés  $D_n$  sont différents si les durées de réverbérations de références sont différentes. Il sont plus faibles si la durée de

Suivant l'exposition des locaux scolaires aux bruits routiers, les isolements acoustiques à obtenir par les façades sont de 43, 38, 33 ou 28 HdB(A). Il n'est rien demandé en zone calme.

réverbération de référence est plus forte.

Pour les locaux scolaires, les isolements recommandés vis à vis des bruits extérieurs pour des durées de réverbération de référence de 0.8 seconde, sont de 2 dB(A) inférieurs à ceux déterminés pour des pièces principales de logements avec une durée de réverbération de référence de 0.5 seconde à toutes les fréquences par application de l'annexe à l'arrêté du 6 octobre 1978 modifié.

Ainsi, suivant les conditions d'exposition des façades, les locaux d'enseignement devront bénéficier d'isolements acoustiques normalisés aux bruits routiers de 43, 38, 33 ou 28 dB(A), ou d'isolements acoustiques normalisés au bruit rose de 33 dB(A) dans le cas de bruits d'avions en zone C.

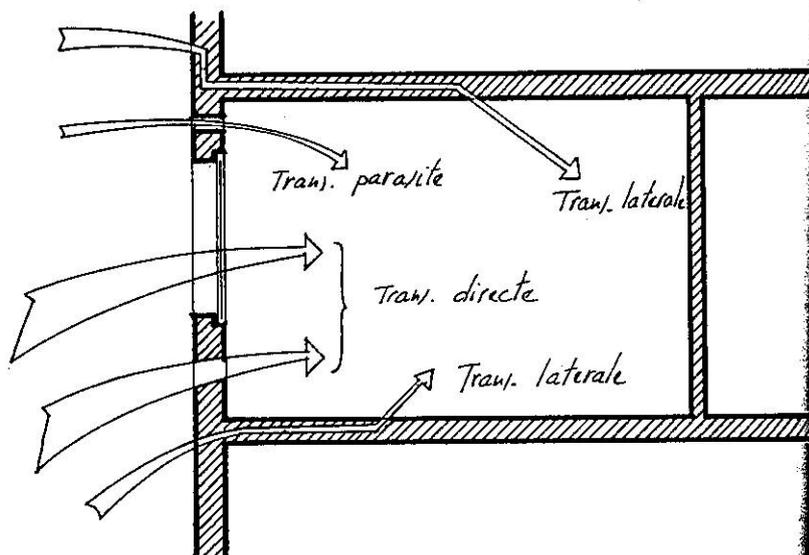
### 1.3 COMMENT OBTENIR CES ISOLEMENTS ACOUSTIQUES NORMALISES ? :

Tout d'abord, rappelons comment se transmet le bruit extérieur

Sous l'effet du bruit extérieur, la façade vibre et transmet l'énergie acoustique directement dans le local. La vibration de la façade se communique aux parois qui lui sont liées, qui deviennent source de transmission d'énergie dans le local.

Enfin, les entrées d'air ou les défauts d'étanchéité de la façade sont également source de transmission.

Ainsi, comme dans le schéma classique de la transmission du bruit d'un local émission vers un local réception, on retrouve



**Figure 6**  
Types de transmissions acoustiques de l'extérieur vers un local.

trois types de transmission (figure 6) :

- Transmission directe par la façade,
- Transmission indirecte par les parois latérales,
- Transmissions parasites.

La façade est caractérisée par son indice d'affaiblissement acoustique global (1) R qui résulte de la composition des indices d'affaiblissement acoustiques des parties pleines et des parties vitrées en fonction des surfaces relatives de ces deux composants. Les indices d'affaiblissement acoustiques exprimés en dB (A) à prendre en compte correspondent, soit à un bruit émission du type route, soit à un bruit émission du type rose.

La méthode de calcul complète permettant de déterminer un isolement acoustique normalisé, connaissant les différents composants de la façade et des locaux à isoler, est donnée en annexe. La formulation peut très bien être introduite dans une calculatrice programmable.

Par contre, dans ce qui suit, nous donnerons des méthodes simplifiées ne nécessitant pas de calculs complexes, mais permettant une évaluation suffisante des isolements pouvant être obtenus dans les cas les plus courants.

Dans un premier temps, on considèrera que la façade n'est composée que d'une partie pleine et une fenêtre sans entrée d'air. Puis dans un deuxième temps, nous préciserons la méthode de choix des performances des entrées d'air afin de ne pas dégrader l'isolement acoustique

## 1.4 METHODE SIMPLIFIEE

Cas où il n'y a pas de bouches d'entrée d'air :

On suppose tout d'abord qu'il n'y a pas d'entrée d'air, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de **transmission parasite**. D'autre part, pour les dimensions courantes des salles d'enseignement, les calculs montrent que les **transmissions latérales** sont comprises entre 1 et 2 dB (A).

Dans ce qui suit, nous prendrons le cas le plus défavorable, soit une perte d'isolement de 2 dB (A) par les parois latérales. Ainsi, il ne reste plus qu'à considérer la **transmission directe** qui nous conduit à la formule suivante :

(1) Voir l'annexe I : Rappel de quelques notions acoustiques paragraphe 7

L'isolement acoustique normalisé entre l'extérieur d'un local, dépend des dimensions du local, des natures des parois vitrées et opaques et du rapport de surface vitres/plein.

$$D_n = R - 9 + 10 \log V/S \quad (2)$$

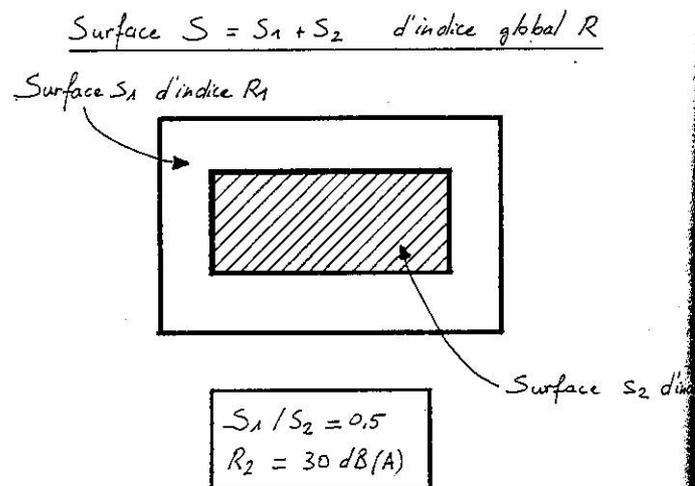
où

$D_n$  est l'isolement acoustique normalisé pour 0.8 s de référence (dB (A))

$R$  est l'indice d'affaiblissement acoustique de la façade  
 $V$  le volume du local de réception ( $m^3$ )  
 $S$  la surface de façade dans ce local ( $m^2$ )

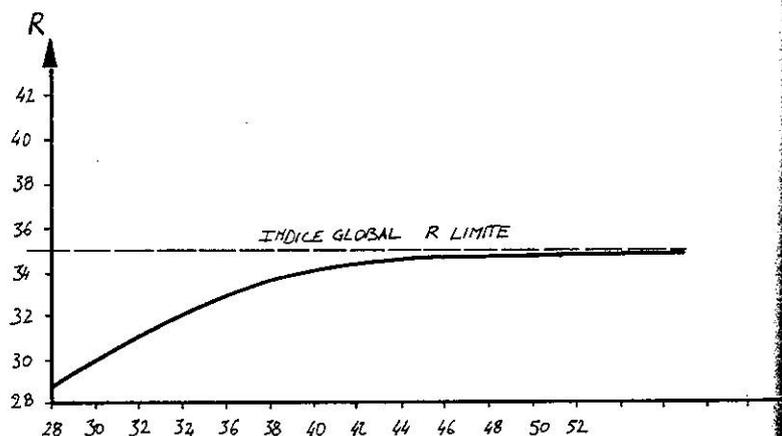
L'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  dépend de l'indice d'affaiblissement acoustique  $R_1$  de la partie vitrée, de l'indice  $R_2$  de la partie opaque, et du rapport de surface de ces deux parties. Pour un rapport de surface et une valeur de  $R_2$ , donnés l'indice  $R_1$  augmente lorsque  $R_1$  augmente, mais jusqu'à une valeur limite ne pourra pas être dépassée.

La figure 7 ci-contre montre que pour  $S_2/S_1 = 1/2$  (surface opaque deux fois plus grande que la surface vitrée de façade), et pour  $R_2 = 30$  dB (A) (valeur souvent obtenue avec des fenêtres étanches équipées de vitrages doubles permettant une isolation thermique) la limite qui ne pourra pas être dépassée pour  $R$  est de 35 dB (A), cette valeur étant pratiquement obtenue dès que la façade opaque atteint un indice de 49 dB (A).



**Figure 7**

L'indice global  $R$  est limité a une valeur qui ne sera jamais dépassé même pour les très fortes valeurs de  $R_1$ , lorsque  $R_2$  est fixé.



Autrement dit, à supposer que cette situation se présente, **il ne servirait à rien de renforcer la partie pleine par un procédé d'amélioration de l'isolation acoustique pour augmenter l'isolation de la façade.** Pour ce faire, il serait nécessaire d'améliorer les fenêtres.

( ) Voir annexe méthode de calcul des isolements de façade (P.31 et 32)

### Tableau 1

Valeurs d'indices d'affaiblissement acoustique  $R_2$  de fenêtres souvent obtenus :

$R_2 \sim 25$  dB (A) route, ce qui correspond à une fenêtre courante en bon état, disposant d'une étanchéité moyenne, équipée d'un vitrage simple (3 à 6 mm d'épaisseur).

$R_2 \sim 30$  dB (A) route, obtenu avec une fenêtre étanche équipée d'un vitrage 4/6/4 ou 4/6/6 ou d'un vitrage simple de 5 ou 6 mm.

$R_2 \sim 35$  dB (A) route, fenêtre étanche équipée d'un vitrage double 4/6/10 ou d'une glace simple de 10 mm.

$R_2 \sim 40$  dB (A) route, fenêtre simple équipée d'un vitrage spécial ou double fenêtre.

### Tableau 2

Valeurs d'indice d'affaiblissement acoustique au bruit routier  $R_1$  de façades opaques :

Nature de la paroi	R dB (A) route
Brique creuse de 20 cm + enduit 1 face	37
Parpaings pleins de 20 cm + enduit 1 face	54
Béton de 15 cm	52
Parpaings creux de 20 cm + enduit 1 face	46

Le tableau suivant donne les valeurs limites des isolements vis à vis des bruits de l'espace extérieur, qui ne pourront pas être dépassés pour une valeur d'indice d'affaiblissement acoustique  $R_2$  de fenêtres de 30 dB (A) et pour trois rapports de surface souvent rencontrés en réalité.

**Tableau 3**

Valeurs maximales en dB (A) de  $D_n$  pour des façades sans entrée d'air équipées de fenêtres ayant un indice d'affaiblissement acoustique  $R_2$  de 30 dB (A)

Pour un rapport de surface vitres/plein et une performance de fenêtre donnés, l'isolation apportée par la façade ne pourra jamais être supérieure à une valeur limite quelle que soit l'augmentation de la performance de la partie opaque.

V/S Volume de la pièce réception/surface de la façade	Rapports de surface $S_2/S_1$ Vitree/pleine		
	2/1	1/1	1/2
3	28	29	31
(3.6)	28	30	31
4	29	30	32
5	30	31	33
(5.4)	30	31	33
6	31	32	34
(7.2)	31	33	34
8	32	33	35
(9)	32	34	36
10	33	34	36

Les valeurs entre parenthèses correspondent à des valeurs V/S multiples du module 1.8 m souvent utilisé dans les locaux scolaires.

Pour d'autres valeurs de  $R_2$ , les isolements limites qu'on ne pourra pas dépasser sont ceux du tableau, augmentés de l'écart  $R_2 - 30$ .

Ainsi, pour  $R_2 = 25$  dB (A),  $V/S = 5.4$  m et  $S_2/S_1 = 1$ ,

l'isolement normalisé  $D_n$  limite est de  $31 - 5 = 26$  dB (A)

Pour obtenir un isolement  $D_n$  de 38 dB (A) lorsque  $V/S = 3$  et  $S_2/S_1 = 2/1$ , il faut une fenêtre ayant un indice d'affaiblissement acoustique minimal de 40 dB (A) ( $30 + 10$ , car pour une fenêtre de 30 dB (A), l'isolement limite est de  $38 - 10$ ). Encore faut-il que l'indice d'affaiblissement acoustique de la partie pleine  $R_1$  soit élevé : au moins 10 dB (A) de plus que la valeur limite.

Pour faciliter les calculs, nous donnons ci-après quatre tableaux indiquant les valeurs d'indice d'affaiblissement acoustique de parties pleines  $R_1$ , dont il faut disposer pour obtenir les isolements acoustiques normalisés de 43, 38, 33 et 28 dB (A) recommandés suivant la nature du bruit extérieur. Ces valeurs sont données en fonction de  $R_2$ , de  $V/S$ , et de  $S_2/S_1$ .

Valeurs des indices d'affaiblissement acoustique minimaux en dB (A) nécessaires pour obtenir un isolement acoustique normalisé donné  $D_n$  vis à vis des bruits de l'espace extérieur.

**Tableau 4a**Valeurs de  $R_1$  dB(A) minimum pour  $D_n = 43$  dB(A)

Exemple : Pour obtenir un isolement acoustique normalisé de 43 dB(A) vis à vis des bruits extérieurs, dans le cas d'une classe ayant une profondeur de 7.2 m par rapport à la façade comportant autant de partie vitrée que de partie pleine, il faut une partie pleine ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 57 dB(A) et une fenêtre d'indice 40 dB(A)

V/S	$R_2$			$R_2$			$R_2$		
	35	40	45	35	40	45	35	40	45
2									
3.6	*	*	53	*	*	49	*	*	48
5.4	*	*	44	*	*	45	*	60	45
7.2	*	*	42	*	57	42	*	48	43
9.0	*	*	40	*	49	41	*	45	42
10.8	*	54	39	*	45	40	*	43	41
	= 2/1			= 1/1			= 1/2		
	$S_2/S_1$								

( $V/S = 7.2$ ,  $S_2/S_1 = 1$ ,  
 $R_2 = 40$ , d'ou  $R_1 = 57$ )

Pour ces trois rapports de surface, on ne peut pas obtenir un isolement acoustique de 43 dB (A) avec des fenêtres ayant des indices d'affaiblissement acoustique de 35 dB (A).

**Tableau 4b**Valeurs de  $R_1$  dB(A) minimum pour  $D_n = 38$  dB(A)

V/S	$R_2$			$R_2$			$R_2$		
	35	40	45	35	40	45	35	40	45
3.6	*	48	38	*	44	40	*	43	41
5.4	*	39	36	*	40	38	55	40	39
7.2	*	37	35	52	38	36	43	38	37
9.0	*	35	34	44	36	35	40	37	36
10.8	49	34	33	40	35	34	38	37	35
	= 2/1			= 1/1			= 1/2		
	$S_2/S_1$								

NB : Les astérisques correspondent à des impossibilités

Exemple d'utilisation :

Pour un local correspondant à un rapport V/S (volume du local/surface de façade) de 7.2 m.pour lequel l'indice d'affaiblissement acoustique  $R_2$  de la fenêtre est de 35 dB (A), la valeur de l'indice d'affaiblissement acoustique de la partie pleine devra être au moins de 32 dB (A) au bruit routier si on recherche un isolement normalisé de 33 dB(A) et si la surface de façade vitrée est égale au double de la la surface pleine.

$\{S_2/S_1 = 2/1, R_2 = 35 \text{ dB (A)},$   
 $V/S = 7.2 \text{ m d'où}$   
 $R_1 = 32 \text{ dB (A)}$

**Tableau 4c**

Valeurs de  $R_1$  dB (A) minimum pour  $D_n = 33 \text{ dB (A)}$

V/S	$R_2$			$R_2$			$R_2$		
	30	35	40	30	35	40	30	35	40
3.6	*	43	34	*	39	35	*	38	36
5.4	*	34	31	*	35	33	50	35	34
7.2	*	32	30	47	33	31	38	33	32
9.0	*	30	29	39	31	30	33	32	31
10.8	44	29	28	35	30	29	33	31	30
	= 2/1			= 1/1			= 1/2		
	$S_2/S_1$								

**Tableau 4d**

Valeurs de  $R_1$  dB (A) minimum pour  $D_n = 28 \text{ dB (A)}$

V/S	$R_2$			$R_2$			$R_2$		
	35	40	45	35	40	45	35	40	45
3.6	*	38	28	*	34	30	*	33	31
5.4	*	29	26	*	30	28	46	30	29
7.2	*	27	25	*	27	26	33	28	27
9.0	*	25	24	34	26	25	20	27	26
10.8	41	24	23	30	25	24	28	26	25
	= 2/1			= 1/1			= 1/2		
	$S_2/S_1$								

Si on veut pouvoir utiliser des valeurs d'indice d'affaiblissement acoustique de fenêtres plus nuancées que celles des tableaux précédents, on peut utiliser l'abaque 1 qui relie les valeurs.

$D_n - R_2$  = isolement normalisé vis à vis de l'espace extérieur -  
 indice d'affaiblissement acoustique de la fenêtre

$R_1 - R_2$  = indice de la partie pleine - indice de la fenêtre

$S_2/S_1$  = rapport de surface fenêtres/partie pleine

V/S = rapport volume du local réception/surface de la façade

**Exemple d'utilisation :**

On recherche un isolement acoustique  $D_n$  de 38 dB (A) au bruit routier.

L'indice au bruit routier de la fenêtre  $R_2$  est égal à 33 dB (A).

Le rapport  $S_2/S_1$  est de 1.

Le rapport  $V/S$  est de 7.2 m.

$$D_n - R_2 = 38 - 33 = 5 \text{ dB (A)}$$

L'horizontale partant du point +5 de l'échelle  $V/S = 7.2$  ne recoupe pas la courbe  $S_2/S_1 = 1$ .

Cela veut dire que quelle que soit la valeur de la partie opaque de la façade, il n'y a pas de solutions pour obtenir  $D_n = 38$  dB (A) avec une fenêtre de 33 dB (A) lorsque  $V/S = 7.2$  et  $S_2/S_1 = 1$ .

Pour obtenir ce  $D_n$  de 38 dB (A), sans changer les dimensions des locaux, il faut diminuer l'écart  $D_n - R_2$ , c'est-à-dire augmenter l'indice de la fenêtre.

Pour qu'il y ait une solution, il faut que  $D_n - R_2$  soit au maximum égal à 2 dB (A), soit  $R_2 = 38 - 2 = 36$  dB (A), et dans ce cas  $R_1 - R_2$  doit être au moins égal à 10, soit  $R_1 = 46$  dB (A) au bruit routier, ce qui suppose une façade lourde d'environ 250 kg/m<sup>2</sup>.

**Cas où il y a des entrées d'air :**

Les bouches d'entrée d'air sont caractérisées par leur  $D_{n10}$ , qui est l'isolement acoustique mesuré en laboratoire entre deux locaux séparés par une paroi très performante dans laquelle est placée l'entrée d'air.

Par la nature des locaux d'essais et de la paroi séparative, on cherche à ce que l'énergie acoustique transmise du local émission vers le local réception soit essentiellement due à la bouche testée. Le résultat d'isolement acoustique brut mesuré est corrigé pour l'amener à ce qu'on aurait mesuré si le local de réception avait eu des caractéristiques de référence qui sont, dans le cas présent, l'aire d'absorption équivalente du local en m<sup>2</sup> (cette référence correspond à l'absorption constatée généralement dans une chambre à coucher d'un logement, normalement meublée).

Correction à appliquer au  $D_{n10}$  pour tenir compte du volume du local réception pour une durée de réverbération de 0.8 seconde, afin d'évaluer l'isolement acoustique dû uniquement à la transmission par la bouche.

(Voir pages finales)

$$D_n \text{ bouche} = D_{n10} + 10 \log 0.2 V/10$$

$$D_n \text{ bouche} = D_{n10} + C$$

**Tableau 5**

Valeurs de C	V (m <sup>3</sup> )
0	50
2	75
3	100
4	125
5	150
5.5	175
6	200
6.5	225

Pour un volume de 50 m<sup>3</sup>  $D_n \text{ bouche} = D_{n10}$

Pour constater l'effet du  $D_{n10}$  des bouches, prenons l'exemple d'isolement acoustique entre l'extérieur et une pièce de 50 m<sup>3</sup>, ayant une surface au sol de 20 m<sup>2</sup> (3.6 x 5.55 m<sup>2</sup>) et 2.5 m de hauteur sous plafond.

La façade de 5.55 m x 2.5 m est composée d'une surface égale de fenêtres et de panneaux de façade opaque ( $S_2 = S_1$ ). Les fenêtres ont un indice d'affaiblissement acoustique  $R_2$  de 35 dB(A), la maçonnerie a un indice  $R_1$  de 45 dB(A). Cela correspond à des fenêtres simples ouvrant à la française, étanches, équipées d'un vitrage thermique 4/6/10 et des allèges en parpaings creux de 15 cm avec deux enduits.

1. Détermination de l'isolement acoustique limite pouvant être obtenu :

Le tableau I montre que pour  $V/S = 3.6$  et  $S_2/S_1 = 1$ , le  $D_n$  limite est de 30 dB(A) pour  $R_2 = 30$  dB(A).

D'où le  $D_n$  limite est de 35 dB(A) pour  $R_2 = 35$  dB(A).

2. Isolement obtenu s'il n'y a pas de bouches d'entrée d'air :

L'abaque 1 montre que :

pour  $R_1 - R_2 = 10$  dB(A),  $S_2/S_1 = 1$  et  $V/S = 3.6$ ,

$D_n - R_2$  est égal à -1

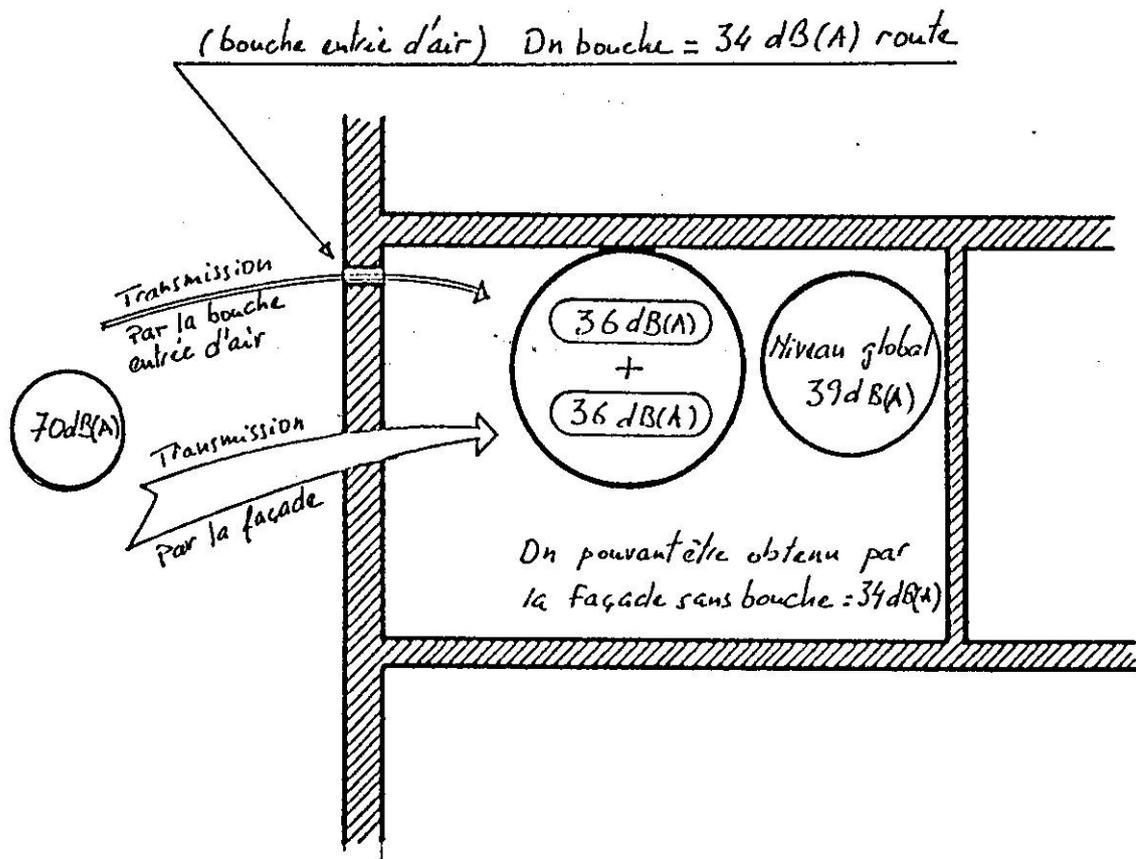
d'où  $D_n = 35 - 1 = 34$  dB(A)

3. Si on place dans la façade une bouche d'entrée d'air ayant un  $Dn_{10}$  de 34 dB(A), l'isolement acoustique  $Dn_{10}$  dû uniquement à cette bouche d'air est égal à 34 dB(A) ( $Dn_{bouche} = Dn_{10} + C$  où  $C = 0$  pour  $V = 50 \text{ m}^3$ )

La combinaison de la façade et de la bouche d'entrée d'air se présente de la façon suivante :

S'il y a un bruit de 70 dB(A) à l'extérieur, le niveau dans le local dû à la transmission par la façade sera de  $70 - 34 = 36$  dB(A).

Le niveau dû à la transmission par la bouche sera de  $70 - 34 = 36$  dB(A).



Isolement acoustique résultant:  
 $Dn = 70 - 39 = 31 \text{ dB(A)}$

**Figure 8**  
 Influence des entrées d'air

Ainsi, le niveau global dans la pièce sera la somme des deux niveaux précédents :  $36 + 36$  soit  $39 \text{ dB(A)}$

et l'isolement global  $D_n = 70 - 39 = 31 \text{ dB(A)}$ .

Pour que l'isolement dû à la façade seule ne soit réduit que de un  $\text{dB(A)}$  au lieu de 3, il faut que le  $D_n$  bouche soit au moins égal à cet isolement de façade +  $6 \text{ dB(A)}$  soit  $34 + 6 = 40 \text{ dB(A)}$ .

On aboutit ainsi, à un isolement global de  $33 \text{ dB(A)}$ .

**Cas de plusieurs entrées d'air :**

S'il y a deux bouches d'entrée d'air identiques, il faut que le  $D_{n10}$  d'une bouche soit augmenté de  $3 \text{ dB(A)}$ .

De tout ce qui précède, nous déduisons la règle suivante :

POUR OBTENIR UN ISOLEMENT ACOUSTIQUE  $D_n$  VIS AVIS DES BRUITS DE L'ESPACE EXTERIEUR, il faut choisir des bouches telles que leur  $D_{n10}$  soit supérieur aux valeurs suivantes :

$$D_{n10} > D_n + A + B + 1$$

où A est fonction du volume ( $A = 6 - C$ ) et B est fonction du nombre de bouches d'entrée d'air

**Tableau 5a :  $A = 6 - C$**

A	V (m <sup>3</sup> )
6	50
4	75
3	100
2	125
1	150
0.5	175
0	200
-0.5	225

**Tableau 6**

Nombre de bouches	B
1	0
2	3
3	5
4	6
5	7

## **1.5 PROBLÈMES TYPES D'ISOLEMENTS ACOUSTIQUES VIS À VIS DES BRUITS EXTÉRIEURS ET CHOIX DE LA MÉTHODE LA PLUS RAPIDE POUR LES RÉSOUDRE :**

### **PREMIER CAS :**

Seuls, l'isolement acoustique minimal exigé et la dimension des locaux sont définis.

### **Données :**

$D_n$  : isolement acoustique normalisé à obtenir exprimé en dB(A)  
 $V$  : volume du local réception ( $m^3$ )  
 $S$  : surface de la façade, dans ce local ( $m^2$ )  
 Rapport de surface vitrée à la surface pleine de façade  $S_2/S_1$

### **Eléments à définir :**

$R_1$  : indice d'affaiblissement acoustique de la partie pleine (dB(A))  
 $R_2$  : indice d'affaiblissement acoustique des fenêtres (on recherchera le  $R_2$  le plus faible) (dB(A))  
 $Dn_{10}$  des bouches d'entrée d'air (dB(A))  
 On se ramène au cas où il n'y a pas d'entrées d'air en choisissant une valeur de  $Dn_{10}$  supérieure à  $D_n + A + B + 1$ , en utilisant les tableaux 5a et 6.

Par exemple, si le volume du local réception est de  $100 m^3$  et s'il y a trois bouches d'entrée d'air,  $A = 3$  et  $B = 5$ .

Dans ce cas,  $Dn_{10}$  doit être supérieur à  $D_n + 8$

Ce choix étant fait, on considère la façade comme s'il n'y avait pas d'entrée d'air.

Pour le problème posé, les tableaux 4a à 4d sont les plus pratiques.

Par exemple, si l'isolement  $D_n$  doit être égal au moins à 33 dB(A), si  $V/S$  est égal à 5.4 m et si  $S_1 = S_2$ , on utilise le tableau 4c. On en déduit que si  $R_2$  est égal à 35 dB(A), il faudra  $R_1$  supérieur à 35 dB(A), mais si  $R_2$  est égal à 30 dB(A) il n'y a pas de solution.

On peut vérifier ces indications en utilisant l'abaque 1.

Si  $R_2 = 35$  dB(A),  $D_n - R_2 = -2$  dB(A), d'où  $R_1 - R_2 = 0.5$  pour  $S_2/S_1 = 1$  et  $R_1$  doit être supérieur à 34.5 dB(A) soit 35 dB(A).

Si  $R_2 = 30$  dB(A),  $D_n - R_2 = +3$  dB(A) et il n'y a pas de solution.

**DEUXIEME CAS :**

On connaît les dimensions des locaux, l'isolement demandé, la proportion fenêtre/partie opaque de façade et l'indice d'affaiblissement  $R_1$  de la partie opaque.

A supposer qu'il n'y a pas d'entrée d'air (sinon on pratique comme dans le cas précédent), on utilise là encore les tableaux 4a à 4d.

Pour les données suivantes :

$$D_n = 38 \text{ dB(A)}$$

$$V/S = 7.2 \text{ m, } S_2/S_1 = 2/1$$

$$R_1 = 47 \text{ dB(A)}$$

Le tableau 4b permet de déterminer que les fenêtres doivent avoir un indice minimal de 40 dB(A).

**TROISIEME CAS :**

Toutes les dimensions sont connues, ainsi que la nature des éléments de façade, quel isolement  $D_n$  peut-on obtenir ? :

Exemple :  $V/S = 5.4 \text{ m}$

$$S_2/S_1 = 2/1$$

$R_1 = 47 \text{ dB(A)}$  au bruit routier (parpaings creux de 20 cm enduits)

$R_2 = 20 \text{ dB(A)}$  au bruit routier (fenêtre coulissante équipée d'un vitrage de 5 mm, mais peu étanche).

Dans ce cas, on utilise l'abaque 1.

$R_1 - R_2 = 27 \text{ dB(A)}$  soit très supérieur à la différence  $R_1 - R_2$  donnant la valeur maximale possible de  $D_n - R_2$ . Cette valeur maximale est égale à 0.

$$D_n - R_2 = 0 \text{ D'où } D_n = 20 \text{ dB(A)}$$

Pour renforcer l'isolation de cette façade et l'amener à 28 dB(A), il faut augmenter l'indice de la fenêtre (il ne servirait à rien d'augmenter encore l'écart  $R_1 - R_2$  en forçant la partie pleine). Le tableau 4d montre que  $R_2$  doit au moins être égal à 30 dB(A).

Pour renforcer la fenêtre afin de passer de 20 dB(A) à 30 dB(A), il faut d'une part réaliser l'étanchéité de la fenêtre, et d'autre part remplacer le vitrage de 5 mm par une glace de 8 mm.

Attention : Ne pas changer le vitrage avant de s'être assuré :

- 1) Que l'étanchéité ouvrant-dormant peut être réalisée (ce qui n'est pas facile sur un châssis coulissant pour lequel l'étanchéité n'a pas été prévue au départ).
- 2) Que le châssis peut supporter un poids plus important.

Si le châssis existant ne peut pas être amélioré, on peut le remplacer par un châssis plastique ou aluminium, qui permet de conserver le dormant existant. Le dormant du nouveau châssis recouvre le châssis existant.

## **1.6 TRANSMISSION DES BRUITS EXTERIEURS PAR LES TOITURES :**

Des isolements acoustiques aux bruits routiers de 28, 33, 38 ou 43 dB(A) peuvent être obtenus relativement facilement si on recherche un indice d'affaiblissement acoustique de toiture de 10 dB(A) supérieur à l'exigence d'isolement.

- Cas des couvertures en tuiles ou en ardoises :

Un indice d'affaiblissement acoustique de 40 dB(A) peut être obtenu à l'aide d'une sous toiture comportant 150 mm de laine minérale et une plaque de plâtre de 10 à 15 mm.

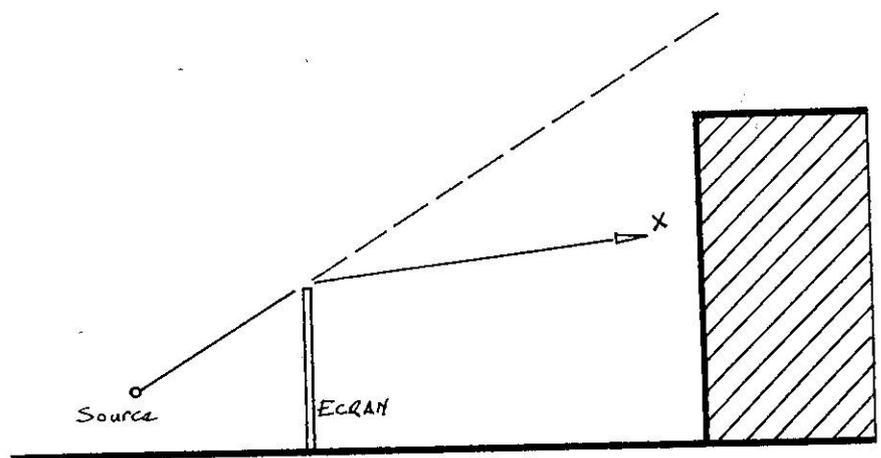
Pour un indice de 45 dB(A), il suffit d'ajouter une deuxième plaque de plâtre à la solution précédente.

Pour un indice de 50 à 52 dB(A), il vaut mieux utiliser des couvertures en ardoises ou en bardeaux bitumés agrafés sur panneaux de particules. En sous face, prévoir 150 à 200 mm de laine minérale et 2 plaques de plâtre.

Lorsqu'il y a un comble perdu, l'ensemble comprenant la couverture et un isolant thermique sur le plafond du local, un indice d'affaiblissement acoustique de 50 dB(A) peut être obtenu à l'aide de 150 à 200 mm de laine minérale sur deux plaques de plâtre lorsque la toiture est en tuiles, et avec 100 mm de laine minérale et une seule planche de plâtre si la toiture est en ardoise sur liteaux ou en bardeaux bitumés sur panneaux de particules.

- Dans le cas de bacs de toiture, supports d'isolant thermique et d'étanchéité, l'indice d'affaiblissement acoustique ne permet pas de dépasser 40 dB(A) au bruit routier si l'isolant thermique n'est pas à base de laine minérale.

Notons que toutes les solutions précédentes permettent, en plus de l'isolation acoustique vis à vis des bruits routiers ou des bruits d'avions, d'amortir suffisamment les bruits de chocs de la pluie sur la toiture.

**Figure 9**

Il y a une diffraction au bord de l'écran, qui diminue son efficacité

## 1.7 PROTECTION VIS A VIS DES BRUITS ROUTIERS OU DE VOIES FERREES PAR MISE EN PLACE D'ECRANS ACOUSTIQUES :

L'interposition d'un écran entre la voie et le bâtiment à protéger permet de diminuer le niveau de pression acoustique attaquant les façades. Les améliorations sont relativement limitées. En effet, la valeur d'isolation propre de l'écran est diminuée par la propagation des ondes diffractées par le bord de l'écran. Comme en optique, il y a derrière l'écran une zone d'ombre et une zone de pénombre (voir figure 9).

L'estimation de l'efficacité d'un écran même lourd, conduit à une diminution du bruit de 5 dB(A) sur la ligne passant par la source et le bord de l'écran, et une efficacité allant de 5 à 15 dB(A) au fur et à mesure qu'on descend vers la zone d'ombre.

Ainsi, il n'est pas nécessaire de disposer des écrans ayant un fort indice d'affaiblissement acoustique. Une paroi étanche (l'étanchéité est nécessaire à l'isolation) ayant une masse de 25 à 30 kg/m<sup>2</sup> pourrait suffire. Le dimensionnement et l'épaisseur des matériaux utilisés sont plus guidés par des considérations mécaniques de tenue au vent que par des contraintes d'isolation.

A partir de ces considérations, on conçoit bien qu'un écran dit "anti-bruit" peut être constitué de façons très diverses. Les solutions vont depuis le mur de clôture en maçonnerie, en verre, en amiante-ciment, jusqu'à la butte de terre, ou même le bâtiment peu sensible (par exemple des ateliers ayant un mur aveugle côté circulation).

# 2/1

## ANNEXE

**R**appel de la méthode de calcul d'un isolement acoustique normalisé vis-à-vis de l'espace extérieur :

$$D_n = -10 \log \left( \frac{S \times 10^{-0,1 R} + s \times 10^{-0,1 (R+10)} + 10^{-0,1 (D_n10+10)}}{0,2 V} \right)$$

où :

- $D_n$  est l'isolement acoustique normalisé en dB(A) pour une durée de réverbération de référence de 0.8 seconde à toutes les fréquences.
- $R$  est l'indice d'affaiblissement acoustique global en dB(A) de la façade de surface  $S$  m<sup>2</sup>. Il tient compte de tous les éléments qui composent cette façade.
- $s$  est la surface totale en m<sup>2</sup> des parois latérales liées rigidement à la façade.
- $D_{n10}$  est l'isolement conventionnel en dB(A) des bouches d'entrée d'air éventuelles.
- $V$  est le volume du local de réception exprimé en m<sup>3</sup>.

Cette formule correspond bien à la juxtaposition de la transmission directe (calcul par le premier terme de la parenthèse), de la transmission latérale (évaluation par le deuxième terme de la parenthèse) et des transmissions parasites (troisième terme de la parenthèse).

Les termes de dimensions  $S$ ,  $s$  et  $V$  sont à prendre sur les plans. La caractéristique  $D_{n10}$  des bouches est donnée par procès verbal de laboratoire. Par contre, l'indice global  $R$  de la façade est à calculer, connaissant la valeur de l'indice  $R_1$  de la partie pleine de surface  $S_1$  et la valeur de l'indice  $R_2$  de la partie de surface  $S_2$ .

Pour cela, on peut utiliser l'abaque 2 reliant les quantités  $R_1 - R_2$ ,  $S_1/S_2$  et  $R_1 - R$ .

Un exemple d'utilisation, correspondant à la vérification d'un projet qui a défini tous les éléments, est donné ci-contre.

Par contre, souvent le problème se pose de la façon suivante, connaissant les dimensions des locaux et des éléments de façade et ayant prévu la nature de la paroi opaque, quelles fenêtres placer pour obtenir un isolement acoustique  $D_n$  déterminé ?

Si R est l'indice d'affaiblissement acoustique global de la façade

$$R = -10 \log \left( \frac{10^{-0,1 Dn} \times 0,2 V - 10^{-(Dn 10 - 10)}}{S + s/10} \right)$$

Dans le cas précédent, pour obtenir  $Dn = 28 \text{ dB(A)}$ , sans bouches d'entrée d'air :

$$R = -10 \log \left( \frac{10^{-2,8} \times 0,2 \times 116}{21,6 + 11} \right) = 29,4 \text{ dB(A)} \text{ arrondi à } 30 \text{ dB(A)}$$

Si la partie pleine de façade a un indice  $R1 = 50 \text{ dB(A)}$

$$R1 - R = 50 - 30 = 20 \text{ dB(A)}$$

L'abaque 2 permet de déterminer pour  $S1/S2 = 2$

$$R1 - R2 = 25 \text{ d'où } R2 = 25 \text{ dB(A)}$$

(Voir pages finales)

## 2/2

Un établissement scolaire est occupé par un grand nombre de personnes qui circulent, travaillent, réfléchissent, écoutent, s'expriment, se détendent... Il est divisé en de nombreux locaux ayant chacun une destination liée à un type d'activité. Pour éviter d'avoir à rechercher des performances acoustiques trop importantes, conduisant à des techniques coûteuses, il est nécessaire de regrouper les locaux dits "calmes" et d'éloigner ces zones calmes des locaux bruyants. De bonnes dispositions permettent de bénéficier de ce qu'on peut appeler les "décibels gratuits". Le chef d'établissement peut avoir une influence dans cette recherche du décibel gratuit. Par exemple, quand vient le moment de choisir la ou les salles qui seront utilisées pour l'enseignement des langues, il faut veiller à ne pas opter pour une salle banalisée enserrée entre deux salles d'enseignement qui risquent d'être perturbées par les bruits parfois intenses dus à l'utilisation des techniques audiovisuelles. Il sera préférable de choisir une salle plus isolée, ou si on ne peut faire autrement, une salle en bout de bâtiment, qui éventuellement ne sera mitoyenne que d'une seule salle de cours calme.

## 2.1 RECOMMANDATIONS DU MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

Les recommandations du Ministère de l'Education Nationale reflètent bien ce souci de moduler les isolements acoustiques entre salles en fonction des natures du local émission et du local réception.

Le tableau 7 donne les isolements acoustiques exprimés en dB(A) recommandés lorsque le bruit émission est rose (niveau acoustique constant dans les octaves centrées sur 125, 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz - voir annexe I) et lorsque la durée de réverbération du local réception est de 0.8 seconde à toutes les fréquences (ce qui correspond à un local d'enseignement normalement meublé traité pour une bonne compréhension de la parole).

Rappelons que l'isolement entre deux locaux dépend des caractéristiques de la paroi séparative, de la nature des parois latérales liées à la paroi séparative, des dimensions du local de réception et de la durée de réverbération de ce local (voir annexe I).

Connaissant l'indice d'affaiblissement acoustique R de la paroi de séparation, le volume V du local de réception, la surface S de la paroi de séparation et la nature des parois latérales, l'isolement acoustique exprimé en dB(A),  $D_n$  est donné par la formule suivante :

$$D_n \text{ (dB(A))} = R + 10 \log 0.2 V/S - a$$

**Tableau 7** : Isolements acoustiques normalisés entre locaux, exprimés en dB (A).

Bruit émission rose, durée de réverbération à la réception : 0.8 s

LOCAL D'EMISSION \ LOCAL DE RECEPTION	LOCAL DE RECEPTION											
	Local d'enseignement	Salle de repos	Activités pratiques	Salle de musique	Atelier calme	Atelier bruyant	Salle à manger polyvalente	Salle polyvalente	Rassemblement-abri	Locaux médicaux	Administration	Habitation(*)
	C	TC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Local d'enseign.	N	38	50	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Activités pratiques	B	50	50	50	50	50	38	50		50	50	50
Salle de musique	B	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Salle de jeux	B	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Atelier calme	N	38	50	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Atelier bruyant	TB	54		54	54	38	38					
Cuisine	B	50	50	50	50	50	38	50		50	50	50
Salle à manger	B	50	50	50	50	50			50	50	50	50
Salle polyvalente	B	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50
Rassemblement-abri	B	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cage d'escalier	N	38	50	38	38	38			38	38	38	38
Circulations horiz.		26		26	26	26	26	26	26	26	26	26
Sanitaires	B	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Locaux médicaux	N	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Administration	N	38	50	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Habitation(*)		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

\* Au sens de la 6<sup>ème</sup> famille définie en annexe II. Les logements de fonctions (famille 12) répondent au label acoustique.

Il s'agit, dans ce tableau, de valeurs minimales à respecter.

A titre indicatif, les niveaux de bruit émis dans les locaux sont repérés par les lettres N, B ou TB pour les bruits normaux, les locaux bruyants ou très bruyants.

De même, les ambiances souhaitable dans les locaux réception sont repérés par les lettres C ou TC pour "calme" ou "très calme".

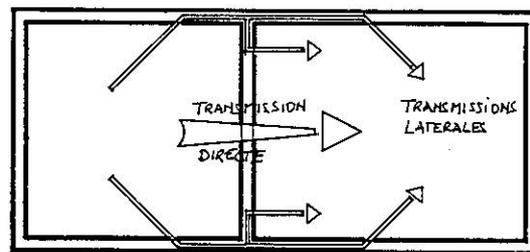
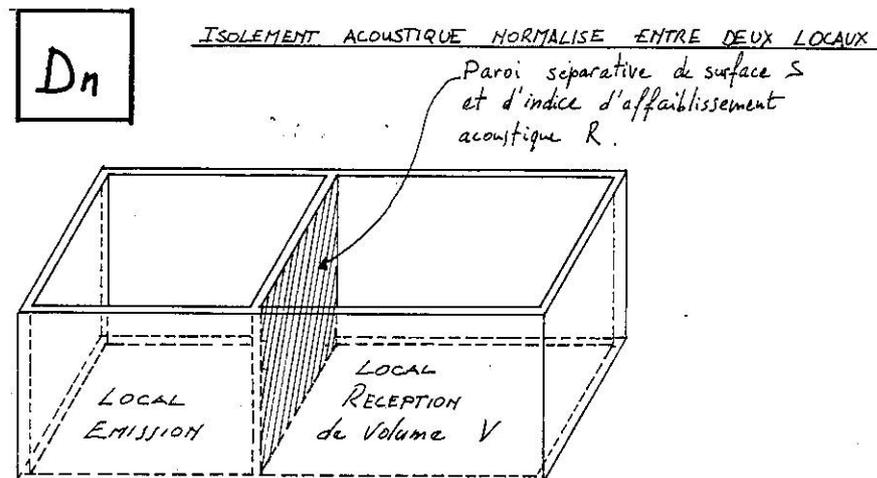
## 2.2 METHODE SIMPLIFIEE

Dans ce qui suit, nous simplifierons en utilisant la formule :

$$D_n = R + d - 7 - a \text{ (dB(A))}$$

$$\text{où } d = 10 \log V/S$$

$a$  = évaluation des transmissions latérales



Termes correspondant à la transmission directe

$$D_n = R + d - 7 - a$$

en dB(A)

↑

Performance acoustique  
de la paroi séparative

↑

terme dépendant des dimensions  
du local réception  $V$  et  $S$

↑

évaluation des transmissions  
latérales

Remarque: Cette formule a été établie pour une durée de réverbération du local réception de 0,8s à toutes les fréquences, ce qui correspond à un local normalement meublé et occupé.

**Figure 11**

**Tableaux 8**

Valeurs de R pour quelques parois souvent utilisées

a) Parois en beton

Epaisseur (cm)	R dB(A)	R avec renforcement 50 mm laine + 10 platre
8	45	57
10 cm	48	59
14	54	62
16	56	63
18	59	64
20	60	65

b) Parois en maçonnerie lourde

	Epaisseur (cm)	R dB(A)	R avec renforcement 50 mm laine + 10 platre
Parpaings pleins de ciment avec au moins un enduit platre ou ciment	10	46	58
	15	53	61
	20	58	64
Parpaings creux de ciment avec au moins un enduit	10	39	54
	15	44	57
	20	49	59
Briques pleines avec enduits	11	46	58
	22	58	64
Briques creuses avec enduits	15	38	54
	20	41	55

c) Parois en maçonnerie legere et rigide

	Epaisseur (cm)	R dB(A)
Briques platrières avec enduits	5	31
Carreaux de plâtre pleins	7	35
	10	38
Carreaux de plâtre creux	7	31

d) Cloisons légères

Cloisons de plaques de plâtre et plus généralement cloisons constituées de parements légers séparés par une lame d'air ou une laine minérale

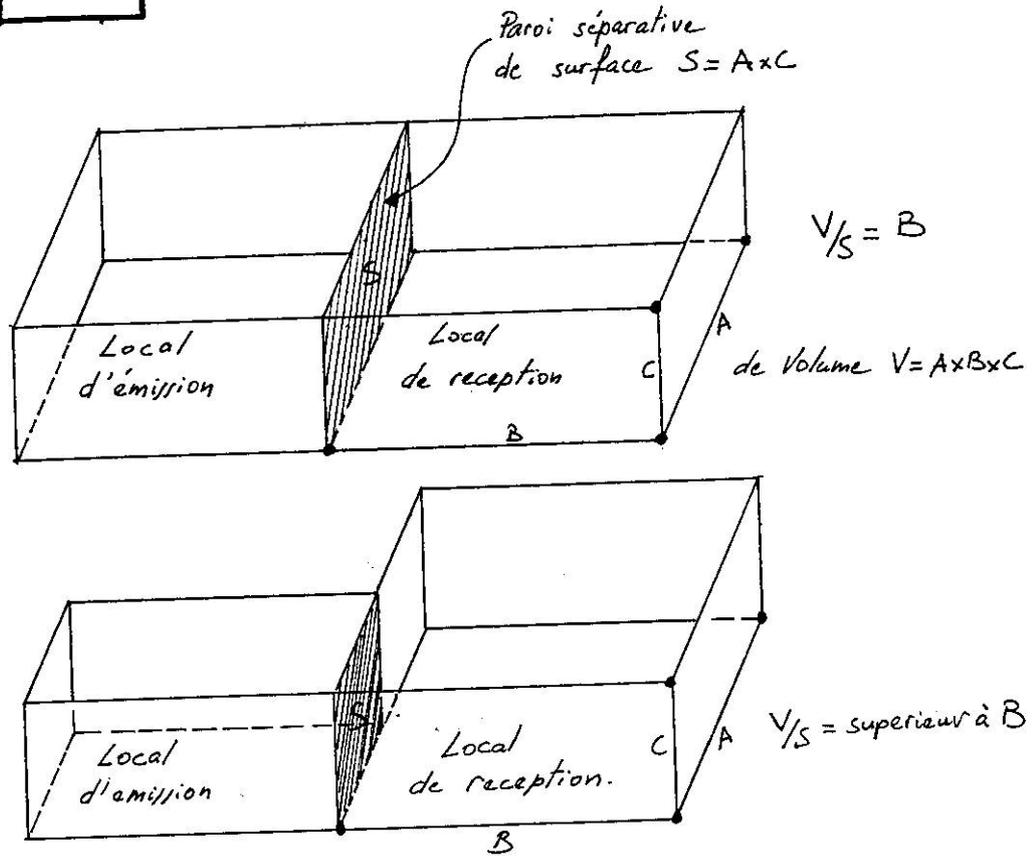
On se reportera utilement aux documentations des fabricants, qui proposent actuellement un grand nombre de solutions. Suivant leur composition, de telles cloisons permettent des indices d'affaiblissement acoustique de 30 à plus de 65 dB(A).

e) Cloisons démontables

Ces cloisons font l'objet d'essais acoustique dans le cadre du certificat "CERF" délivré suite à des tests effectués au centre expérimental du bâtiment et des travaux publics (CEBTP).

Sont à considérer, les cloisons ayant un indice d'affaiblissement acoustique R supérieur ou égal à 39 dB(A)

"d"



**Figure 12**

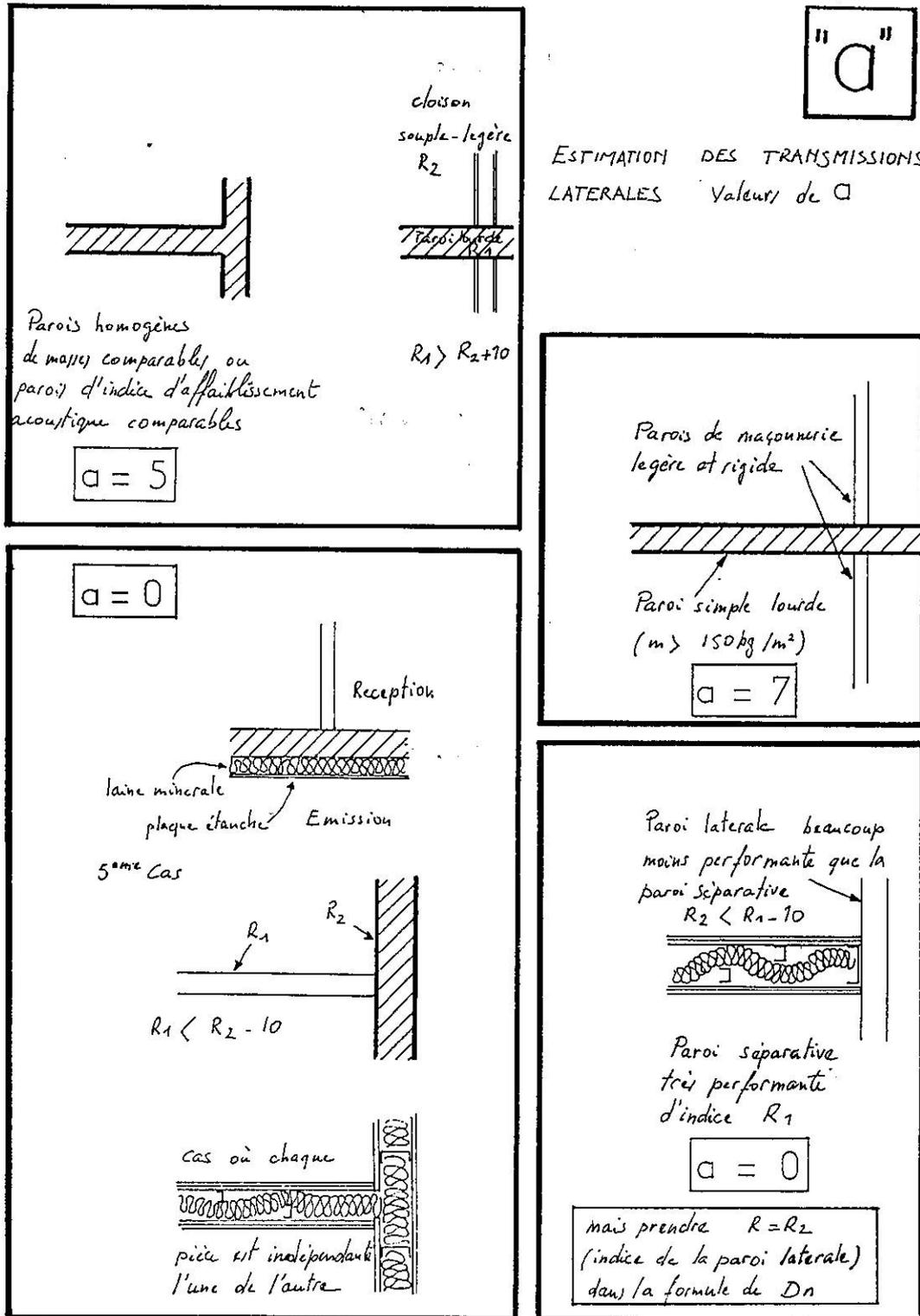
**Tableau 9**

Quelques valeurs de d en fonction de V/S

En cas de dimensions intermédiaires, prendre la valeur inférieure

Exemple :  
 $V/S = 7.2 \text{ m}$   
 $d = 8$

V/S m	d
2,0	3
2,5	4
3,0	5
4,0	6
5,0	7
6,0	8
8,0	9
10,0	10
12,0	11
16,0	12
20,0	13

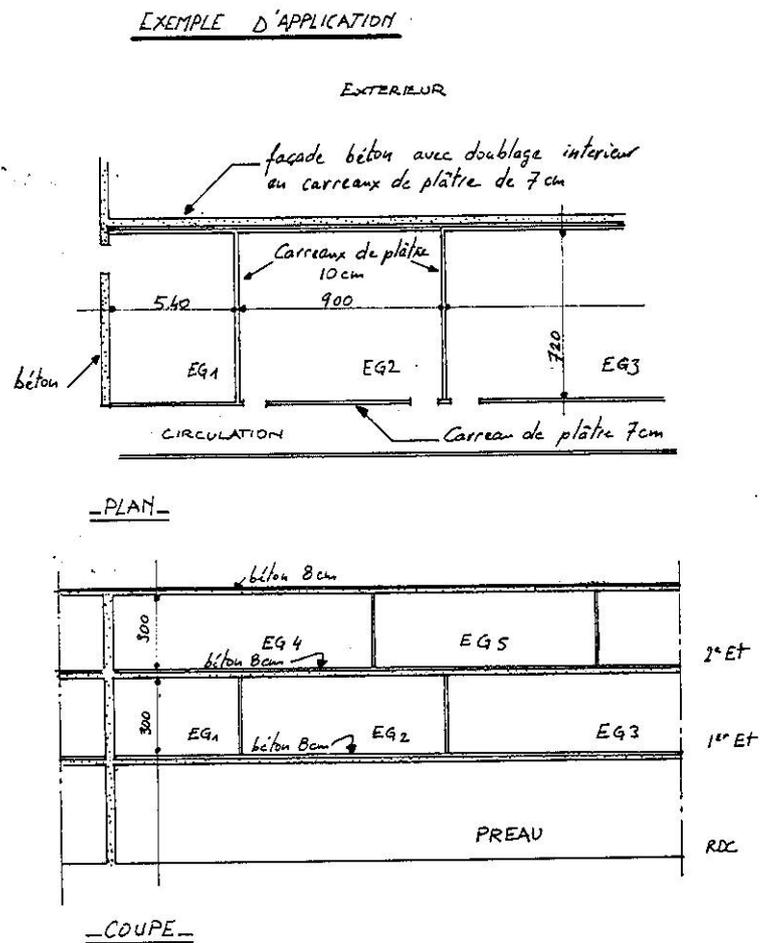


**Figure 13**  
Estimation des transmissions  
latérales.  
Valeurs de  $a$

## 2.3 EXEMPLE D'APPLICATION

$$D_n = R + d - 7 - a \text{ dB(A)}$$

- 1) Détermination des cas les plus défavorables pour chaque valeur d'isolement acoustique souhaitable correspondant à la figure 14.



**Figure 14**  
Exemple d'application

- 1.1)  $D_n$  souhaitables :
- |                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| Entre salles de classe               | 38 dB(A) |
| Entre préau et salle de classe       | 50 dB(A) |
| Entre circulation et salle de classe | 26 dB(A) |
- 1.2) Lorsqu'on considère les isollements entre locaux juxtaposés, les parois séparatives sont toutes identiques et les parois latérales sont les mêmes :
- "a" est le même dans tous les cas
  - "R" est le même
  - seul "d" varie.

le cas le plus défavorable est celui où "d" est le plus petit ce qui correspond à V/S le plus faible.

Nous examinerons donc le cas de l'isolement  $D_n$  entre la salle EG2 prise comme salle émission et la salle EG1 considérée comme local réception.

Pour les parois en carreaux de plâtre de 10 cm,  $R = 38$  dB(A) (voir tableau 8c).

$d = 7$  ( $V/S = 5.4$  voir tableau 9 de la figure 12).

$a = 5$  (voir figure 13 "a" 1er cas, les parois séparatives et latérales ayant des indices voisins).

$$D_n = 38 + 7 - 7 - 5 = 33 \text{ dB(A)}$$

ce qui est insuffisant.

Pour obtenir 38 dB(A), il faudrait augmenter l'indice R de la paroi séparative de 38 à 43 dB(A).

Cela revient à remplacer la cloison en carreaux de plâtre de 10 cm par une cloison légère constituée de deux parements composés de deux plaques de plâtre de 10 à 13 mm vissées sur une ossature métallique de 48 ou 50 mm.

1.3) Entre locaux superposés, le cas le plus défavorable correspond à l'isolement entre le préau et l'une ou l'autre des classes d'enseignement général :

$R = 45$  (voir dans le tableau 8a, la valeur de R pour 8 cm de béton).

$d = 5$  (voir figure 12 "d" pour  $V/S = 3$ ).

$a = 7$  (voir figure 13 "a").

$$D_n = 45 + 5 - 7 - 7 = 36 \text{ dB(A)}$$

ce qui est nettement insuffisant (-14 dB(A)).

Il faut envisager le renforcement acoustique du plafond du préau, par exemple avec un système de type doublage composé d'une laine minérale de 50 mm et d'une plaque de plâtre vissée sur une ossature métallique.

Dans ce cas,

$R = 57$  dB(A)

$d = 5$

$a = 0$  (voir figure 13 "a")

$$D_n = 54 + 5 - 7 \text{ dB(A)}$$

Une autre solution consiste à augmenter l'épaisseur de béton pour avoir un indice d'affaiblissement acoustique R de 59 dB(A) ( $45 + 14$ ). Pour cela, il faudrait 18 cm de béton.

I.4) L'isolement le plus défavorable entre salles superposées est celui qui correspond au rapport V/S le plus petit.

Il s'agit du cas émission EG4, réception EG1.

$$\begin{aligned} R &= 45 \text{ dB(A)} \\ d &= 5 \\ a &= 7 \end{aligned}$$

$$D_n = 45 + 5 - 7 - 7 = 36 \text{ dB(A)} \\ \text{au lieu de } 38 \text{ dB(A).}$$

Il faudrait augmenter l'épaisseur de béton de la dalle pour atteindre 10 cm  $R = 48$  au lieu de 45.

Dans l'exemple précédent, nous avons considéré le cas où les parois étaient définies : il fallait vérifier que les performances envisagées pouvaient être satisfaites.

On peut également utiliser la méthode pour déterminer la nature des parois à partir de l'isolement souhaité et du type de construction :

La construction ci-dessus est du type "poteaux-dalles".

Quelle nature de plancher permet un isolement  $D_n = 38$  dB(A) entre salles de classe superposées ?

Dans les cas les plus courants,  $a = 5$  si on évite l'utilisation de cloisons de maçonnerie légère.

Dans le cas des locaux superposés les plus défavorisés, correspondant aux plans ci-dessus,  $d = 5$ .

$$D_n = R + d - 7 - a$$

$$\text{d'où } R = D_n - d + 7 + a$$

L'indice R du plancher séparatif devra être supérieur ou égal à  $38 - 5 + 7 + 5$ , soit 45 dB(A), ce qui correspond à 10 cm de béton.

Les cloisons légères entre salles de classe et entre salles et circulations, devront être "souples", à base de plaques de plâtre ou de panneaux de particules.

Dans le cas de l'isolement entre salle EG2 et la salle EG1,

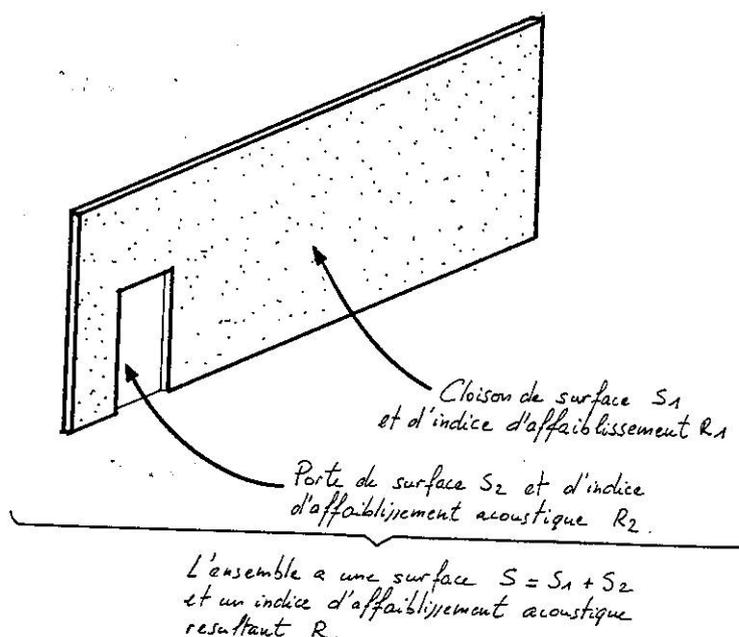
$$\begin{aligned} d &= 7 \\ a &= 5 \\ R &= 38 - 7 + 7 + 5 = 43 \text{ dB(A)}. \end{aligned}$$

Les cloisons séparatives entre salles de classe pourront être choisies en suivant les indications du tableau 8d et 8e.

## 2.4 CAS D'ISOLEMENTS ACOUSTIQUES ENTRE SALLES AVEC PORTES DE COMMUNICATION

La paroi séparative peut comporter une porte. Dans ce cas, la paroi est constituée de deux éléments de surfaces et de qualités acoustiques différentes (voir figure 15).

L'ensemble a une surface  $S$  égale à  $S_1 + S_2$  et un indice d'affaiblissement acoustique global  $R$ .



**Figure 15**

Les tableaux suivants donnent les indices d'affaiblissements acoustiques  $R_1$  de la cloison à prévoir pour obtenir un  $D_n$  de 38 dB(A) (tableau 10 a) ou 26 dB(A) (tableau 10b) pour plusieurs valeurs courantes de  $R_2$ (porte),  $V/S$ ,  $S_2/S_1$  et  $a$  (transmissions latérales).

Les tableaux résultent de l'application de la formule suivante :

$$D_n = -10 \log \left( \underbrace{\frac{S_1 \times 10^{-R_1/10} + S_2 \times 10^{-R_2/10}}{S_1 + S_2}}_{R \text{ résultant}} \right) + \underbrace{10 \log \frac{V}{S}}_{\text{"d"}} - 7 - a$$

**Tableau 10a**

Valeurs de  $R_1$  pour un isolement acoustique normalisé  
 $D_n = 38 \text{ dB(A)}$

V/S m	a = 0						a = 5						a = 7													
	X	R <sub>2</sub> dB(A)		R <sub>2</sub> dB(A)		R <sub>2</sub> dB(A)		X	R <sub>2</sub> dB(A)		R <sub>2</sub> dB(A)		R <sub>2</sub> dB(A)		X	R <sub>2</sub> dB(A)		R <sub>2</sub> dB(A)		R <sub>2</sub> dB(A)						
		25	30	35	25	30	35		25	30	35	25	30	35		25	30	35	25	30	35					
3,6	40		44		42		50	41	45						55	47										
5,4	38		40		44	39		42	39	43				49		47	45					55				
7,2	36		42	37		39	37		38	36	41		47		44		43	43				49	47			
10,8	35		39	35		37	35		45	36	35	40		44		42		50	41	42		46	45			
14,4	33		34	33		39	34	33		36	34	33	38		40		39		42	39	40		44	42	50	41
	0	1/4	1/7	1/10										0	1/4	1/7	1/10									
	S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>						S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>						S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>													

On constate qu'il y a tout intérêt à limiter les transmissions latérales. Pour éviter d'avoir à utiliser des portes coûteuses ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 35 dB(A), il faut que "a", coefficient de transmissions latérales soit égal à 0, (voir figure 13).

**Tableau 10b**

Valeurs de  $R_1$  pour un isolement acoustique normalisé  
 $D_n = 26 \text{ dB(A)}$

V/S m	a = 0						a = 5						a = 7																						
	X	R <sub>2</sub>		R <sub>2</sub>		R <sub>2</sub>		X	R <sub>2</sub>		R <sub>2</sub>		R <sub>2</sub>		X	R <sub>2</sub>		R <sub>2</sub>		R <sub>2</sub>															
		20	25	20	25	20	25		20	25	20	25	20	25		20	25	20	25	20	25	20	25												
3,6	28		29		34	29		32	29		30	29		30	29	33				39		36	35	35				45	40	39					
5,4	26		32	27		29	26		28	26		27	26		27	26	31		37		34		33	41	33	38	32	33		39	36	36	35		
7,2	25		29	25		27	25		26	25		26	25		26	25	30		34		32		40	31	35	31	34	31	32		36	35	34	52	34
	0	1/4	1/7	1/10	1/13	1/15										0	1/4	1/7	1/10	1/13	1/15														
	S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>						S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>						S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>																						

Ce tableau donne les éléments permettant de répondre aux exigences d'isolement acoustique normalisé entre une salle d'enseignement et une circulation.

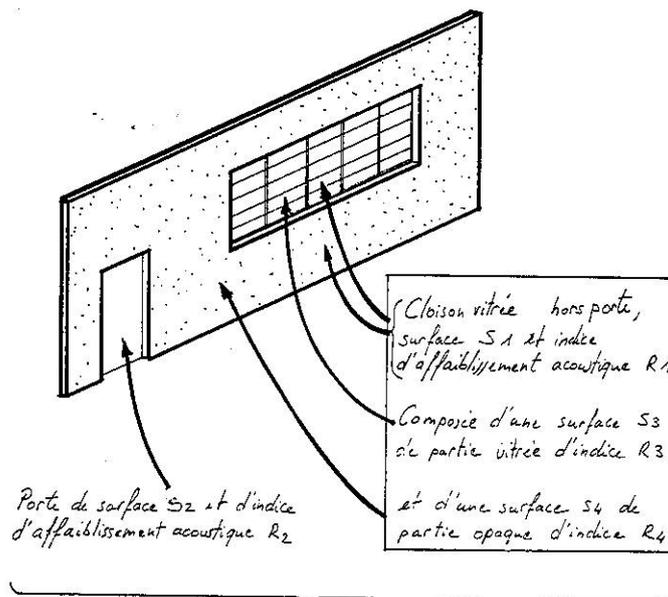
**Exemple d'utilisation :**

Pour obtenir un isolement acoustique normalisé de 26 dB(A), lorsque  $V/S = 5.4$  m, lorsqu'une porte de 2 m<sup>2</sup> et de 25 dB(A) d'indice d'affaiblissement acoustique est placée dans une paroi de 22 m<sup>2</sup>, il faut que la cloison hors porte ait un indice d'affaiblissement acoustique

$R_1$  supérieur à 26 dB(A) si  $a = 0$   
 $R_1$  supérieur à 33 dB(A) si  $a = 5$   
 $R_1$  supérieur à 36 dB(A) si  $a = 7$

## 2.5 ISOLEMENTS ACOUSTIQUES ENTRE LOCAUX SEPARES PAR UNE PAROI COMPORTANT UNE OU PLUSIEURS PORTES ET UN ELEMENT VITRE :

Ce cas est souvent celui des cloisons séparatives entre une salle d'enseignement et une circulation. Cette cloison comporte donc trois types d'éléments différents, la cloison vitrée de surface  $S_1$  et d'indice d'affaiblissement acoustique  $R_1$ , les portes de surface  $S_2$  et d'indice  $R_2$ .

**Figure 16**

L'ensemble a un indice d'affaiblissement acoustique  $R$   
 et une surface  $S = S_1 + S_2$   
 avec  $S_1 = S_3 + S_4$

La cloison vitrée elle-même est composée d'une partie vitrée de surface  $S_3$  et d'indice  $R_3$  et d'une partie opaque d'indice  $R_4$  et de surface  $S_4$ .

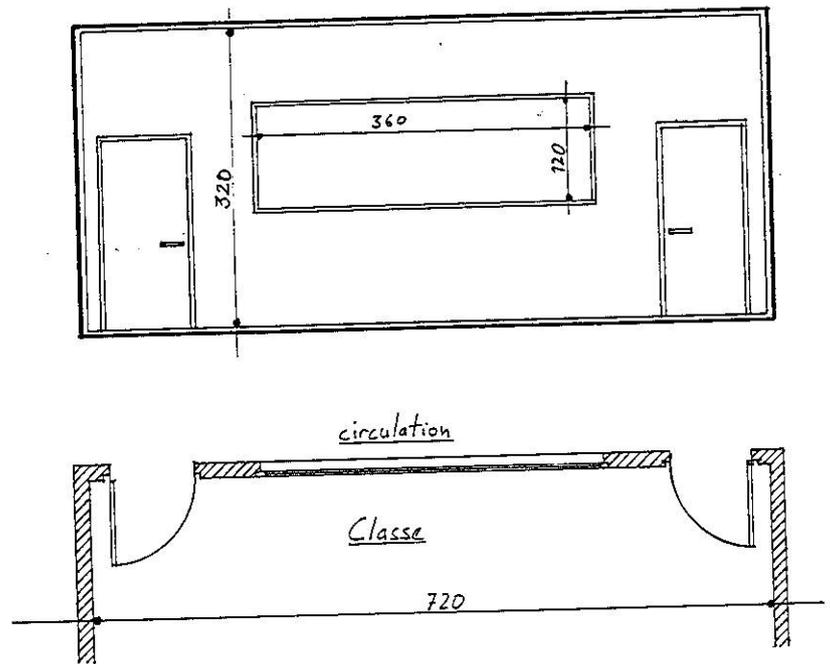
L'ensemble a une surface  $S = S_1 + S_2 = S_2 + S_3 + S_4$  et un indice d'affaiblissement acoustique résultant  $R$ .

Les tableaux résultent de l'application de la formule suivante :  
 Pour traiter ce problème d'isolation, on considère d'abord celui d'une cloison avec une porte qui nous permet de déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique  $R_1$  de l'ensemble "cloison opaque + vitrages". (utilisation des tableaux précédents et notamment du tableau 10b. Puis on utilise le tableau 11 qui donne, en fonction de  $R_1$ , de l'indice  $R_3$  de la partie vitrée de surface  $S_3$  et du rapport de surface  $S_3/S_4$  (vitrés/pleins), l'indice  $R_4$  de la cloison non vitrée.

Les valeurs du tableau 11 sont calculées pour un isolement acoustique normalisé à obtenir de 26 dB(A) qui est celui recommandé entre une salle d'enseignement et une circulation.

**Exemple d'utilisation :**

Comment déterminer les caractéristiques à prévoir pour la paroi séparative entre une salle de classe et une circulation ?  
 (voir figure 17) :



$$\begin{aligned}
 S &= 720 \times 320 = 23 \text{ m}^2 \\
 S_2 &= 2 \times 200 = 4 \text{ m}^2 \\
 S_1 &= 19 \text{ m}^2 \\
 S_3 &= 3,60 \times 1,20 = 4,3 \text{ m}^2 \\
 S_4 &= 19 - 4,3 = 14,7 \text{ m}^2 \\
 S_3/S_4 &= 0,29 \text{ soit compris} \\
 &\text{entre } 0,33 \text{ et } 0,25
 \end{aligned}$$

**Figure 17**

Dimensions de la salle de classe :

$$7.2 \text{ m} \times 7.2 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$$

Surface de la paroi séparative classe - circulation :

$$7.2 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$$

Cette paroi comporte deux portes de  $2 \text{ m}^2$  chacune et une partie vitrée de  $3.6 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$

La porte est à âme pleine sans étanchéité particulière. Son indice d'affaiblissement acoustique peut être estimé à  $20 \text{ dB(A)}$ .

La partie vitrée est constituée d'une vitre de  $4 \text{ mm}$  dans une ossature bois fixe. Son indice d'affaiblissement acoustique est estimé à  $27 \text{ dB(A)}$  pour un bruit rose.

Les données utiles sont les suivantes :

Isolement acoustique normalisé au bruit rose souhaitable :

$$D_n = 26 \text{ dB(A)}$$

Portes :

$$R_2 = 20 \text{ dB(A)}$$

$$S_2 = 2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$$

Paroi hors portes :

$$S_1 = (7.2 \times 7.2) - 4 = 49 \text{ m}^2$$

$R_1$  à déterminer à l'aide du tableau 10b

Paroi vitrée :

$$S_3 = 1.2 \times 3.6 = 4.3 \text{ m}^2$$

$$R_3 = 27 \text{ dB(A)}$$

Paroi opaque :

$$S_4 = S_1 - S_3 = 44.7 \text{ m}^2$$

$R_4$  à déterminer à l'aide du tableau 11

Première étape : détermination de  $R_1$  (tableau 10b), c'est-à-dire de l'indice d'affaiblissement acoustique de l'ensemble paroi pleine + partie vitrée.

Si la cloison est construite entre poteaux en béton, on peut considérer que  $a = 0$  ( $a$  est l'évaluation des transmissions latérales -voir paragraphe 2-2 et la figure 13).

Le rapport volume de réception à la surface de la paroi séparative est dans le cas présent, égal à 7.2.

Le rapport de surface  $S_2/S_1$  est égal à  $4/49 = 0.0816$  plus proche de 0.25 (1/4) que de 0.14 (1/7).

On considère le cas :

$$\begin{aligned}
 a &= 0 \text{ S}_2/ \\
 S_1 &= 1/4 \\
 R_2 &= 20 \text{ dB(A)} \\
 V/S &= 7.2
 \end{aligned}$$

on trouve ainsi que  $R_1$  doit être au moins égal à 29 dB(A).

Deuxième étape : détermination de  $R_4$ , indice d'affaiblissement acoustique de la paroi opaque (tableau 11).

**Tableau 11**

Détermination de l'indice d'affaiblissement acoustique  $R_4$  de la partie pleine d'une cloison comportant une porte et une partie vitrée, pour obtenir un isolement acoustique  $D_n$  de 26 dB(A)

$R_1$	$R_3$			$R_3$			$R_3$			$R_3$		
	27	30	32	27	30	32	27	30	32	27	30	32
25	24	23	23	25	24	24	25	25	24	25	25	25
27	27	26	25	27	26	26	27	27	27	27	27	27
29	33	29	28	31	29	28	30	29	29	30	29	29
31		33	30	38	32	31	34	32	31	33	32	31
33		57	35		36	34	55	35	34	39	35	34
35			59		38			40	37		39	37
37								43				41
39												
	1/1			1/2			1/3			1/4		
	$S_3 / S_4$											

$R_1$  = Indice d'affaiblissement acoustique de l'ensemble constitué de la cloison pleine et de la partie vitrée (dB(A)).

$R_3$  = Indice d'affaiblissement acoustique en dB(A) de la partie vitrée de surface  $S_3$  m<sup>2</sup>.

$S_4$  = Surface de la partie pleine de la cloison (m<sup>2</sup>).

La paroi opaque + la partie vitrée doit avoir un indice d'affaiblissement acoustique  $R_1 = 29 \text{ dB(A)}$ .

$$S_3/S_4 = 4.3/14.7 = 0.29 \text{ compris entre } 0.25 (1/4) \text{ et } 0.33 (1/3).$$

Sur le tableau 11, on lit pour :

$$\begin{array}{ll} S_3/S_4 = 1/4 & S_3/S_4 = 1/3 \\ R_3 = 27 \text{ dB(A)} & R_3 = 27 \text{ dB(A)} \\ R_1 = 29 \text{ dB(A)} & R_1 = 29 \text{ dB(A)} \\ \text{d'où } R_4 = 30 \text{ dB(A)} & \text{d'où } R_4 = 30 \text{ dB(A)} \end{array}$$

### REMARQUES RELATIVES AUX TABLEAUX 10b et 11

- 1) Dans les cas où le tableau 10b conduit à de fortes valeurs de  $R_1$  (lorsque les transmissions latérales sont de 5 dB(A) ou lorsque les valeurs d'indice des portes sont faibles pour des profondeurs de locaux faibles), il est difficile, voire impossible, d'obtenir un isolement de 26 dB(A) entre la salle et la circulation, à moins d'augmenter l'indice des parties vitrées, ce qui conduit à l'utilisation de glaces épaisses permettant un indice d'affaiblissement acoustique supérieur à 32 dB(A).

Cette solution est coûteuse, alors que l'examen du tableau 10b montre qu'il aurait suffi d'augmenter les performances des portes de 17 ou 20 dB(A) à 25 dB(A). Cette dernière valeur correspond à des portes à âme pleine étanches (joints périphériques et seuil escamotable).

- 2) Les deux tableaux montrent que dans les cas où les transmissions latérales sont importantes (paroi séparative et parois latérales de natures comparables liées à la paroi séparative), il faut utiliser des portes performantes (ce qui suppose leur étanchéité) et des parties vitrées équipées de vitrages épais.

Par exemple, si dans le cas précédent, la paroi opaque entre la salle et la circulation avait été en carreaux de plâtre de 7 cm liée à des cloisons perpendiculaires en carreaux de plâtre de 10 cm et percée d'une porte à âme pleine sans étanchéité et d'une partie vitrée équipée d'un verre de 3 mm, les 26 dB(A) d'isolement acoustique requis entre la salle et la circulation n'auraient pas été obtenus.

Dans cet exemple :

$$\begin{array}{ll} R_2 = 20 \text{ dB(A)} & S_2 = 4 \text{ m}^2 \\ R_3 = 27 \text{ dB(A)} & S_3 = 4.3 \text{ m}^2 \\ R_4 = 33 \text{ dB(A)} & S_4 = 15.7 \text{ m}^2 \end{array}$$

Transmissions latérales  $a = 5$

Le tableau 11 conduit à  $R_1$  maximum = 31 dB(A)

Le tableau 10b conduit à une impossibilité

Si la porte a un indice d'affaiblissement acoustique de 25 dB(A) (obtenu en réalisant l'étanchéité), il faut  $R_1$  de 34 dB(A), ce qui ne peut être obtenu que par une cloison ayant un indice minimal de 35 dB(A) et une partie vitrée de 30 dB(A).

Dans ces rapports de surfaces, on peut résoudre ce problème en conservant les parois en carreaux de plâtre, mais de 10 cm au lieu de 7 cm, à condition que la porte soit à âme pleine et étanche et que la partie vitrée soit équipée d'un verre épais de 5 mm au moins.

# 2/3

Les bruits d'impacts sur le sol, bruits de pas, de chutes d'objets ou de déplacements de meubles, sont dûs à la mise en vibration du plancher et des parois liées rigidement à ce plancher.

Pour tester l'isolation acoustique aux bruits d'impacts, on utilise une machine normalisée appelée "machine à chocs" ou "machine à frapper". Cette machine étalon comprend 5 marteaux de 500 g chacun, qui tombent sur le sol de 4 cm de hauteur à raison de 10 coups par seconde. Le mouvement des marteaux qui "pianotent" le sol, est entraîné par un arbre à came, lui-même entraîné par un moteur électrique.

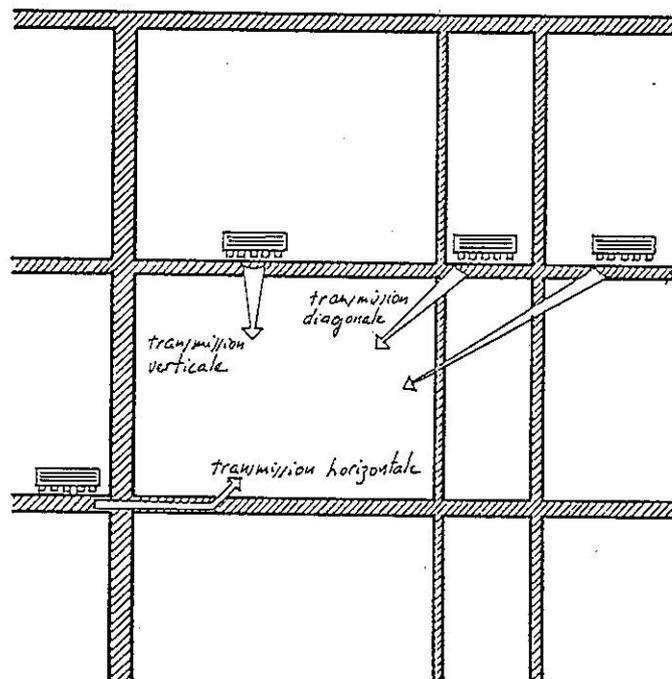
Lorsqu'on veut mesurer l'isolation aux bruits d'impacts entre deux locaux, on place la machine à chocs dans le local émission et on mesure le niveau de pression acoustique dans le local réception. Plus ce niveau est faible, plus l'isolation aux impacts est importante.

Les recommandations du Ministère de l'Education Nationale, considèrent qu'un niveau de pression acoustique pondéré de 74dB(A) est le seuil au-dessus duquel il y a vraisemblablement une gêne des usagers du local réception. Notons que la machine à chocs peut être placée sur le sol de toute local normalement accessible.

## BRUITS D'IMPACTS

Il faut donc examiner :

- les transmissions directes ou verticales qui se produisent lorsque les locaux émission et réception sont directement superposés (figure 18),



**Figure 18**

Différents types de transmissions des bruits d'impacts.

- les transmissions diagonales avec ou sans espace tampon,
- les transmissions horizontales, lorsque les locaux émission et réception sont juxtaposés

Là encore, la limite maximale de 74 dB(A) est comprise pour un local normalement meublé ayant une durée de réverbération de 0.8 seconde à toutes les fréquences.

### 3.1 EFFICACITE DES REVETEMENTS DE SOL

Pour s'isoler des bruits d'impacts, la nature du plancher support intervient peu, l'efficacité des revêtements de sol est prépondérante.

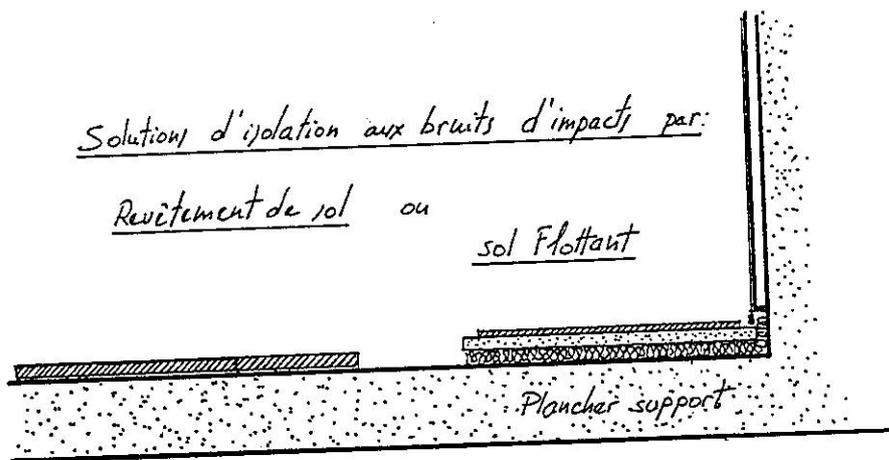
Nous avons vu que pour s'isoler des bruits aériens, on pouvait compter sur la masse des parois simples ou sur des systèmes de parois doubles.

Pour les bruits d'impacts, la masse du plancher support ne joue pas un rôle très important.

Par exemple, lorsqu'on écoute la machine à chocs dans un local de 30 m<sup>3</sup> situé sous la dalle de plancher excitée, le niveau de pression acoustique est de l'ordre de 90 dB(A) si la dalle est en béton de 10 cm. Il est voisin de 85 dB(A) pour une dalle de 15 cm de béton, et de 81 dB(A) pour une dalle de 20 cm de béton.

Pour obtenir une bonne isolation aux bruits d'impacts, on utilise des revêtements de sol choisis pour amortir l'impact à la source.

Une autre solution, beaucoup moins utilisée dans les locaux scolaires, consiste à utiliser la technique des sols flottants. Ceux-ci sont constitués d'un élément rigide (chape de béton ou parquet) reposant sur une sous couche souple, généralement en laine minérale (figure 19).



**Figure 19**  
Solutions d'isolation aux bruits d'impacts

La possibilité des revêtements de sol d'amortir les bruits d'impacts est testée en laboratoire. On mesure le niveau sonore obtenu sous une dalle de 14 cm de béton excitée par la machine à chocs, puis le niveau  $L_n$  obtenu sous la même dalle revêtue du produit à tester. La différence des deux niveaux est le  $\Delta L$  du revêtement de sol. Ce  $\Delta L$  est exprimé en dB(A). Il y a quelques années, les laboratoires indiquaient uniquement le  $L_n$ , niveau mesuré lorsque la dalle de 14 cm est revêtue du produit à tester.

Dans ce cas,  $\Delta L = 83 - L_n$  (dB(A))

**Tableau 12**

$\Delta L$  de différents types de revêtements de sol

Revêtement	$\Delta L$ dB(A)
Tapis plastique sans sous couche	3
Carrelage grès cérame scellé ou collé	0
Tapis ou dalles vinyliques avec sous couche incorporée	12 à 16
Tapis aiguilleté	15 à 20
Carrelage collé directement sur sous couche isolante	9 à 12
Dalle flottante	10 à 20
Carrelage scellé sur sous couche mince en laine minérale	13 à 15

## 3.2 TRANSMISSIONS VERTICALES

### CAS DES PLANCHERS EN BETON :

Dans les locaux scolaires, lorsque les planchers sont en béton d'épaisseur  $e$ , le niveau  $L_{NAT}$  dans un local de volume  $V$  ayant une durée de réverbération de 0.8 seconde à toutes les fréquences sur lequel la machine à chocs fonctionne, est donné par la formule suivante :

$$L_{NAT} = 135 - 30 \log e - \Delta L - 10 \log v$$

$L_{NAT}$  est le niveau de bruit de choc normalisé en dB(A) pour une durée de réverbération de 0.8 seconde.

$e$  est l'épaisseur en cm de la dalle béton (épaisseur du béton entre les nervures en cas de plancher nervuré)

$\Delta L$  est l'efficacité du revêtement de sol en (dB(A))

V est le volume du local réception ( $m^3$ )

Le tableau indique les valeurs de  $\Delta L$  en dB(A) à respecter pour obtenir un  $L_{nat}$  de 74 dB(A) en fonction de l'épaisseur de la dalle de béton et du volume "V" du local de réception.

**Tableau 13**

V $m^3$	$\Delta L$ pour $L_{nat} = 74$ dB(A)				
	e = 8 cm	e = 10 cm	e = 12 cm	e = 14 cm	e = 16 cm
29 à 35	19	16	14	12	10
36 à 44	18	15	13	11	9
45 à 56	17	14	12	10	8
57 à 70	16	13	11	9	7
71 à 89	15	12	10	8	6
90 à 112	14	11	9	7	5
113 à 141	13	10	8	6	4
142 à 177	12	9	7	5	3
178 à 223	11	8	6	4	2
224 à 281	10	7	5	3	1
282 à 354	9	6	4	2	
355 à 446	8	5	3	1	

L'épaisseur de béton est prise éventuellement entre poutres

Les revêtements de sol utilisés doivent être suffisamment résistants à l'usure (ils sont soumis à un trafic intense), et au poinçonnement. Ils doivent également être étanches à l'eau et résister aux agents chimiques, notamment dans les salles de travaux pratiques. Les locaux sont classés suivant leur nécessité de disposer de revêtements ayant dans tous ces domaines, une résistance suffisante.

Les revêtements de sol subissent des tests dans chacune des rubriques suivantes :

Usure (U), poinçonnement (P), étanchéité à l'eau (E), résistance chimique (C).

Suivant les résultats des tests, les revêtements sont notés de 0 à 5 dans chaque rubrique. La meilleure résistance correspond à 5, la plus mauvaise à 0.

Les locaux sont également affectés d'un classement UPEC. Un revêtement pourra être utilisé dans un local si son classement UPEC est dans toutes les rubriques, au moins égal à celui du local.

Pour les locaux d'un établissement scolaire, le classement UPEC est donné dans le tableau n° 14 issu du "Cahier des Recommandations Techniques - Constructions Scolaires".

**Tableau 14**

Caractéristiques de revêtement de sols par type locaux pour les établissements du second degré.

Famille	Locaux	Traditionnels grés ou assimilés	Mince plastique ou assimilés	Autres revêtements et remarques
1	Bibliothèque salles de lecture, de travail, de documentation, de musique, salle de réunion et de travail des professeurs.		U4, P4, E2, C0	Textile U3, P3, E2, C0 Les sols traditionnels sont à éviter en raison des exigences de correction acoustique nécessaire à ces locaux.
1-5	Atelier de factotum, réserve de cuisine.	U4, P4, E3, C2		Industriel ou traditionnel.
1	Salles spécialisées	U3, P3, E3, C3	U4, P3, E0, C0	Salles de type laboratoire. Salle sans équipements lourds. Se reporter aux indications des programmes de constructions.
1	Salles d'enseignement général.	U4, P2, E3, C0	U4, P3, E2, C0 (en RDC)	Les sols traditionnels peuvent être mis en œuvre en prêtant attention aux difficultés de correction acoustique.
5	Salles polyvalentes		U3, P3, E2, C0 (en étage)	
2	Préau ouvert			Revêtement non glissant et anti-poussière.
26	Préau fermé, foyer d'internat.	U4, P2, E3, C2	U3, P3, E2, C0	
3	Locaux médicaux	U3, P2, E3, C0	U3, P2, E2, C0	
4	Administration, loge	U3, P2, E3, C0	U2, P2, E1, C0	Textile U2S, P2, E1, C0 seulement dans les locaux à accès exceptionnel du public.
5	Cuisine	U4, P4, E3, C2		
6	Internat, chambres	U3, P2, E3, C0	U2, P2, E2, C2	Textile U2S, P2, E1, C0.
	Coordonnerie, lingerie, infirmerie.	U3, P2, E2, C0	U3, P2, E2, C2	
7	Locaux sanitaires et d'hygiène.	U4, P2, E3, C2 en Rdc; U3, P2, E3, C2 en étage		
8	Circulation, halls, escaliers	U4, P2, E3, C0	U4, P2, E2, C0 Rdc et escalier. U3, P2, E2, C0 en étage	
9-10-11	Locaux techniques, galeries de liaisons, garage pour cycles.			Type industriel.
12	Logements			Textile dans les pièces principales.

**Tableau 14 Bis**

**Ecoles élémentaires et maternelles  
Caractéristique des revêtements de sols**

Locaux	Traditionnels grés ou assimilés	Mince plastique ou assimilé	Autres revêtements et remarques
Locaux d'enseignement et ateliers pour activités diverses (sans usage abondant d'eau) salle à manger, salle polyvalente, circulations, halls à rez-de-chaussée.	U3, P2, E2, C0	U4, P2, E2, C1	Les sols traditionnels peuvent être mis en oeuvre en prêtant attention aux difficultés de correction acoustique.
Les mêmes locaux que ci-dessus en étage ainsi que l'infirmerie, les sanitaires secondaires ou pour adultes (qu'ils soient en étage ou à rez-de-chaussée) sauf les escaliers.	U3, P2, E2, C0	U3, P2, E2, C1	Même remarque que ci-dessus.
Bibliothèques, salle de repos, salle de jeux, salle d'exercice.		U4, P2, E2, C1	Dans la bibliothèque un sol textile pourra être admis avec classement U3S, P2, E1, C0, à rez-de-chaussée, U3, P2, E1, C0 en étage.
Locaux sanitaires collectifs, salle de propreté, tisanerie, salle de travail, atelier (faisant usage abondant), cuisines.	U4, P3, E3 C2 à rez-de-chaussée U3, P3, E3, C2 en étage		Pour les cuisines prévoir des caractéristiques antidérapantes et des plinthes à gorge.
Bureaux, salle de réunion des maîtresses.		U2S, P2, E1, C1	Textile U2S, P2, E1, C0 seulement dans les locaux à accès exceptionnel public.
Aires d'accueil extérieures, abris non fermés.			Revêtements non glissants, souples, non rugueux (équivalents à un enrobé bitumeux de faible granulométrie).
Abris couverts partiellement fermés, intégrés ou non aux bâtiments.			Revêtement identique à celui des aires extérieures mais présentant des caractéristiques antipoussière (équivalent à un enrobé dense fermé).
Abris fermés			Le revêtement proposé sera fonction de la destination pédagogique, hall d'attente, salles de jeux (cf. les revêtements recommandés pour ces locaux).

**Tableau 15**

Exemple de revêtements de sol utilisables

$\Delta L$ dB(A)	UPEC	NATURE
30	U4P2E2C2	Vinylique sur feutre avec 2 mm de couche d'usure - Pose tendue
14	U3P2E2C2	Vinylique sur feutre synthétique 2.8 mm de couche d'usure
13	U4P2E2C2	Vinylique sur mousse 4.2 mm de couche d'usure
12	U4P2E2/3C2	Vinylique sur mousse 3.6 mm de couche d'usure
7	U3P2E2/3C2	Vinylique sur sous couche à base de liège

Pour les cuisines, salles de travaux pratiques, de chimie, physique ou sciences naturelles, il sera souvent préférable d'utiliser des carrelages grès cérame collés ou scellés.

Ces carrelages pourront être mis sur sous couche ou être scellés avec mortier de pose sur une laine minérale mince.

**Tableau 16**

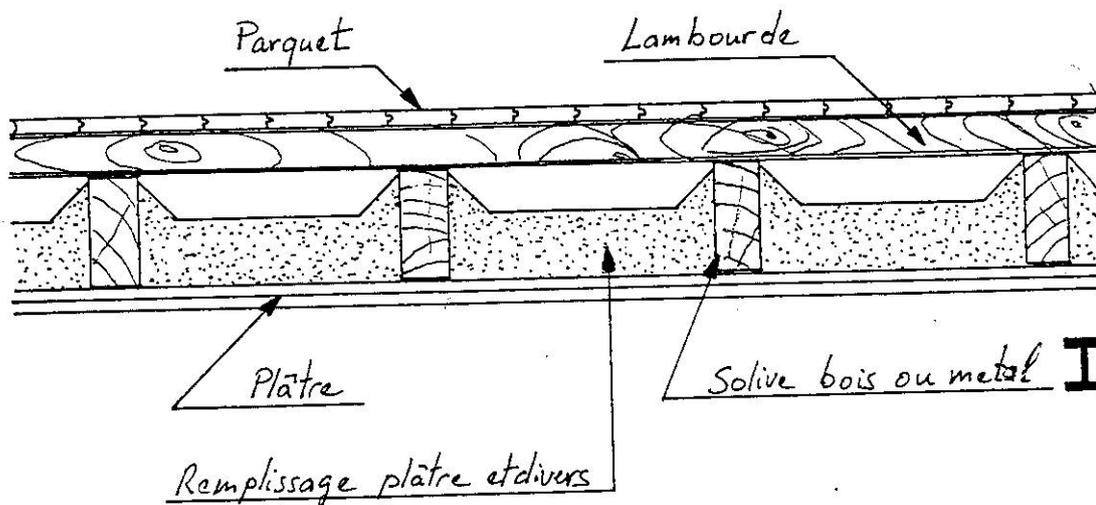
Sous couches pour carrelages

Il y a au moins une demi douzaine de marques différentes qui permettent un  $\Delta L$  de 4 à 14 dB (A). En général, l'efficacité est plus forte lorsque les carrelages sont de faibles dimensions.

Epaisseur sous couche (mm)	$\Delta L$ dB(A)
4 à 7	5 à 9
8 à 10	6 à 14

**CAS DES PLANCHERS ANCIENS A SOLIVES BOIS OU METAL ET PARQUETS SUR LAMBOURDES (figure 20) :**

Dans ce cas, l'exploitation de nombreux résultats de mesures montre que :



**Figure 20**

Constitution d'un plancher ancien.

$$L_{\text{NAT}} + D_{\text{NAT}} = 115 \text{ dB(A)}$$

où :

$D_{\text{NAT}}$  est l'isolement acoustique normalisé entre le local émission et le local réception

$L_{\text{NAT}}$  est le niveau de bruit d'impact obtenu lorsque la machine à chocs fonctionne dans le local supérieur.

Ainsi, lorsque

$$\begin{aligned} D_{\text{NAT}} &= 41 \text{ dB(A)} \\ L_{\text{NAT}} &= 74 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Lorsqu'il y a un remplissage entre solives, ce qui est souvent le cas,  $D_{\text{NAT}}$  est au moins égal à 45 dB(A), ce qui entraîne automatiquement la satisfaction des exigences relatives aux bruits d'impacts.

**CAS DES PLANCHERS CORPS CREUX A ENTREVOUS BETON OU CERAMIQUE :**

Dans ce cas, on considère que le  $\Delta L$  des revêtements de sol doit être supérieur à la valeur donnée par la formule suivante :

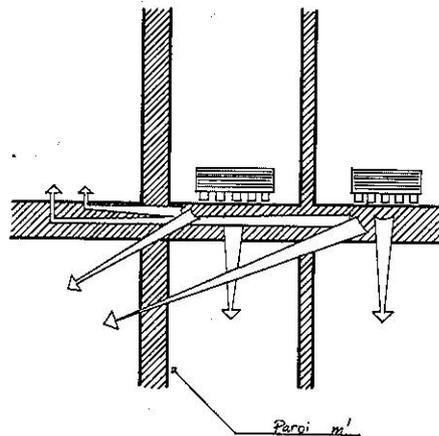
$$\Delta L = 71 - R$$

où  $R$  est l'indice d'affaiblissement acoustique du plancher. Cet indice est considéré pour un bruit rose à l'émission. On peut l'évaluer en connaissant la masse en  $\text{kg/m}^2$   $M$  du plancher support.

**Tableau 17**

$M \text{ kg/m}^2$	$R \text{ dB(A) rose}$
150	37
200	42
250	46
300	49
350	52
400	54
450	56

### 3.3 ATTENUATIONS DUES AUX TRANSMISSIONS DIAGONALES OU HORIZONTALES (figure 21) :



**Figure 21**

Différents sens de transmission des bruits d'impacts.

Les valeurs de  $\Delta L$  à prendre en compte, dépendent de la masse des parois verticales liées au plancher et contribuant à la transmission.

Si la paroi verticale a une masse  $m'$  inférieure à  $100 \text{ kg/m}^2$ , il y a une atténuation de  $3 \text{ dB(A)}$  de la transmission par rapport à la transmission verticale. Ainsi, pour une transmission diagonale ou horizontale, les valeurs données dans le tableau 13 peuvent être diminuées de  $3 \text{ dB(A)}$ .

L'écart est de  $5 \text{ dB(A)}$  si  $m'$  est compris entre  $100$  et  $250 \text{ kg/m}^2$  et il est de  $7 \text{ dB(A)}$  si  $m'$  est supérieur à  $250 \text{ kg/m}^2$ .

Lorsqu'il y a un espace tampon entre le local émission et le local réception, les valeurs du tableau 13 peuvent être diminuées de  $7 \text{ dB(A)}$  lorsque les cloisons limitant cet espace tampon sont légères, et de  $10 \text{ dB(A)}$  lorsqu'au moins l'une d'entre elles est lourde.

# 2/4

Qu'il s'agisse des installations de chauffage, de plomberie, de ventilation, d'ascenseurs, destinées à équiper le bâtiment ou d'installations de machines diverses prévues pour le fonctionnement de l'établissement, il faut veiller à limiter la transmission des bruits aériens et des vibrations produites par le matériel.

Dans tous les cas, il faut utiliser la démarche suivante :

- 1) Choix du matériel en fonction notamment de ses caractéristiques acoustiques,
- 2) Désolidarisation de l'installation pour limiter la transmission des vibrations.
- 3) Isolation aux bruits aériens,
- 4) Surveillance du réglage et de l'entretien des matériels.

## 4.1 CHOIX DES MATERIELS

Suivant le type d'équipement, les matériels sont caractérisés par leur puissance acoustique ou par des indices de performances acoustiques permettant de les choisir en fonction de leur caractère plus ou moins silencieux.

La puissance acoustique de brûleurs, de ventilateurs, de pompes... doit être donnée en fonction de la fréquence. Une valeur globale en dB(A) n'est pas suffisante car les procédés à prévoir afin de limiter les bruits produits dans le voisinage dépendent de la fréquence. **Il est donc nécessaire de connaître le spectre du bruit produit.**

Certains équipements sont caractérisés par des indices de performance. En plomberie, les robinets sont affectés d'un indice  $D_s$ . Cet indice, mesuré en laboratoire, résulte de la comparaison du bruit produit par un robinet étalon très bruyant et du bruit produit par le robinet testé. Plus le  $D_s$  est important, plus le robinet est silencieux.

En ventilation, les bouches d'extraction sont caractérisées par leur  $D_{n10}$  en dB(A), qui est l'isolement mesuré en laboratoire entre deux locaux séparés par une paroi très isolante mais alimentés par une même installation de ventilation équipée dans chaque local de la bouche à tester.

Pour les bouches d'amenée d'air, la bouche est placée dans la paroi séparative. Le but de l'installation d'essai est que l'isolement mesuré ne corresponde qu'à la transmission par les bouches. Enfin, les valeurs mesurées sont normalisées pour un local réception ayant une aire d'absorption équivalente de 10 m<sup>2</sup>.

## 4.2 DESOLIDARISATION DE L'INSTALLATION

Il s'agit là d'un problème de mécanique. En effet, il faut empêcher que la vibration des équipements ne se transmette aux parois du bâtiment. Cela suppose la mise en place des matériels, tels que les pompes, les ventilateurs, les machineries d'ascenseur, sur des plots ou sur des socles antivibratiles.

Une méthode simple et efficace, consiste à prévoir un matériau antivibratile tel que son écrasement sous la charge du matériel soit compris entre 3 et 5 mm afin que la fréquence propre du système "masse-ressort" ainsi créé soit suffisamment éloignée des fréquences audibles. Encore faut-il vérifier que cette fréquence est nettement inférieure à la fréquence excitatrice due au fonctionnement du matériel.

Si un matériel est sur antivibratile, il est prudent de créer un raccordement souple du réseau alimenté par le matériel : manchettes souples à l'entrée et à la sortie des pompes, tronçons de gaines souples à l'entrée et à la sortie des ventilateurs...

Même si ces précautions sont prises, les réseaux eux-mêmes sont le siège de vibrations véhiculées par les fluides ou les gaz transportés. Il faut les désolidariser des parois du bâtiment par l'utilisation de manchons souples à la traversée des parois et par l'utilisation de colliers ou suspentes antivibratiles.

## 4.3 ISOLATION AUX BRUITS AERIENS

L'isolement acoustique à prévoir entre un local technique et un local à protéger, dépend d'une part du niveau sonore dans le local technique (fonction de la puissance acoustique du matériel et de l'ambiance plus ou moins réverbérante du local) et d'autre part du niveau limite à ne pas dépasser dans le local à protéger.

Une méthode rapide peut être la suivante :

- Evaluation du niveau sonore dans le local technique :  $L_1$

Puissance acoustique du matériel, exprimée en dB(A) diminuée de 2 dB(A) si le local technique est réverbérant et de 5 dB(A) s'il est encombré et traité par des produits absorbants..

- Evaluation de l'isolement acoustique en dB(A) au bruit rose à obtenir :

$$D_n = L_1 - L + X \text{ dB(A)}.$$

où  $L_1$  est le niveau prévisible dans le local d'émission

$L$  est le niveau limite à ne pas dépasser dans le local voisin.  
 $X$  est un terme correctif égal à 5 dB(A) si le bruit émis par le matériel est à dominante fréquences graves, et à 0 si ce bruit est à dominante moyenne ou aiguë.

#### **4.4 REGLAGE ET ENTRETIEN DU MATERIEL**

Ce sont des opérations indispensables pour maintenir les installations à un niveau de bruit le plus faible possible. Des paliers mal entretenus, des filtres encrassés, des joints usés... créent des bruits anormaux dus aux déséquilibres ou aux turbulences que cela engendre.

Lorsqu'un matériel est perçu comme étant trop bruyant, avant toute autre opération il est nécessaire de vérifier et de régler son fonctionnement, voire l'usure de ses pièces.

#### **4.5 IMPLANTATION DES MATERIELS**

- Eloigner les locaux techniques prévus pour des équipements bruyants, des zones les plus sensibles de l'établissement (salle de cours, C.D.I., bureaux).
- Lorsque des sanitaires sont contre une salle de classe, ne pas adosser les appareils à la cloison séparative et les accrocher sur une paroi lourde (masse supérieure à 250 kg/m<sup>2</sup>).
- Lorsqu'un matériel est à l'extérieur, vérifier qu'il ne pourra pas être source de bruit de voisinage. Prévoir éventuellement des écrans, des auvents, voire des capotages.

#### **4.6 QUELQUES INDICATIONS RELATIVES AUX DIFFERENTES INSTALLATIONS**

##### **1) Plomberie :**

- Choisir des robinets ayant un  $D_s$  supérieur à 25 dB(A) ou un classement EAU correspondant à  $A_2$  ou  $A_3$  ou plus.
- Limiter la pression d'alimentation à 3 bars (un doublement de la pression augmente le bruit de 6 dB(A)).

- Désolidariser les meubles évier, les paillasses, les douches, les baignoires,...des parois verticales et si possible des planchers s'ils sont en étage.- Désolidariser les robinets de chasse des parois par colliers antivibratiles et manchons souples..

## **2) Chaufferies :**

- A éloigner des locaux d'enseignement.
- Désolidariser les brûleurs, les pompes, les canalisations. Prévoir éventuellement un sol flottant épais en béton.

## **3) Ventilation :**

- Désolidariser les ventilateurs.
- Prévoir des diamètres de rotors (en m) supérieurs au tiers de la racine carrée du débit extrait en m<sup>3</sup>/seconde.
- Demander à l'installateur un calcul de l'atténuation apportée par le réseau afin de vérifier que les niveaux limites admis dans les locaux à protéger ne sont pas dépassés.

## **4) Ascenseurs :**

- Machinerie sur antivibratile (y compris les poulies de renvoi).
- Désolidarisation des armoires de contacteurs.
- Bon réglage des guides, des ouvertures et fermetures de portes.
- Gaine lourde (18 cm de béton au moins).

## 2/5

### 5. 1 COMMENT REALISER LA CORRECTION ACOUSTIQUE D'UNE SALLE DE CLASSE ?

La surface la plus disponible pour y placer un matériau absorbant est le plafond de la salle. Or, pour éviter des défauts du type échos francs ou échos flottants, il serait souhaitable de répartir les absorbants au moins sur trois parois adjacentes du local (par exemple : le sol étant traité par les élèves, il suffit de traiter la paroi du fond de salle, face au professeur et la paroi face à la façade).

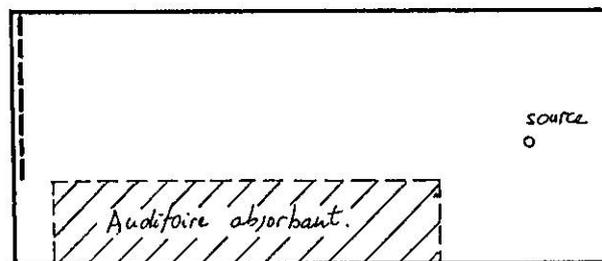


**Figure 22**

Traitement absorbant des murs d'une salle de classe à partir d'une hauteur de 1,2.

Les matériaux absorbants étant souvent des produits relativement fragiles, on évite généralement de les placer à portée des élèves; c'est pourquoi on se contente de traiter le plafond.

Signalons toutefois, que pour éviter des échos francs, il est recommandé de traiter toutes les parois situées à plus de 10 m des sources de bruit. Dans une classe traditionnelle de plus de 10 m de longueur, il faut notamment placer un matériau absorbant sur la paroi face au professeur. Ce matériau peut être arrêté à 1. 2 m du sol, car la bande de 1. 2 m à partir du sol est "neutralisée" par les élèves assis.



**Figure 23**

Pour une salle longue il est nécessaire de traiter le fond de la salle, pour éviter un écho.

## TRAITEMENT ACOUSTIQUE DES LOCAUX

Nous avons tenté de proposer une méthode simple permettant de déterminer le coefficient d'absorption du matériau à placer dans la salle de classe lorsqu'une surface équivalente à celle du plafond est couverte par ce matériau.

Il faut d'abord déterminer la quantité de matériaux absorbants à placer dans la salle afin d'obtenir une durée de réverbération optimale.

Cette surface équivalente peut être répartie sur les parois latérales et le fond de salle (seule la face du tableau n'est pas traitée), ce qui permet une meilleure correction acoustique de la salle.

Elle peut également être placée sur une partie du plafond et en retombée sur le fond de salle, ce qui est souhaitable dans le cas des salles de grande longueur. Enfin, la totalité du plafond peut être traitée.

## 5.2 ABAQUE 3 - ESTIMATION DES DUREES DE REVERBERATION DES SALLES DE CLASSE

L'abaque 3 permet de faire une estimation des durées de réverbération pouvant être obtenues.

Cet abaque donne les durées de réverbération en seconde en fonction de la hauteur sous plafond et de la surface au sol de la salle vide, normalement meublée sans absorbant sur les parois, ou normalement meublée avec introduction d'un matériau absorbant de surface équivalente à celle du plafond.

### Commentaires :

Les courbes supérieures de l'abaque indiquent les réverbérations des locaux vides, non meublés. On constate que les durées de réverbération sont toujours importantes et varient en fonction de la surface et de la hauteur sous plafond. Notamment, pour une même hauteur sous plafond, la variation de durée de réverbération est importante en fonction de la surface au sol (écarts de 0, 8 à 1, 3 seconde quand on passe de 25 à 125 m<sup>2</sup> au sol).

La zone des courbes du milieu, montre que les variations en fonction de la surface sont plus faibles lorsque la salle est meublée normalement. Nous avons considéré pour l'établissement de ces courbes, l'apport d'absorption et de diffusion lorsque le nombre de postes de travail reporté à la surface au sol de la salle est de 1 poste pour 2 m<sup>2</sup>. Cela correspond à une densité d'occupation moyenne de 0, 5 élève au m<sup>2</sup>.

Si l'ameublement est plus faible, la valeur de la durée de réverbération sera comprise entre la courbe "salle vide" et la courbe "salle normalement meublée pour une même surface.

Si l'ameublement est plus important, correspondant à un taux d'occupation de 0, 75 à 1 élève par m<sup>2</sup>, la durée de réverbération est voisine de la courbe pointillée.

**Notons qu'une durée de réverbération de 0, 8 seconde ne peut pas être obtenue uniquement par le mobilier ; il faut prévoir des matériaux absorbants.**

(Voir pages finales)

La zone inférieure correspond à des locaux normalement meublés avec **une surface équivalente à celle du plafond**, traitée par un matériau absorbant.

Cette zone est en fait composée de quatre zones correspondant chacune à un coefficient d'absorption différent du matériau absorbant.

La zone 1 est celle d'un matériau ayant un coefficient d'absorption moyen dans les octaves 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz de 0,4 (du type panneaux de particules de lin avec des perforations non traversantes en surface);

La zone 2 correspond à un coefficient d'absorption de 0,5 (type lames métalliques non perforées espacées de 1,5 à 2,5 cm et supportant un matelas de laine minérale).

La zone 3 a un coefficient d'absorption de 0,6 (type laine minérale semi-rigide, surfacée d'un film plastique mince).

La zone 4 correspond à un coefficient d'absorption moyen de 0,7 dans les octaves centrés sur 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz (type plafond suspendu en plaques de laine minérale comprimées, fissurées, striées ou perforées).

**Dans le cas de ces locaux traités**, la largeur des zones fonction de la surface du local, est beaucoup plus faible et **la durée de réverbération ne dépend pratiquement que de la hauteur sous plafond**.

Ainsi, pour obtenir une durée de réverbération de 0,8 seconde dans une salle normalement meublée, inoccupée, de 3 m sous plafond, un matériau absorbant de coefficient 0,4 suffit. Par contre, pour une hauteur sous plafond de 4 m, il faut un coefficient d'absorption supérieur à 0,5.

Lorsque la hauteur sous plafond est inférieure à 3 m, il n'est pas toujours nécessaire de traiter l'ensemble du plafond. Par exemple, pour une hauteur de 2,5 m à 2,7 m il suffit de traiter l'équivalent de 75 % de la surface du plafond si le coefficient du matériau absorbant est de 0,4.

60 % de la surface pour  $\alpha = 0,5$

50 % de la surface pour  $\alpha = 0,6$  ou  $0,7$  .

Pour une hauteur sous plafond entre 2,7 et 3 m, les valeurs sont les suivantes :

80 % de la surface pour  $\alpha = 0,4$

70 % de la surface pour  $\alpha = 0,5$

60 % de la surface pour  $\alpha = 0,6$

50 % de la surface pour  $\alpha = 0,7$

### 5.3 QUELLE EST LA MEILLEURE PLACE POUR UN MATERIAU ABSORBANT ?

Dans deux cas de salles, nous avons simulé l'indice d'intelligibilité de la parole en fonction de traitements absorbants identiques en quantité (surface traitée) mais différents quant aux emplacements.

Nous avons classé les intelligibilités en mauvaises, médiocres, passables, bonnes et excellentes.

#### 1er CAS : Salle de 10. 8 x 7. 2 x 3 m2 (fig. 24a)

A) Auditoire seul - pas d'autres matériaux absorbants sur les parois.

L'intelligibilité est bonne aux premiers rangs d'élèves, mais est passable pour le reste de l'auditoire.

B) Auditoire - traitement des 2/3 du plafond avec un matériau ayant un coefficient d'absorption moyen dans l'intervalle de fréquences 500 Hz-2000 Hz de 0. 6.

L'intelligibilité reste bonne aux premiers rangs, est presque bonne vers le milieu de l'auditoire, et reste passable en fond de salle.

C) Auditoire - traitement de la moitié du plafond la plus éloignée de la source et retombée absorbante en fond de salle.

L'intelligibilité est bonne partout (à la limite entre bon et passable en fond de salle);

D) Auditoire - retombée absorbante de 80 cm de hauteur côté fenêtres, de 1. 8 m de hauteur côté circulation et face à la source.

L'intelligibilité est excellente aux premiers rangs et bonne, proche de l'appréciation excellente, dans le reste de la salle.

#### 2ème CAS : Salle de 7. 2 x 7. 2 x 3 m2 (fig. 24b)

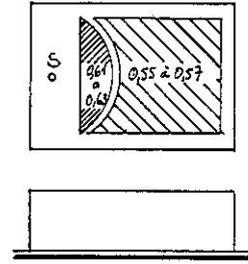
A) Intelligibilité passable dans toute la salle.

B) Intelligibilité juste bonne dans toute la salle.

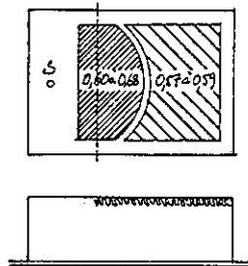
C) Intelligibilité bonne dans toute la salle.

D) Intelligibilité bonne, plus proche de l'appréciation excellente dans toute la salle.

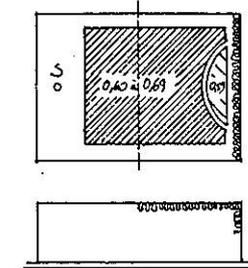
- Figure 3 -  
Salle 10,80 x 7,20 x 3,00



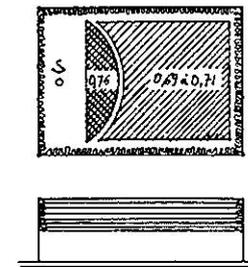
Pas de traitement  
absorbant des parois



Plafond absorbant  
sur 2/3 de la surface  
Lmoyen 500 à 2000 Hz  
= 0,6



Traitement de la moitié  
du plafond et d'une  
retombée de 1,80m en  
fond de salle.



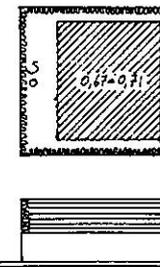
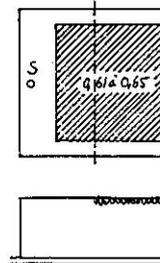
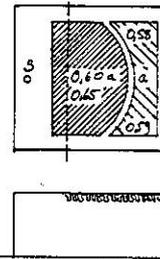
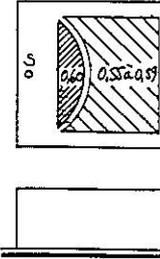
Plafond non traité  
absorbant sur les  
cloisons retombées  
1,80m.

 intelligibilité  
excellente  
indice  $r > 0,75$

 bonne intelligibilité  
indice  $0,6 < r < 0,75$

 intelligibilité passable  
 $0,45 < r < 0,60$

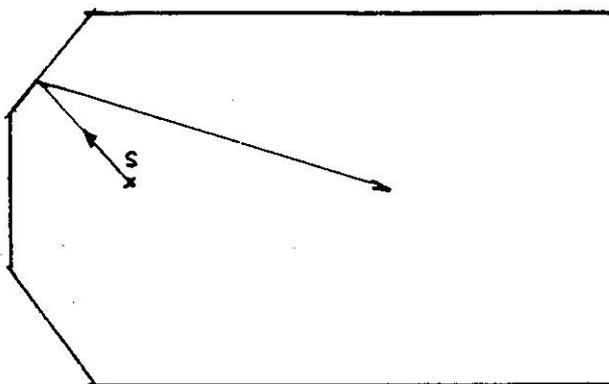
- Figure 4 -  
Salle 7,20 x 7,20 x 3,00



**Figure 24**  
Détermination de l'intelligibilité dans une  
salle occupée, en fonction de la place des  
matériaux absorbants.

**Nota :**

Dans une salle "orientée", c'est-à-dire comportant une zone émission bien définie (par exemple près du tableau), une augmentation de l'intelligibilité peut être obtenue en modifiant la forme de la salle comme l'indique la figure 25.

**Figure 25**

Exemple de modification de la forme d'une salle.

## 5.4 PROBLEMES PARTICULIERS POSES PAR LES RESTAURANTS ET LES SALLES POLYVALENTES

Dans ces deux locaux, il s'agit de favoriser l'émission et la réception de la parole, soit sous forme de conversations se déroulant en même temps dans le même local (restaurant), soit sous forme de conférences écoutées par un auditoire attentif (salle polyvalente).

Pour les salles polyvalentes, il devra également être possible d'émettre et d'écouter de la musique enregistrée ou non, sachant qu'en cas de musique avec émission directe, on se limite à la production de quelques instruments ou de petites formations musicales.

Toutefois, ces deux salles de parole posent des problèmes très différents, qui devraient se résoudre de façons très différentes.

Dans un restaurant, la source de bruit est multiple : tout le monde parle.

Dans une salle polyvalente, il n'y a que quelques personnes qui parlent, les autres écoutent.

Dans le restaurant, le niveau ambiant est créé par l'ensemble des conversations. Pour limiter cette ambiance, il y a intérêt à disposer des matériaux absorbants le plus proche possible des sources.

Cela plaide en faveur d'un plafond très absorbant relativement bas. Il ne faut pas que les bruits émis se propagent loin des sources.

De plus, on a avantage à limiter le nombre de sources. Pour cela, il faut éviter les grands réfectoires où plusieurs centaines de personnes émettent en même temps.

D'où les principes à retenir :

- fractionnement des grandes surfaces de façon à ne pas dépasser un nombre d'élèves supérieur à 80 (au delà, faire deux services ou prévoir un fractionnement à l'aide de cloisonnettes amovibles)
- plafond très absorbant à environ 3 m du sol.

Dans une salle polyvalente, il faut favoriser la propagation de l'énergie acoustique émise le plus possible vers tout l'auditoire, même l'auditoire le plus éloigné. Pour cela, on utilisera souvent le plafond comme réflecteur et on disposera les matériaux absorbants sur les parois verticales, le plus loin possible de la source.

Si on veut une salle sans emplacement privilégié pour l'émission (pas de scène fixe), on répartira sur toutes les parois verticales des matériaux à coefficients d'absorption faibles ou moyens.

De même, dans une salle polyvalente, on pourra étudier des formes de locaux qui favoriseront les transmissions vers l'auditoire. Quoiqu'il en soit, le plafond d'une salle polyvalente devrait être rarement traité.

Que penser alors d'un restaurant qu'on utilise comme salle polyvalente ? Une telle disposition ne semble compatible qu'avec une production sonorisée.

Notons qu'un local traité en salle polyvalente ne pourra être utilisé comme restaurant que si on multiplie le nombre de cloisonnettes amovibles et absorbantes à disposer entre les tables.

## **5.5 CAS PARTICULIER DES SALLES SONORISEES**

La sonorisation s'accommode très bien d'une salle à durée de réverbération faible à toutes les fréquences. Par contre, elle est incompatible avec une salle non traitée ou trop réverbérante.

Comme on a tendance à utiliser des moyens audiovisuels dans presque tous les locaux, on a tout intérêt à ne pas négliger leur correction acoustique et à ne pas dépasser les durées de réverbération maximales recommandées.

## 5.6 LES ATELIERS

Dans les ateliers, il faut viser au moins deux buts d'ordre acoustique :

- 1) obtenir un environnement acoustique compatible avec la santé des élèves (prévention des risques de surdité),
- 2) viser une bonne compréhension des communications verbales.

Il est évident que bien d'autres conditions sont à réunir, telles que celles relatives à l'hygiène, à la sécurité, à la ventilation, à l'éclairage. C'est pourquoi, l'étude des conditions à réunir dans un atelier doit être faite en participation avec des spécialistes dans les autres domaines que l'acoustique, sans oublier les personnes représentatives des utilisateurs.

Dans ce qui suit, nous ne développerons que l'aspect acoustique pour dégager les principes à respecter. Les deux buts acoustiques cités ci-dessus s'obtiennent généralement par la limitation des niveaux sonores ambiants (voir tableau 18).

**Tableau 18**

Valeurs limites recommandées des niveaux sonores ambiants dans les ateliers.

### **Protection de l'audition :**

- Niveau d'exposition limite des élèves durant leur présence en atelier ..... 84 dB (A)  
(sur la base de 16 h d'atelier hebdomadaires)
- Niveau limite au poste de conduite des opérations bruyantes..... 89 dB (A)  
(niveau continu équivalent sur une durée représentative)

### **Compréhension de la parole :**

- Niveau ambiant maximum :
  - Lors d'un dialogue entre 2 ou 3 personnes :
    - à voix forte..... 75 dB (A)
    - à voix normale... 65 dB (A)
  - Lors d'une discussion entre une dizaine de personnes :
    - à voix forte..... 60 dB (A)
    - à voix normale..... 50 dB (A)

- Lors d'un exposé à une trentaine de personnes :
  - à voix forte..... 50 dB (A)
  - à voix normale... 40 dB (A)

(de plus une durée de réverbération inférieure à 1 seconde est nécessaire)

Les actions à envisager pour satisfaire à ces recommandations doivent porter sur les trois phénomènes acoustiques mis en jeu :

- sur l'émission sonore
- sur la propagation
- sur la réception.

L'action sur l'émission sonore ne peut s'envisager que lors de l'achat d'un nouvel équipement. Le bon entretien des équipements permettra de limiter les bruits engendrés par l'usure et le dérèglement. Le remplacement d'un matériel vétuste s'avère être généralement une mesure efficace, les équipements modernes étant moins bruyants. L'emploi de capot insonorisant non prévu d'origine ne paraît pas être un moyen compatible avec les conditions classiques d'utilisation des machines. Lors du choix d'une nouvelle machine, le niveau sonore au poste de conduite doit être particulièrement pris en considération. A cette fin, une clause du cahier des charges devra demander ou imposer un niveau limite mesuré suivant un code normalisé. Une enquête menée auprès de fabricants de machines-outils permet d'estimer l'ordre de grandeur des niveaux sonores au poste de conduite (voir tableau 19).

Les actions à mener sur la propagation et la réception sont décrites ci-après. Dans ce guide, nous nous limiterons à des préconisations d'ordre général, sachant que pour chaque type d'activité, des traitements spécifiques sont à prévoir.

- correction acoustique des locaux afin de limiter l'intensité du champ réverbéré.
- interposition d'écrans entre les sources de bruit et les emplacements de travail.
- réalisation de cloisonnement partiel des zones bruyantes par rapport au reste de l'atelier.
- utilisation de protecteur individuel contre le bruit lors de la réalisation des opérations bruyantes.

**Tableau 19**

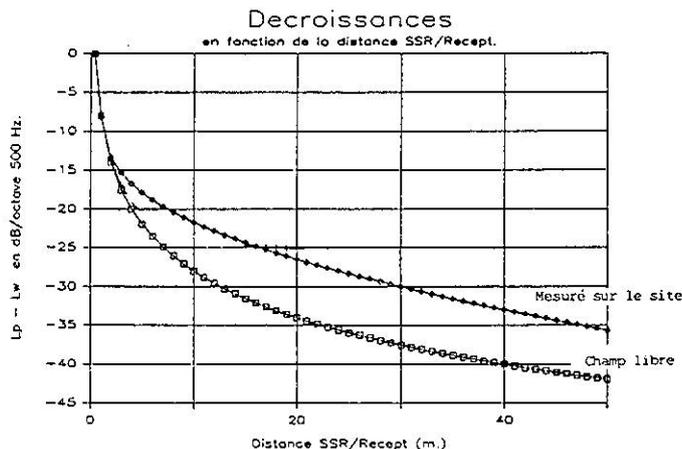
Niveaux fréquemment observés aux postes de conduite de machines outils, exprimés en dB(A)

	<70	70	75	80	85	>90
<b>Machine à travailler le métal</b>						
Cintreuse						■
Cisaille						■
Fraiseuses						■
Plieuse	---					
Poinçonneuse grignoteuse						■
Presse	---					
Rectifieuse						■
Rouleuse	---					
Tour universel						■
Tronçonneuse						■
<b>Machines à travailler le bois</b>						
Aspirateur de copeaux						■
Combinée dégauchisseuse-raboteuse						■
Corroyeuse						■
Dégauchisseuse	---					
Mortaiseuse						■
Raboteuse						■
Scie à ruban						■
Scie circulaire						■
Tennonneuse						■
Toupie						■
Tour à bois						■

**Amplification d'un local :**

Si la source était placée à l'extérieur sur le sol en l'absence de tout obstacle, la répartition du niveau sonore en fonction de la distance à la source serait celle de la courbe 1 (champ semi-libre).

La source étant plus généralement dans un local, les parois du local réfléchissent en partie l'énergie acoustique et le niveau en un point à une distance donnée de la source est supérieur à celui de la courbe 1.



**Figure 26**  
Amplification d'un local.

La différence des niveaux sonores entre la courbe 1 (champ semi-libre) et la courbe 2 (source dans le local), est appelée "amplification du local".

## **CORRECTION ACOUSTIQUE DES ATELIERS**

### **Exigences :**

Afin de limiter l'intensité du champ réverbéré et donc son influence sur le niveau ambiant, il y a lieu de mettre en oeuvre des revêtements de parois, ou des structures présentant de bonnes caractéristiques d'absorption acoustique.

Bien que l'influence du champ réverbéré sur le niveau perçu soit fonction de l'activité régnant dans l'atelier, et tout particulièrement des distances entre les sources de bruit et les emplacements de travail, il paraît souhaitable d'adopter une unique exigence pour ménager la polyvalence du lieu.

Une amplification du local inférieure à 8 dB(A) à 10m d'une source paraît être un objectif compatible avec les performances des traitements envisageables.

Dans les cas de locaux plats (largeur du local supérieure à 2 fois la hauteur), cette exigence peut être traduite en durée de réverbération maximale en fonction de la hauteur (voir tableau ci-après).

**Tableau 20**

Durée de réverbération maximale pour les ateliers industriels en fonction de leur hauteur (moyenne) :

Hauteur H	Durée de réverbération maximale #
$H \leq 4 \text{ m}$	0,7 s.
$4 \text{ m} < H \leq 5 \text{ m}$	1 s.
$5 \text{ m} < H \leq 6 \text{ m}$	1,5 s.
$6 \text{ m} < H$	2 s.

# Valeur moyenne sur le domaine de fréquences comprenant les octaves centrées sur 500, 1000 et 2000 Hz, local équipé.

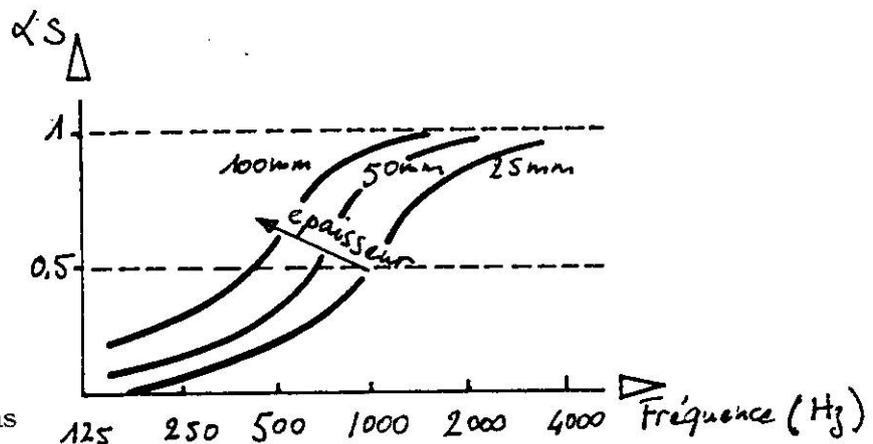
### Les structures absorbantes :

La qualité d'absorption d'un matériau est donnée par la valeur de son coefficient d'absorption Sabine noté  $\alpha_s$ . Cette grandeur est mesurée en laboratoire, conformément à la norme NFS 31-003 et présentée dans la documentation des fabricants.

Compte-tenu des imprécisions liées à la méthode de mesures, les valeurs données ne sont pas directement utilisables dans les calculs prévisionnels. On pourra malgré tout les utiliser afin de comparer diverses fournitures en veillant à bien contrôler que les essais ont été réalisés dans des conditions de mise en oeuvre équivalentes à celles envisagées dans le projet.

Les spectres des bruits classiquement observés et la sensibilité de l'oreille sont telles que l'on peut, pour simplifier, ne considérer les performances des traitements que dans le domaine de fréquences composé des octaves centrées sur 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz.

Dans ce domaine, ce sont les caractéristiques de porosité et d'épaisseur des matériaux qui influencent le plus les performances d'absorption (voir figure 27).

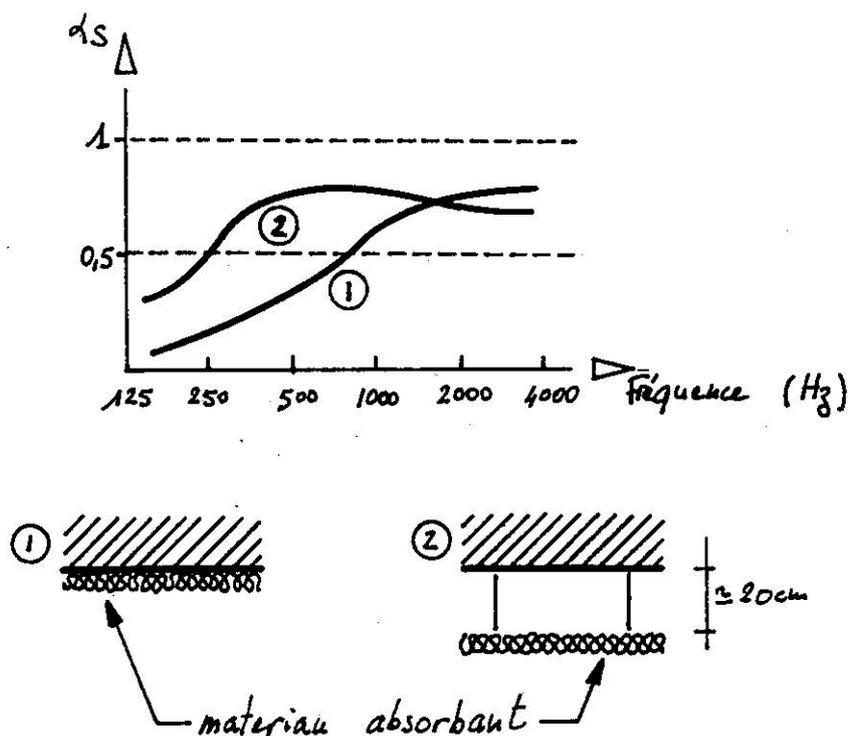


**Figure 27**  
Absorption par un matelas fibreux.

On notera que l'effet de la porosité risque d'être fortement contrarié par l'usage de revêtement ou de finition non suffisamment "transparent" au son (film PVC, kraft, peinture). Aussi, lorsqu'un revêtement étanche est nécessaire (lavabilité, barrière étanche à la vapeur d'eau), il devra être le plus fin possible (film PVC inférieur à 10/100 mm).

Bien que secondaire, on ne négligera pas l'absorption introduite par le comportement de certains matériaux en membrane et en résonateur.

De plus, la présence d'un espace libre derrière un matériau a un effet très bénéfique sur l'absorption dans le domaine des fréquences médiums et graves comme dans le cas de l'utilisation en plafond suspendu (voir figure 28).



**Figure 28**  
Influence du mode de mise en oeuvre des matériaux absorbants.

Ce phénomène illustre bien le fait que les conditions de mise en oeuvre sont très importantes. Aussi, il est plus judicieux de parler de structure absorbante que de matériau.

Le traitement de l'enveloppe :

Compte-tenu de la forme aplatie des locaux industriels, les réflexions successives des ondes acoustiques entre le sol et le plafond ont un rôle déterminant sur l'intensité du champ réverbéré. Aussi, le plafond devra être traité en priorité.

Dans le cas des locaux plats, (largeur supérieure à 2 fois la hauteur). On peut préciser que l'obtention des exigences retenues nécessite que le plafond ait un coefficient d'absorption  $\alpha_s$  au moins égal aux valeurs présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 21

Hauteur H	Durée de réverbération maximale #	Coefficient d'absorption Sabine du plafond (valeur minimale)
3 m < H ≤ 4 m	0,7 s.	0,9
4 m < H ≤ 5 m	1 s.	0,8
5 m < H ≤ 6 m	1,5 s.	0,7
6 m < H ≤ 8 m	2 s.	0,5
8 m < H ≤ 10 m	2 s.	0,7

# Valeur moyenne sur le domaine de fréquences comprenant les octaves centrées sur 500, 1000 et 2000 Hz, local équipé.

## Valeur moyenne sur le domaine de fréquence comprenant les octaves centrées sur 500, 1000 et 2000 Hz, déterminée suivant la norme NFS 31-003.

Pour les locaux dont la largeur est du même ordre de grandeur que la hauteur (largeur inférieure à 2 fois la hauteur), on devra avoir un mur longitudinal (longpan) avec des performances équivalentes à celles du plafond, ceci à partir d'une hauteur de 2 m au-dessus du sol.

Dans le cas de locaux dont la hauteur, la largeur et la longueur sont équivalentes (largeur et longueur inférieures à deux fois la hauteur), deux murs adjacents (un longpan et un pignon), devront être traités de la même manière.

Dans certaines configurations, et pour répondre à des contraintes particulières, on pourra diminuer ou étendre les surfaces traitées avec des structures absorbantes de performances différentes de celles précisées précédemment. Le critère à respecter est de conserver la valeur du produit de la surface traitée par le coefficient d'absorption.

Ainsi, prenons par exemple un local avec une toiture shed d'une hauteur moyenne de 6 m et dont un tiers de la couverture est vitré : le tableau préconise un coefficient d'absorption de 0,5 pour un traitement de toute la surface du plafond. Si le traitement se limite à la surface opaque (2/3 de la surface totale). La structure absorbante à adopter devra avoir un alpha Sabine supérieur ou égal à 0,75 (0,5 x 3/2).

Ce raisonnement pourra également être mené pour les murs, dans le cas de locaux dont la largeur et éventuellement la longueur sont du même ordre de grandeur que la hauteur.

On veillera à toujours conserver une bonne répartition des zones absorbantes sur l'ensemble de la surface du plafond.

Nous présentons dans le tableau 22, les matériaux et les structures présentant de bonnes caractéristiques d'absorption et classiquement utilisés dans les locaux industriels. Il y est précisé les coefficients d'absorption Sabine généralement obtenus avec la mise en oeuvre décrite. Les valeurs sont données à titre indicatif et devront, lors d'un projet, être confirmées par un procès-verbal d'essais correspondant au matériau et aux conditions de pose effectivement retenus.

Certaines structures sont présentées en raison de leur propriété constructive alliée à une absorption certes faible, mais non négligeable.

## **ECRANS ET BOXES**

### **Les performances :**

L'utilisation d'écrans s'avère être une action intéressante afin de limiter la propagation du bruit d'une opération bruyante vers des emplacements de travail.

Pour cela, il est nécessaire de respecter certaines règles, pour la plupart d'ordre géométrique, afin d'aboutir à un bon résultat.

En effet, l'efficacité d'un écran à limiter le niveau sonore en un emplacement donné est directement liée aux possibilités qu'il a de faire obstacle aux ondes sonores provenant de la source : ondes directes et ondes ayant subi une ou plusieurs réflexions sur les parois du local. L'atténuation introduite est d'autant plus forte que les ondes ainsi détournées avaient une influence importante dans la situation initiale.

### **Le dimensionnement :**

Dans le cadre des ateliers industriels, la satisfaction de ce principe nécessite de répondre au mieux aux critères suivants :

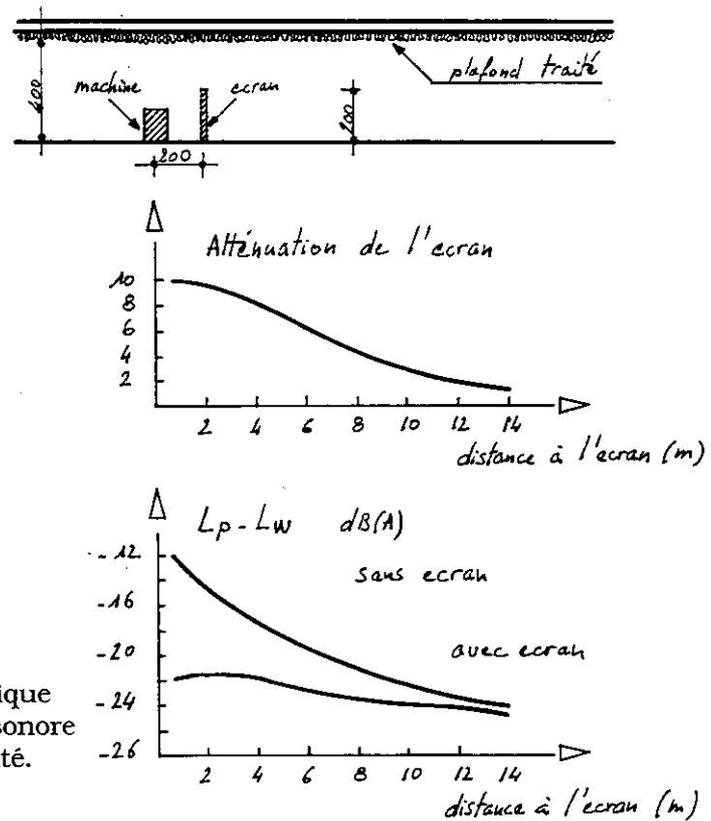
- plafond très absorbant : caractéristiques d'absorption précédemment présentées.
- hauteur de l'écran au moins égale à 2 m.
- distance entre la source et l'écran inférieure à 2 m.

Tableau 22

Constitution de structures presentant de bonnes caracteristiques d'absorption acoustique

Nature	Caracteristiques principales	Autres caracteristiques	Mode de mise en oeuvre	Coeff.moyen d'absorption Sabine	Commentaires
Panneaux de fibres minerales sous forte densite	Aspect fissure et/ou fortement perforé (couche de peinture faible epaisseur)	Epaisseur : 15 à 21 mm Dimension : 1200 x 600 mm poids au m2 : 7 Kg Class. feu : M0	- Plafond suspendu - Revêtement mural	0,7 à 0,8 0,6	En revêtement mural, à protéger par une tôle perforée à 15-20 % ou un métal déployé pour des hauteurs inférieures à 2 m.
Panneaux de fibres minerales sous moyenne densite	Revêtu d'un voile ou d'un tissu de verre (couche de peinture faible epaisseur) epaisseur au moins égale à 48 mm	Epaisseur : 40 à 80 mm dimension : 1200 x 600 mm poids au m2 : 5 à 7 Kg class.feue : M0	- Plafond suspendu - Sous toiture sous pannes - Sous toiture entre pannes - Revêtement mural	0,8 à 1,8 0,8 à 0,9 0,7 à 0,8 0,6 à 0,7	En revêtement mural, à protéger par une tôle perforée à 15-20 % ou un métal déployé pour des hauteurs inférieures à 2 m.
	Revêtu d'un film PVC ou d'un kraft aluminium de faible epaisseur (pare-vapeur)	epaisseur : 50 à 80 mm dimension : 1200 x 600 mm poids au m2 : 4 Kg class.feue M1	- plafond suspendu - Sous-toiture sous pannes - sous-toiture entre revêtement mural	0,5 à 0,7 0,5 à 0,7 0,5 à 0,6 0,5	Lavable - présente de bonnes caracteristiques pour l'isolation thermique. En revêtement mural, à protéger par une tôle perforée à 15-20% ou un métal - Déployé pour des hauteurs inférieures à 2 m.
Baffles à suspendre constitués de panneaux de fibres minerales	Revêtu d'un voile de verre (couche de peinture faible epaisseur)	epaisseur : 60 à 80 mm dimensions : 100x 600 mm class. feu : M0	- plafond suspendu 1 élément par m2 0,5 élément par m2	0,9 0,8	
Panneaux de fibres agglomérés (fibres de bois liées ou ciment)	faiblement chargé de ciment	epaisseur : 25 à 50 mm dimensions : 2000 x 500 mm poids au m2 : 13 à 20 Kg class. feu : M1	- En fond de coffrage (50 mm) - en plafond suspendu - en plafond suspendu avec matelas de laine minérale (30 à 40 mm) - Revêtement mural appliqué sur la paroi (50mm) - Revêtement mural avec matelas de laine minérale (30 à 40 mm)	0,5 0,6 à 0,7 0,7 à 0,9 0,5 0,6 à 0,8	Bonne résistance mécanique utilisés en complexe avec du polystyrène les performances d'absorption sont celles correspondant à l'épaisseur du panneau
Lames métalliques avec matelas de laine minérale	Espace libre entre lames	epaisseur : 30 à 40 mm poids au m2 : 6 à 8 Kg class.feue : M0	- plafond suspendu - Revêtement mural	0,6 à 0,8 0,5	lavable bonne résistance mécanique
Bacs métalliques perforés avec matelas de laine minérale	perforation : 6 à 10% perforation 15 à 30%	epaisseur : fibres 30 à 40 mm dimensions: 600 x 300 mm poids au m2 : 6 à 7 Kg class.feue : M0 epaisseur : fibres 50 mm dimensions: 300x 2000 mm class.feue M0	- plafond suspendu - revêtement mural	0,8 0,7 à 0,8	Lavable bonne résistance mécanique lavable bonne résistance mécanique
Fibres minerales projetées	en epaisseur au moins égale à 20 mm non peint	epaisseur : sup. à 20 mm class.feue : M0	- sous dalle	0,7	des performances annoncées plus élevées sont douteuses
Panneaux de particules bois perforés	perforat. 8 à 10% non peint	epaisseur : 30 mm dimensions : 1200 x 1200 mm class.feue : M1	- sous toiture - revêtement mural	0,5 0,5	bonne résistance mécanique - peut servir de support d'isolation thermique
Bardage métallique perforé avec matelas laine minérale	perfor. 10 à 15% avec pare-vapeur de faible epaisseur	epaisseur : 50 à 80 mm class.feue : M0	- Parois verticales	0,5 à 0,6	lavable - constituant d'enveloppe - bonne résistance mécanique isolation thermique
Couverture métallique perforée	perfor. 10 à 15% avec pare-vapeur de faible epaisseur	epaisseur : 50 à 100 mm class. feu : M0	- Couverture	0,5 à 0,6	Lavable constituant d'enveloppe
Béton cellulaire	non enduit non peint	epaisseur : 100 à 200 mm class.feue : M0	- parois verticales	0,2	Paroi porteuse isolation thermique
Blocs de béton à résonateurs	non enduit non peint	epaisseur: 200 mm dimensions: 200x500 mm	- Parois verticales	0,5 à 0,6	Paroi porteuse bonne isolation acoustique
Blocs de béton non enduits	non enduit non peint	epaisseur : 100 à 250 mm dimensions: 200 x 500 mm	- Parois verticales	0,1	Paroi porteuse Bonne isolation acoustique

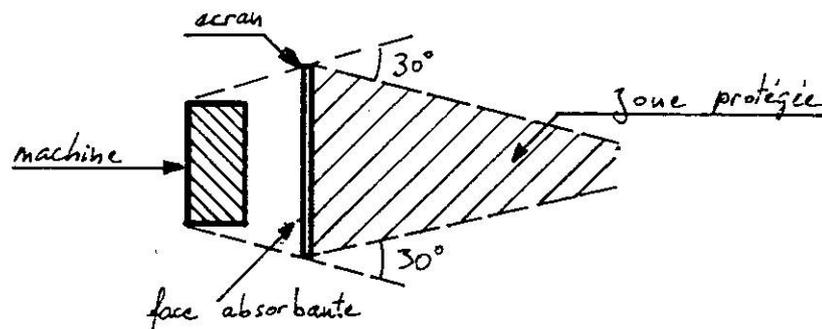
La zone protégée s'étendra derrière l'écran, jusqu'à environ 10 m. Le niveau sonore pourra ainsi être limité à une valeur inférieure de 20 dB au niveau de puissance de la source ainsi masquée (atténuation de 8 à 3 dB(A) en fonction de la distance à l'écran) (voir figure 29).



**Figure 29**

Atténuation et niveau de pression acoustique derrière un écran masquant une source sonore dans un local plat dont le plafond est traité.

La largeur de cette zone est approximativement limitée par les plans verticaux faisant un angle de 30 degrés par rapport aux plans de vue de la source passant par les arêtes latérales de l'écran (voir figure 30) (effet de diffraction et de réflexion sur les obstacles latéraux).



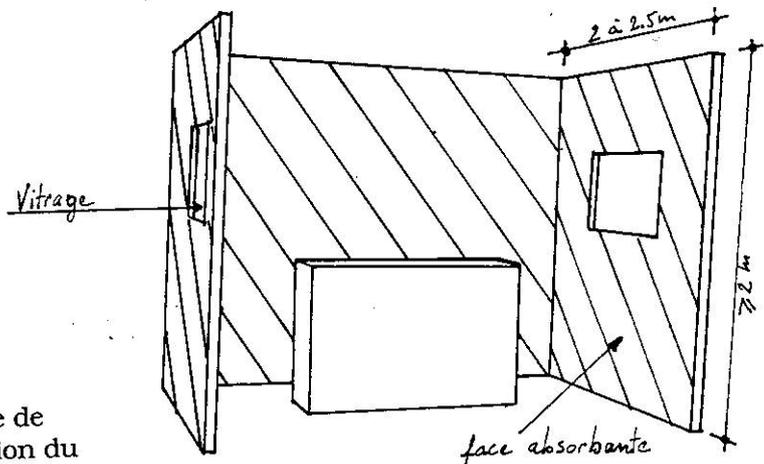
**Figure 30**

Zone protégée par un écran rectangulaire.

Pour que la transmission du bruit au travers de l'écran soit sans influence, il suffit que la paroi constituante ait une performance d'isolation supérieure à 20 dB(A). Cette performance est obtenue avec une paroi de masse surfacique de 10 kg/m<sup>2</sup> seulement (exemples : panneau de particules bois de 22 mm, plaque de plâtre de 13 mm, tôle d'acier 15/10 mm). Les contraintes mécaniques sont en général plus sévères.

**Les boxes :**

Lorsque l'on cherche à étendre la zone protégée, on utilise plusieurs écrans autour de la source de bruit. On peut utiliser trois écrans rectangulaires formant boxes. Afin de satisfaire les critères précédemment évoqués, les caractéristiques principales de ces boxes sont (voir figure 31)



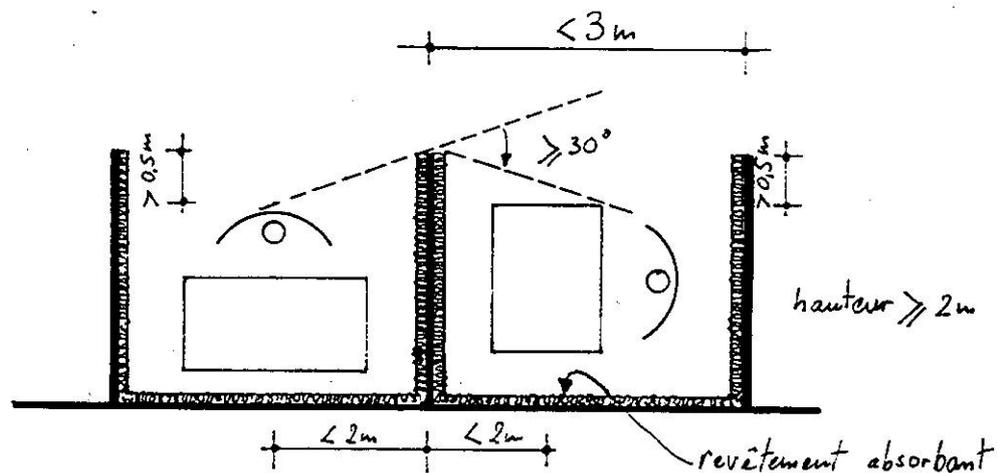
**Figure 31**  
Boxe placé à proximité d'un poste de travail afin de limiter la propagation du bruit vers le reste de l'atelier.

- hauteur au moins égale à 2 m.
- largeur limitée au strict nécessaire (2 à 3 m).
- profondeur supérieure d'au moins 0.5 m de la position extrême du poste de conduite ou de la source de bruit.

Afin de limiter l'amplification du niveau sonore créé par le confinement de la source, les faces intérieures des écrans doivent être fortement absorbantes (coefficient d'absorption Sabine supérieur à 0.6). Pour permettre la surveillance, des parties transparentes pourront être ménagées.

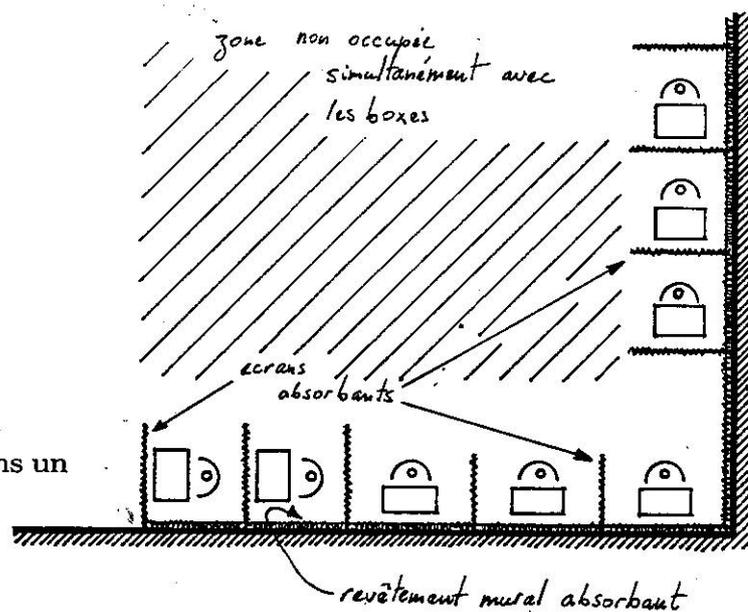
Nous présentons ci-après quelques constitutions possibles d'écran. Certaines parois de boxe pouvant être un mur du local, nous décrivons également des revêtements muraux absorbants : L'implantation des écrans et des boxes devra être particulièrement étudiée afin d'éviter que des emplacements de travail puissent être situés dans les zones non protégées, en particulier devant l'ouverture des boxes pour permettre l'encadrement des élèves.

Un compromis devra être trouvé afin de satisfaire les exigences liées à l'encadrement et à la surveillance des élèves (figures 32 et 33). Des parties vitrées dans les parois des boxes pourront être utilisées. L'adoption d'écrans amovibles permettra de satisfaire les exigences de positionnement précédemment énoncées dans les diverses configurations que l'on est amené à adopter dans un atelier en fonction du déroulement de la formation. Par contre, les écrans mobiles ne nous semblent pas, dans le contexte étudié, être très intéressants du fait des risques de mauvaise utilisation, voire même de non utilisation.



**Figure 32**

Dimensions des boxes à respecter, compte tenu des positions des sources de bruit et des élèves.



**Figure 33**

Exemple de disposition de boxes dans un atelier avec repérage de la zone non protégée ne devant pas être occupé simultanément avec les boxes.

## LES CLOISONNEMENTS DE ZONES

### Cloisonnement partiel :

Dans le même atelier, deux types d'activités, l'une bruyante l'autre non, peuvent être effectuées. Leur implantation en deux zones distinctes est souhaitable. L'isolement acoustique de ces deux zones pourra être réalisé par un cloisonnement partiel : paroi de hauteur limitée, baies libres pour la libre circulation. Ce type de séparatif, bien que de performance limitée, présente des avantages par rapport au cloisonnement complet :

- communication aisée entre zones,
- systèmes de ventilation, de chauffage, d'éclairage, communs aux zones ainsi créées,
- démontabilité des cloisonnements.

Les performances à attendre d'un tel procédé peuvent être estimées en considérant la proportion de surfaces ouvertes par rapport à la surface totale de séparation des zones (gain égal à  $10 \log (S \text{ ouverte}/S \text{ totale})$ ).

50 %	de surface ouverte,	gain de	3 dB(A)
20 %	" "	" "	7 dB(A)
10 %	" "	" "	10 dB(A)
5 %	" "	" "	13 dB(A) (1)

(1) donné à titre indicatif car peu réaliste

Ces performances peuvent être sensiblement améliorées en jouant sur l'effet d'écran que réalise la cloison. Pour ce faire, on implantera à proximité immédiate de la cloison les opérations les plus bruyantes et on rendra absorbante la cloison côté bruyant.

Compte tenu des performances limitées, on pourra utiliser comme constituants de la cloison, des éléments faiblement isolants (20 dB(A)) et donc peu coûteux. On se reportera aux exemples de constitution précédemment donnés pour le cas des écrans.

### Cloisonnement complet :

Compte tenu des contraintes qu'il entraîne, le cloisonnement complet n'est envisageable que dans de rares circonstances.

On notera seulement que la performance d'un cloisonnement de locaux mitoyens dépend principalement de la performance des portes de communication. Une atténuation supérieure à 35 dB(A) nécessite que la porte, ou plus exactement le bloc porte, soit spécialement étudié (vantail à âme pleine, bâti 4 faces avec joint souple en feuillure). Une performance de 50 dB(A) ne peut être obtenu qu'avec la création d'un sas muni de deux portes isolantes.

## **LES PROTECTEURS INDIVIDUELS CONTRE LE BRUIT**

Lors de la conduite d'une opération bruyante, le port d'un protecteur individuel contre le bruit est une solution efficace. Elle est même fréquemment la seule possible.

On rappelle ici que la correction acoustique du local n'a d'influence que sur les bruits issus des sources éloignées et non sur le bruit de l'opération qu'effectue l'élève.

De plus, l'insonorisation de la source par mise en place de capotage n'est pas envisageable dans le contexte des établissements scolaires (travail non répétitif, modification des outillages fréquents...).

On peut distinguer deux types de protecteurs :

- les bouchons d'oreilles : atténuation moyenne de 15 à 20 dB(A)
- les serre-têtes : atténuation moyenne de 20 à 25 dB(A)

Du fait de la variété des tâches accomplies par les élèves lors de leur présence dans les ateliers, et tout particulièrement pour permettre la bonne intelligibilité de la parole lors de l'enseignement verbal, le port d'un protecteur ne peut être envisagé que de façon intermittente.

Les protecteurs seront donc manipulés fréquemment, et de ce fait les bouchons d'oreille nécessitant des précautions d'hygiène lors de leur mise en place, sont à éviter.

L'efficacité du protecteur type serre-tête est très importante, à condition que son usage soit systématique. En effet, s'il n'est utilisé qu'occasionnellement, son efficacité réelle peut être faible, voir non sensible. Le tableau ci-après illustre ce fait.

- Utilisation systématique ... 25 à 30 dB(A)
- Utilisation 1 fois sur 2 ... 3.0 dB(A)
- Utilisation 1 fois sur 4 ... 1.0 dB(A)
- Utilisation 1 fois sur 6 ... 0.5 dB(A)

Pour évaluer l'efficacité des protecteurs sur le niveau d'exposition des élèves, il y a lieu également de prendre en compte le niveau de bruit reçu lors des périodes de non utilisation du protecteur, c'est-à-dire le niveau ambiant.

**Tableau 23**

Niveau en dB (A)		Niveaux d'exposition en dB (A) en fonction de la fréquence d'utilisation du protecteur lors des travaux bruyants			
Au poste de conduite	Ambiant	Systématique	1 fois sur 2	1 fois sur 4	Non emploi
105	85	85	97,5	99,5	100,5
	80	82,5	...	...	...
	75	81	...	...	...
	<70	80,5	...	...	...
95	85	83,5	88,5	90,5	91
	80	79	88	90	90,5
	75	75	87,5	89,5	...
	<70	<72	...	...	...
85	80	78,5	81	82	82,5
	75	73,5	78,5	80,5	81
	<70	<69	77,5	79,5	80,5

En conclusion, l'usage d'un protecteur individuel contre le bruit type serre-tête, permet de limiter l'influence des bruits émis lors des opérations bruyantes effectuées par l'élève. L'utilisation systématique s'avère indispensable en présence d'opérations susceptibles d'engendrer des niveaux supérieurs ou égaux à 90 dB(A).

Lors du choix du protecteur, on veillera à bien intégrer le critère de confort. A cette fin, on se reportera aux tests effectués par l'I.N.R.S. ("Efficacité et confort des protecteurs individuels contre le bruit" - Tiré à part de Travail et Sécurité 1978).

# 2/6

Lorsqu'une situation constatée n'est pas satisfaisante, il faut impérativement se rappeler les deux grands principes suivants :

## 1er principe :

S'il s'agit d'un problème d'isolation aux bruits aériens, aux bruits d'impacts ou aux bruits d'équipements, il est nécessaire de savoir qu'" **UN BRUIT CHERCHE TOUTES LES VOIES POSSIBLES POUR PASSER DU LOCAL EMISSION DANS LE LOCAL DE RECEPTION** ".

Aussi lorsqu'on se plaint d'entendre les bruits aériens produits dans le local voisin, il ne faut pas se précipiter vers un renforcement de la paroi séparatrice. Il faut analyser les possibilités de transmission directe ou de transmissions latérales après avoir au préalable éliminé les causes de transmissions parasites (tels que les trous, les gaines, les défauts d'étanchéité, les passages de canalisations...). Toutes ces possibilités sont à hiérarchiser de manière à traiter tout d'abord la voie de transmission prépondérante.

## 2ème principe :

S'il s'agit d'un problème de correction acoustique d'une salle, il faut prévoir "**DES MATERIAUX ABSORBANTS BIEN ADAPTES AU BRUIT A ABSORBER**". Cela semble évident mais l'expérience montre qu'en cas de local trop réverbérant le réflexe fréquent est de prévoir un matériau absorbant sans se préoccuper de savoir s'il absorbera dans les fréquences graves, moyennes ou aiguës. Combien de chaufferies, sièges de bruits à dominante grave ont été traitées par une projection de fibres sur les murs, efficace uniquement dans les fréquences aiguës ?

Combien de salles de classes dans lesquelles la réverbération nuisait à l'intelligibilité, le traitement a consisté à prévoir un tissu mural mince, totalement inefficace dans les fréquences de la parole ?

Rappelons que :

- Pour absorber les fréquences graves, il faut prévoir un effet de membrane (lame d'air amortie par une laine minérale et fermée par une plaque mince)..
- Pour absorber les fréquences moyennes, des matériaux fibreux épais ou fibreux minces montés suspendus ou en membranes sont efficaces.
- Pour absorber les fréquences aiguës on a recours à des fibres collées.
- Ces deux principes montrent qu'il faut dans tous les cas d'amélioration de situations existantes, réaliser un diagnostic préalable de l'état initial. Ce diagnostic, suivant la précision des résultats demandée, peut être de deux types.

### **DIAGNOSTIC PUREMENT DESCRIPTIF :**

- 1) Bien délimiter le problème à résoudre. Pour cela, faire définir aux utilisateurs les types de bruits dont ils se plaignent. Ne pas se contenter d'affirmations telles que "on entend tout". S'agit-il de bruits aériens, d'impacts, d'équipements ? S'il s'agit de bruits aériens, d'où proviennent-ils ? Se produisent-ils dans certaines circonstances et non dans d'autres ? Sont-ils perçus quel que soit l'emplacement de la source dans la pièce émission ? Cette phase demande donc une collaboration effective des utilisateurs, qu'il faut aider à analyser la gêne qu'ils ressentent..
- 2) Bien connaître la nature des parois, matériels, revêtements, constituant les locaux à améliorer. Lorsqu'il n'y a plus de descriptif et de plans, il faut tenter de les reconstituer. Pour les plans, des relevés sur place, mêmes sommaires, peuvent les remplacer. Ils permettent d'une part, de bien situer les locaux en cause les uns par rapport aux autres, et d'autre part de repérer des épaisseurs de parois, d'en déduire l'emplacement, et souvent la nature de la structure porteuse. Pour la nature des différents éléments de construction, il est souvent utile d'interviewer le personnel d'entretien qui a eu l'occasion de faire des percements, des scellements.....
- 3) Analyser les types de bruits à isoler et la nature des parois afin d'évaluer les voies de transmission et de décrire des procédés d'amélioration. Pour cela, on se reportera utilement aux chapitres précédents..

### **DIAGNOSTIC QUANTITATIF VISANT A OBTENIR UNE GARANTIE DE RESULTATS**

Dans ce cas, les deux premières phases sont les mêmes que dans le diagnostic descriptif précédent. Seule la troisième phase est plus précise car elle passe obligatoirement par des mesures acoustiques. Celles-ci permettent, d'une part de connaître quantitativement les isolations existantes, de déterminer par intervalle d'octave les gains à obtenir, de prévoir des procédés d'amélioration et d'estimer les résultats pouvant être obtenus après traitement, et au besoin de garantir ces résultats.

D'après le code de garantie mis au point par le Syndicat National de l'Isolation, une garantie de résultats ne peut être donnée que s'il y a :

- Mesure de l'état existant
- Etude et réalisation des travaux d'amélioration
- Contrôle des résultats.

Si les résultats garantis ne sont pas obtenus, l'entreprise entreprend des travaux confortatifs à ses frais.

Il faut toutefois signaler qu'on ne peut garantir entre deux locaux voisins qu'une grandeur mesurable. On ne peut pas garantir la

“non gêne” qui dépend des bruits émis, des ambiances à la réception, de la sensibilité au bruit des utilisateurs, et des isolements acoustiques. Le seul facteur mesurable et maîtrisé par l'entreprise, est l'isolement ; c'est donc le seul qui pourra faire l'objet d'une garantie.

De même, on pourra garantir une durée de réverbération ou une isolation aux impacts d'une source de bruit étalon.

Dans ce chapitre, nous présentons un certain nombre de fiches techniques relatives à différents types de locaux.

- 1 - Salles d'enseignement général
- 2 - Salles de langues
- 3 - Salles de musique
- 4 - Salles de repos des écoles pré-élémentaires
- 5 - Salles de jeux des écoles pré-élémentaires
- 6 - Préaux
- 7 - Circulations
- 8 - Salle polyvalente
- 9 - Restaurant
- 10 - Cuisine
- 11 - Centre de documentation et d'information
- 12 - Service médical, infirmerie
- 13 - Bureaux
- 14 - Salles de réunion
- 15 - Logements de fonctions
- 16 - Amphithéâtres

D'autres locaux auraient pu être traités par des fiches similaires. Mais nous avons voulu éviter des répétitions trop marquées de ce qui est déjà développé à titre d'exemple dans le chapitre II ( cas des ateliers, des locaux sanitaires ), ou dans d'autres guides ( cas des gymnases traités dans un guide du Ministère de la Jeunesse et des Sports ).

Dans tous les locaux, il faut veiller aux contraintes autres qu'acoustiques. En particulier, les parois et leurs revêtements doivent présenter des caractéristiques de durabilité et de résistance suffisantes. C'est pourquoi les traitements acoustiques à prévoir sur les parois verticales sont souvent arrêtés à environ 1.20 m du sol afin de ne pas être dégradés par des chocs accidentels ou volontaires.

De même lorsque les cloisons sont prévues à base de plaques de plâtre, il est préférable de prévoir des parements composés de deux plaques ou de prévoir des ossatures plus rapprochées que ce qui est pratiqué habituellement ( 0.40 cm entre montants au lieu de 0.60 ).

Pour répondre à des impératifs de sécurité en cas de chute d'éléments, les plafonds suspendus choisis devront avoir poids inférieur à 8 kg/m<sup>2</sup>.

Pour ne pas rappeler dans toutes les fiches les impératifs d'étanchéité des parois afin de ne pas créer de transmissions acoustiques parasites entre locaux, nous précisons dès maintenant que les raccordements entre les cloisons et les planchers ou plafonds devront être particulièrement soignés. L'utilisation de semelles sous les cloisons complétées par un matériau compressible ( mousses souples ) permettant de rattraper les tolérances de planéité, la mise en place d'une mousse souple ou d'un calfeutrement de laine minérale au raccordement d'une cloison et d'une façade ou un mur filant, sont des techniques conseillées.

Enfin en ce qui concerne les revêtements de sol, le choix est guidé plus par des impératifs d'usure et d'entretien que par des préoccupations acoustiques. Dans les circulations, les classes, les restaurants, des sols plastiques sur sous couche ayant une bonne efficacité acoustique sont souvent utilisés.

Par contre, dans les salles de sciences, de chimie, les laboratoires, il est recommandé d'utiliser des carrelages grès cérame. Au cas où les locaux

ainsi équipés seraient sur les salles à protéger, il sera impératif de poser ces carrelages sur sol flottant ou sous couches résilientes. L'étanchéité au droit des plinthes sera réalisée par un mastic souple.

Dans d'autres locaux, notamment ceux dont la destination incite au calme, on pourra utiliser des revêtements de sol considérés souvent comme plus fragiles ou d'entretien moins aisé, tels que des moquettes. C'est le cas des salles de repos dans les écoles pré-élémentaires, des centres de documentation et d'information, des bureaux, et même des salles polyvalentes.

## 1

## SALLES D'ENSEIGNEMENT GENERAL

Salles de 25 à 65 m<sup>2</sup> pouvant accueillir 10 à 40 élèves.

Hauteur sous plafond minimale : 3 m (2.85 m sous poutres).

### EMPLACEMENT DANS L'ETABLISSEMENT

Suivant la nature des locaux voisins, juxtaposés ou superposés, les contraintes d'isolation vis à vis de la salle sont plus ou moins importantes.

Isolements acoustiques au bruit rose pour une durée de réverbération de 0.8 seconde à toutes les fréquences dans la salle d'enseignement considérée comme local réception.

Local émission	Isolement dB (A)
Local d'enseignement Atelier calme Cage d'escalier	38
Salle à manger Salle polyvalente Salle de musique Salle de TP Rassemblement Abri Détente Cuisine	50
Circulation horizontale	26
Atelier bruyant	54

Il faut donc éviter d'avoir à réaliser des isollements importants en créant des espaces tampons tels que salles de dépôt de matériel, rangements... entre les locaux bruyants et les classes.

Suivant le type de bruits extérieurs, (circulation routière ou aérienne), les isollements apportés par les façades peuvent s'échelonner entre un isolement courant (aucune contrainte particulière) à un isolement de 43 dB (A) au bruit routier. Autant que possible, il est judicieux de placer les salles d'enseignement banalisées vers les façades les moins exposées aux bruits extérieurs.

### CONDITIONS ACOUSTIQUES A REUNIR

**Limiter l'ambiance acoustique dans le local due au fonctionnement des sources extérieures à ce local à 40 dB (A) maximum.**

Pour cela, protéger la salle vis à vis des bruits extérieurs, et vis à vis des bruits d'équipements à fonctionnement permanent ou fréquent.

**Donner au local des possibilités d'une bonne intelligibilité de la parole.**

Pour cela, limiter la réverbération à 0.8 seconde dans la salle meublée mais inoccupée (cela revient à une durée de réverbération de 0.5 ou 0.6 seconde dans la salle occupée, et à 1 seconde dans la salle vide non meublée) et placer les matériaux absorbants sur les murs plutôt qu'en plafond.

Pour les salles qui n'auraient pas d'orientation particulière liée à l'utilisation, il faut que le traitement acoustique soit réparti pour que, quel que soit l'emplacement de la source, les conditions d'écoute soient bonnes. Cela impose ou bien de traiter l'ensemble du plafond, ou bien traiter les retombées de tous les murs. La deuxième solution est préférable pour l'intelligibilité dans le local.

**Eviter une dispersion de l'attention des élèves en limitant la transmission des bruits perturbateurs provenant des locaux voisins.**

Pour cela, réaliser une isolation acoustique entre salles impérativement supérieure à 38 dB (A). Rappelons qu'une conversation qui se déroule dans le local voisin est audible, mais inintelligible si elle se produit à voix normale, et si

l'isolement entre les locaux est de 35 dB (A) dans une ambiance à 40 dB (A).

Si l'ambiance est plus faible de 4 ou 5 dB (A), l'isolement acoustique doit être augmenté de 4 ou 5 dB (A). Ces conditions permettent de ne pas comprendre ce qui se dit dans le local voisin, même si on se rend compte que quelqu'un y parle. Encore faut-il ne pas être trop près de la paroi séparative. En général, le rang d'élèves le plus proche de la paroi séparative devra être au moins à 1.5 m de cette paroi.

### MOYENS PERMETTANT DE SATISFAIRE LES CONTRAINTES ACOUSTIQUES

#### BRUITS EXTERIEURS :

Pour obtenir un isolement acoustique  $D_n$  recommandé :

Prendre :

- $R_2$  indice d'affaiblissement acoustique des fenêtres  $\geq D_n + 2$
- $R_1$  indice d'affaiblissement acoustique de la façade opaque  $\geq D_n + 10$
- $D_{n10}$  des bouches d'entrée d'air  $\geq D_n + 6$

soit  $D_{n10} \geq D_n + 6$  s'il y a 1 seule bouche

$D_n + 9$	2
$D_n + 11$	3
$D_n + 12$	4
$D_n + 13$	5

Pour un isolement de 43 dB (A) et 38 dB (A) utiliser des doubles fenêtres espacées de 15 cm et des façades de 16 cm de béton, 15 cm de parpaings pleins avec deux enduits ou 15 cm de parpaings creux avec un doublage de type laine minérale + plâtre.

Pour des isolements de 33 dB (A), utiliser une fenêtre simple étanche équipée d'un vitrage 10/6/4 donnant l'isolation thermique.

Pour des isolements de 28 dB (A), utiliser une fenêtre simple étanche équipée d'un vitrage 6/6/4.

Lorsqu'on est soumis à des isolements de 38 ou 43 dB (A), il y a tout intérêt à étudier la possibilité de placer un écran entre la voie de circulation et la façade de façon à bénéficier d'une diminution de 5 à 10 dB (A) sur l'isolement de façade.

### BRUITS AERIENS ENTRE LOCAUX

#### 1) Cloisons séparatives sans portes, entre salles d'enseignement :

Considérer l'ensemble des locaux mitoyens et étudier le cas le plus défavorable, c'est-à-dire celui qui correspond au local le plus petit.

Pour éviter d'avoir à mettre en oeuvre des parois trop performantes, diminuer les transmissions latérales en utilisant des cloisons à base de plaques de plâtre ou similaire (pour la résistance mécanique, il est souhaitable que les parements soient constitués de deux plaques de plâtre).

Suivant le cas de transmissions latérales, les cloisons devront avoir un indice d'affaiblissement acoustique de 40 à 45 dB (A).

Une autre solution consiste à étudier l'isolement acoustique pour les locaux de dimensions les plus courantes et de proposer un renforcement à appliquer dans le cas des locaux de plus petites dimensions.

Une étude statistique faite sur 15 projets de constructions scolaires correspondant à un total de 260 salles, montre la répartition suivante :

Surface des salles	% des cas	Rapport V/S	%
25 à 30 m <sup>2</sup>	4,4%	3.6	5.3%
35 à 40 m <sup>2</sup>	33,3%	5.4	35.4%
45 à 50 m <sup>2</sup>	5,3%	7.2	43.8%
50 à 55 m <sup>2</sup>	43,8%	9.0	15.5%
65 m <sup>2</sup>	13,2%		

Les profondeurs de locaux de 5.4 m et 7.2 m sont les plus courantes et conduisent à des indices d'affaiblissement acoustique de parois de 38 dB (A) en cas de transmissions latérales faibles et de 43 dB (A) en cas de transmissions latérales fortes.

## 2) Cloisons avec portes :

2.1 Entre deux salles : Portes à âme pleine étanches avec joints périphériques dans des cloisons ayant un indice d'affaiblissement acoustique  $R$  supérieur à 45 dB (A) dans le cas de faibles transmissions latérales.

Pas de solution raisonnable économique dans le cas de transmissions latérales fortes.

2.2 Entre salle et circulation : Porte à âme pleine dans des cloisons d'indice d'affaiblissement acoustique supérieur à 35 dB (A).

Si la cloison est vitrée, limiter la proportion partie vitrée/partie opaque à 1/2, utiliser des vitrages simples de 6 mm au moins et des cloisons pleines ayant un indice d'affaiblissement acoustique supérieur à 38 dB (A).

Si on veut diminuer les performances de l'un ou l'autre élément, se reporter au chapitre II.2 page 11 et suivantes.

## 3) Salles superposées :

Des planchers de 15 cm de béton entre poutres suffisent pour un isolement de 50 dB (A) ( $R \geq 57$ ).

Des planchers de 8 cm de béton entre poutres suffisent pour un isolement de 38 dB (A) ( $R \geq 45$ ).

## BRUITS D'IMPACTS

### Salles de classes :

$\Delta L$  des revêtements de sol :

- supérieur à 15 dB (A) dans le cas de planchers de 8 cm de béton.
- supérieur à 7 dB (A) dans le cas de planchers de 15 cm de béton entre poutres.

### Circulations :

$\Delta L$  supérieur à 12 dB (A) ou 4 dB (A) respectivement en cas de planchers béton de 8 ou 15 cm.

Cela conduit à des revêtements plastiques sur sous couche ou à des carrelages sur chape flottante dans le cas de planchers minces; Dans le cas de planchers épais, des carrelages collés sur sous couche sont possibles.

## CORRECTION ACOUSTIQUES DES SALLES

Pour une salle de 3 m sous plafond et de surface  $S$ , prévoir une surface  $S$  de revêtements absorbants ayant un coefficient d'absorption de 0.4 dans les fréquences moyennes.

Si le matériau choisi a un coefficient d'absorption de 0.6 à ces fréquences, on limitera sa surface à  $2/3$  de  $S$ .

Pour une salle de 3.5 m sous plafond, il faut une surface  $S$  de matériau absorbant ayant un coefficient de 0.5.

La surface d'absorbant doit être en priorité prévue sur les murs à plus de 1.2 m du sol. Cela permet d'améliorer l'intelligibilité dans le local.

## AMELIORATION DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE ENTRE SALLES

Il y a lieu d'examiner toutes les voies de transmission d'énergie acoustique d'un local à l'autre.

- Déceler les possibilités de transmissions parasites :

Trous dans les parois séparatives, portes de communication non étanches, portes d'entrée dans les locaux trop proches l'un de l'autre et peu étanches...

S'il y a des trous, il est évident qu'il faut les reboucher.

Si les portes de communication sont peu étanches et si elles sont à âme alvéolaire, il faut les remplacer par des portes à âme pleine avec joints d'étanchéité et seuil escamotable.

Si les portes côté circulation sont trop proches de la cloison séparative, il faut les rendre étanches par des joints périphériques.

- Evaluer l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi séparative. Pour cela, il faut déterminer sa nature. Si cette paroi est trop faible (indice d'affaiblissement acoustique inférieur à 45 dB (A)), prévoir de la renforcer par un complexe du type "laine minérale + parement en plaques de plâtre ou en panneaux de particules bois". Ne pas utiliser de produits à base de polystyrène expansé ou mousse plastique.
- Si les locaux mitoyens n'ont pas de traitements acoustiques internes, prévoir la mise en place de matériaux absorbants comme indiqué ci-dessus.

Un traitement absorbant permettant de diminuer la réverbération de 1.5 à 0.8 seconde, dans une salle de 7.2 m x 7.2 m x 3 m, permet de diminuer le niveau sonore d'une source placée dans le local de 3 dB (A) environ et d'augmenter l'isolement brut entre locaux, (c'est-à-dire l'isolement ressenti par les occupants des locaux), de 3 dB (A), ce qui fait un gain de 6 dB (A) sur le niveau transmis d'un local à l'autre.

# 2

## SALLES DE LANGUES

prononciations d'une langue qui ne leur est pas familière, c'est-à-dire pour laquelle il n'y a pas de "vécu" permettant de recomposer un discours à partir de quelques bribes.

Pour obtenir cette intelligibilité souhaitable, les matériaux absorbants déterminés d'après l'abaque 3 du chapitre 2/5 seront répartis en retombées murales, le plafond restant réfléchissant.

Ce sont des salles qui, dans les différentes recommandations de l'Education Nationale, ne sont pas différenciées des salles d'enseignement général. Or, dans des salles de langues, il y a utilisation plus intensive de productions audiovisuelles pouvant être écoutées à des niveaux sonores relativement importants dépassant le niveau ambiant de plus de 20 ou 25 dB(A).

Il est donc souhaitable de viser un isolement acoustique plus élevé entre une salle de langues et les salles d'enseignement voisines, qu'entre deux salles de cours banalisées. L'utilisation de parois ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 5 dB(A) supérieur à celui recommandé entre salles banalisées, est à prévoir.

Deux salles de langues voisines peuvent être séparées par un local tampon servant de local de rangement de matériel.

Quant aux conditions acoustiques internes, deux objectifs sont à atteindre :

- 1) Diminuer le bruit ambiant dû à la transmission des bruits extérieurs. Un objectif de 35 dB(A) à l'intérieur de la salle (au lieu de 40 dB(A) dans une salle d'enseignement général) est raisonnable..
- 2) Disposer les matériaux absorbants permettant d'obtenir une durée de réverbération inférieure à 1 seconde dans la salle non occupée, de façon à favoriser l'intelligibilité dans le local. Cette bonne intelligibilité est indispensable pour que les élèves perçoivent les subtilités des

# 3

## SALLES DE MUSIQUE

**S**alle d'environ 60 m<sup>2</sup>, de 3 m au moins de hauteur sous plafond, pouvant accueillir 30 à 40 élèves.

### EMPLACEMENT DANS L'ETABLISSEMENT

Cette salle peut être le siège d'un bruit intense. Elle doit donc être éloignée des locaux calmes tels que les salles d'enseignement général. L'utilisation d'un volume tampon peut être une bonne solution pour obtenir un isolement acoustique suffisant entre la salle de musique et les locaux voisins. Ce volume tampon peut être par exemple un local de rangement.

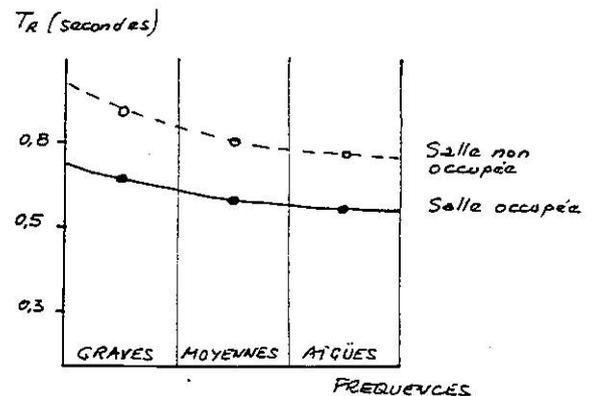
Si la salle est mitoyenne d'un local à protéger, il faut réaliser un isolement acoustique de 50 dB(A). Il peut être obtenu à l'aide de cloisons ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 55 dB(A) de type paroi simple en béton de 16 cm, en parpaings pleins de 15 cm avec enduits, ou de type parois doubles à base de plaques de plâtre, de bois ou autre matériau, et laine minérale.

Les planchers séparatifs d'une salle de musique et de locaux à isoler, doivent avoir une épaisseur de 16 cm de béton ou s'ils ont une épaisseur plus faible, ils peuvent être complétés par des doublages de type masse ressort composés par exemple d'une plaque de plâtre et 60 mm de laine minérale.

### CONDITIONS ACOUSTIQUES A REUNIR

En ce qui concerne le traitement acoustique interne, **il est souhaitable de ne pas trop assourdir la salle** et de faire en sorte que la durée de réverbération dans la salle occupée

soit légèrement plus forte dans les fréquences graves que dans les fréquences moyennes et aiguës. La courbe de réverbération en fonction de la fréquence doit être très régulière (voir figure 34)



**Figure 34**

La variation de durée de réverbération en fonction de la fréquence doit être régulière.

L'objectif à viser pourrait être le suivant pour la salle occupée :

Durée de réverbération de :

- 0.7 seconde dans les fréquences graves (ce qui correspond à environ 1.1 seconde dans la salle meublée non occupée).
- 0.6 seconde dans les fréquences moyennes et aiguës (soit environ 0.9 seconde dans la salle meublée non occupée).

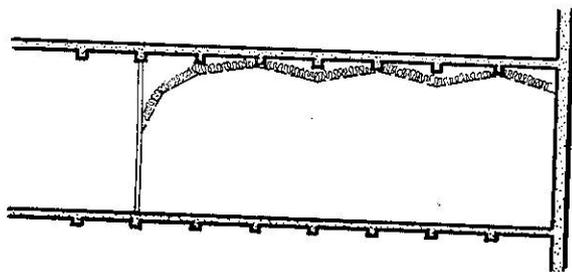
Pour une salle de 180 m<sup>3</sup>, cet objectif correspond à une aire d'absorption équivalente de 26 m<sup>2</sup> dans les fréquences graves, et de 32 m<sup>2</sup> dans les fréquences moyennes et aiguës dans la salle inoccupée.

Il faudra donc répartir dans la salle environ 60 à 80 m<sup>2</sup> de membranes (plaques de plâtre ou panneaux de particules séparés des supports par une laine minérale) et environ 60 m<sup>2</sup> de matériaux fibreux ou perforés.

**Figure 35**

Coupe de principe des panneaux de particules de lin.

Une solution consiste à combiner l'isolement acoustique entre locaux et la correction acoustique. Par exemple, le renforcement du plafond peut être en panneaux de particules de lin avec des perforations non traversantes (figure 35) montés non parallèles à la paroi renforcée. Le fait de rompre le parallélisme, permet d'éviter la création d'ondes stationnaires qui risquent de perturber l'écoute musicale (figure 36).

**Figure 36**

Les doublages de plafonds peuvent être formés de facettes non parallèles au plafond traités.

Certains instruments de musique produisent des vibrations qui se transmettent aux structures, et qui peuvent être perçues relativement loin du local émission. C'est en particulier, le problème des pianos, des violoncelles... Pour traiter ce problème, il est souhaitable de doter la salle de musique d'une estrade montée sur des plots antivibratiles du type néoprène. Enfin, pour que les locaux voisins ne bénéficient pas du bruit de la salle de musique, dû à la transmission par les circulations, la salle doit être équipée de portes à âme pleine étanches ou de sas.

# 4

## **ISOLATION AUX BRUITS AERIENS ENTRE LA SALLE ET LES AUTRES LOCAUX**

### **SALLES DE REPOS DES ECOLES PRE-ELEMENTAIRES**

**C**es salles de 40 à 50 m<sup>2</sup> pouvant recevoir 20 à 25 enfants, doivent bien évidemment être éloignées des locaux ou des espaces bruyants tels que les salles de jeux, le restaurant ou la cour de récréation.

La salle doit être bien isolée des locaux voisins, et en particulier de ceux utilisés par les sections d'enfants plus âgés. L'isolement acoustique devrait être voisin de 50 dB(A) entre la salle de repos et les salles d'exercices des autres sections.

La salle doit avoir une correction acoustique permettant une ambiance feutrée favorable au repos. On ne doit cependant pas rechercher à réaliser une salle trop "sourde", ce qui pourrait la rendre angoissante. On recherche une durée de réverbération comprise entre 0.6 et 0.8 seconde. Elle peut être obtenue par des laines minérales souples surfacées avec un tissu ou un voile de verre, disposées en plafond et sur un ou deux murs verticaux (jusqu'à 1.20 m du sol) et par un sol recouvert d'une moquette. Ce type de produit permet en outre d'obtenir une décoration de couleurs douces.

Un avantage d'une réverbération plus faible, obtenue à l'aide de produits absorbants autres que ceux utilisés généralement dans les salles d'exercices, est de donner à la salle de repos une atmosphère différente permettant aux enfants de ne pas confondre cette salle avec un local d'activités.

Un isolement acoustique minimal de 50 dB (A) est à prévoir entre la salle de jeux et les salles de repos. Cela suppose, ou bien que les salles de repos ne soient pas mitoyennes de la salle de jeux, ou bien que la paroi séparative ait un indice d'affaiblissement acoustique supérieur à 55 dB (A) (parois simples lourdes en parpaings pleins ou en béton, ou parois doubles légères à base de plaques de plâtre et laine minérale). Dans ce cas, il est indispensables que, ni la paroi séparative, ni une paroi latérale commune aux deux locaux ne soient choisies pour servir de mur d'escalade ou de lancers. La paroi pourrait être protégée des chocs divers par des éléments de rangements.

# 5

## **SALLES DE JEUX DES ECOLES PRE-ELEMENTAIRES (SALLE DE MOTRICITE)**

**L**ocal de 90 à 100 m<sup>2</sup> pouvant permettre à 30 enfants d'évoluer lors d'activités de motricité, d'éducation physique, de danse...

Les activités qui s'y déroulent sont relativement bruyantes, d'autant plus qu'elles peuvent être soutenues par un fond musical. La salle de jeux doit donc être éloignée des salles de repos et bien isolée des salles d'exercices. Celles-ci ne doivent pas en être trop éloignées, car chaque classe est susceptible d'utiliser une fois par jour la salle de jeux.

La salle de jeux est souvent conçue comme un espace ouvert en position centrale

### **TRAITEMENT ACOUSTIQUE**

Le traitement acoustique de la salle doit favoriser l'attention, la concentration et l'écoute. Une durée de réverbération inférieure à 1 seconde est souhaitable.

La nécessité de laisser un mur aveugle disponible pour l'accrochage de divers équipements (éléments à escalader, paniers pour lancers de ballons...) limite la possibilité de traitement des parois verticales. Par contre, le plafond devra être équipé d'un matériau absorbant suffisamment résistant à des chocs de ballons. Les produits pourront être choisis parmi les suivants :

- - Plaques de fibres minérales comprimées suspendues avec ossature non apparente. Ce type de montage résiste mieux aux chocs et ne permet pas d'avoir la tentation d'accrocher des éléments divers plus ou moins lourds aux ossatures.

- Plaques de fibragglo vissées sur une ossature métallique ou vissées sur des tasseaux ménageant une lame d'air de 5 cm environ. Cette lame d'air peut être amortie par de la laine minérale, ce qui augmente l'absorption du plafond.

- Plaques de plâtre perforées avec laine minérale.

Autant que possible, prévoir des retombées verticales absorbantes jusqu'à 1.20 m ou 1.50 m du sol sur les murs aveugles, sauf sur celui évoqué ci-dessus. Certains murs aveugles pourraient être en briques perforées formant contre cloison.

Un isolement minimal de 45 dB(A) devrait être obtenu entre la salle de jeux et les salles d'exercices. En particulier, si ces salles sont proches, il faut veiller à ce qu'elles soient équipées de portes à âme pleine, étanches, afin de limiter la transmission des bruits par les circulations.

# 6

## LES PREAUX

Il s'agit de locaux de rassemblement souvent de grande surface et parfois de grande hauteur, dans lesquels il peut y avoir beaucoup d'élèves qui se manifestent en même temps.

Il est recommandé de réaliser des isolements acoustiques de 50 dB(A) entre un préau et une salle d'enseignement. Cela suppose des parois séparatives sans portes donnant directement sur le préau ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 55 dB(A) au moins (béton, parpaings pleins de 15 cm enduits, parois doubles légères).

Ces locaux bruyants le seront d'autant plus que la réverbération sera plus importante. Dans un préau non traité, le niveau sonore dû aux échanges multiples entre groupes d'interlocuteurs est important. Pour que deux personnes puissent parler, elles ont tendance à vouloir couvrir le bruit ambiant et parlent fort, ce qui augmente l'ambiance. Le niveau dans le local ne semble être limité que par la puissance acoustique des individus.

Un traitement acoustique permettant d'obtenir une durée de réverbération dans le local vide de 1 à 1.2 seconde a deux effets :

- 1) Diminution du niveau ambiant par absorption
- 2) Diminution du niveau ambiant par diminution des bruits émis. Il n'est plus nécessaire de crier pour se comprendre.

Prenons l'exemple d'un préau de 200 m<sup>2</sup> de 4 m de hauteur sous plafond. Dans le local vide, la

durée de réverbération peut être de 4 à 5 secondes dans les fréquences moyennes, elle diminue à 1.2 ou 1.3 seconde dans le local occupé par 100 à 150 personnes. Quand un grand nombre de personnes parlent normalement, le niveau dans le local peut atteindre 75 à 80 dB(A), ce qui pousse les personnes à ne plus parler normalement mais à crier et à contribuer à l'obtention d'un niveau supérieur à 90 dB(A).

Si dans le local vide un traitement acoustique permet une durée de réverbération de 1.2 seconde, lorsque le local sera occupé par 100 à 150 personnes, la durée de réverbération sera voisine de 0.6 à 0.7 seconde. Un grand nombre de personnes parlant à voix normale produira un niveau de 65 à 70 dB(A). Une voix un peu forte permettra de s'entendre à 1 ou 2 m de distance, ce qui n'augmentera que peu le niveau ambiant pour l'amener à 70 ou 75 dB(A).

Ainsi, le gain pouvant être attribué au traitement acoustique ne diminue l'ambiance que de 10 dB(A), le fait que les acteurs crient moins permet de gagner 5 à 10 dB(A) de plus.

Pour obtenir cette réduction de durée de réverbération dans le local non occupé, il faut traiter le local. On utilisera de préférence un traitement acoustique du plafond, qui constitue la surface absorbante la plus disponible et la plus répartie dans le local. Le produit absorbant devra résister aux chocs de balles ou ballons.

Des matériaux du type fibragglo sur ossature avec laine minérale ou du type panneaux de particules bois perforés avec laine minérale, sont tout à fait utilisables. Si le préau a une grande hauteur sous plafond, des retombées murales peuvent être prévues jusqu'à 1.80 m du sol, ce qui évite les dégradations.

Lorsque le préau est sous toiture inclinée, on peut utiliser entre pannes et chevrons, des produits du type laine minérale de 5 cm d'épaisseur avec un surfacage en voile de verre ou en tissu. Ce sont des produits utilisés dans l'industrie, mais qui disposent de palettes de couleurs suffisantes pour être envisagés dans un établissement scolaire où la qualité esthétique des traitements n'est pas à négliger.

## 7

**LES CIRCULATIONS**

**L**es circulations sont tour à tour sources de bruits aériens ou d'impacts pouvant perturber les classes qu'elles distribuent, ou local tampon permettant d'améliorer l'isolation entre salles.

Dans les deux cas, il est nécessaire de prévoir un traitement acoustique.

Pour diminuer les bruits aériens dûs aux passages, la circulation ne doit pas être trop réverbérante. Compte tenu de la fragilité ou des difficultés d'entretien des matériaux absorbants, leur place privilégiée est en plafond de la circulation. Des matériaux du type plaques de fibres minérales comprimées, projections de fibres de plus de 3 cm d'épaisseur, sont bien adaptés. De plus, les portes donnant accès aux salles doivent être étanches.

Enfin, pour atténuer les transmissions d'impacts vers les salles de cours, des revêtements de sol plastiques (facilité d'entretien) sur sous couche incorporée sont souhaitables. Leur classement UPEC doit être au moins U4P2E2C1.

Même si le budget de l'opération le permettait, il ne faudrait pas prévoir de dalles flottantes avec un revêtement de sol rigide. En effet, lorsqu'une dalle flottante est efficace, le bruit de choc sur cette dalle est beaucoup plus important que lorsqu'elle ne flotte pas. Il y a augmentation du bruit dans le local où se produit l'impact.

Quant à l'utilisation de la circulation comme sas utile à l'isolation entre deux locaux donnant sur cette circulation, le problème se pose de la façon suivante : les performances des portes devront être d'autant plus importantes que la circulation

est plus réverbérante, surtout lorsque les portes d'accès à deux salles différentes sont proches l'une de l'autre. Une circulation sonore impose des portes à âme pleine étanches ayant un indice d'affaiblissement acoustique au moins égal à 30 dB(A). Une circulation traitée afin que sa durée de réverbération soit inférieure à 1.2 seconde, permet des portes ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 20 à 25 dB(A).

Notons que ce point de vue ne peut pas être confirmé par les mesures de réception des isollements acoustiques. En effet, le principe de ces mesures est d'émettre dans la circulation, et de recevoir dans la salle à protéger. L'émission mesurée est celle constatée lors des tests, quelle que soit l'ambiance à l'émission. Par contre, les bruits réels fournis par l'utilisation normale du local seraient plus faibles dans une circulation traitée que dans une circulation réverbérante. Les bruits perçus dans les locaux desservis seront plus faibles d'autant.

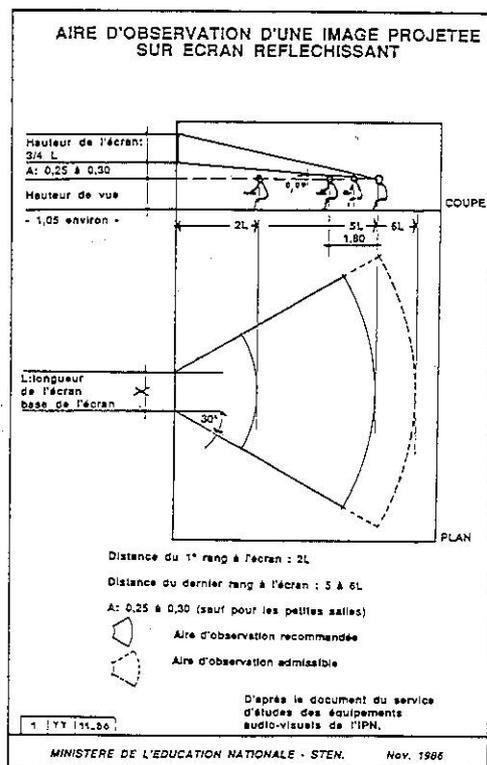
En résumé, une réverbération de 1.2 seconde dans une circulation n'est pas un optimum, c'est un maximum en dessous duquel il faut viser.

## 8

## LES SALLES POLYVALENTES

Salles de 200 à 300 m<sup>2</sup> pouvant accueillir une personne par m<sup>2</sup> venues participer à des manifestations culturelles : théâtre, cinéma, concerts de petites formations, conférences...

Compte tenu des impératifs liés à la bonne visibilité d'un écran de cinéma, résumés sur la figure 37, la salle devra être d'autant plus haute sous plafond qu'elle est plus profonde.



**Figure 37**  
Schéma type d'une salle polyvalente.

En effet, la base de l'écran doit être à au moins 1.35 m du sol, la hauteur de l'écran est égale à environ 3/4 de sa longueur, celle-ci étant au moins le sixième de la distance du dernier rang. Ainsi, pour une salle de 18 m de profondeur, la largeur de l'écran doit être au minimum de 3 m, sa hauteur de 2.25 m, ce qui suppose une salle de  $1.35 + 2.25 = 3.60$  m de hauteur minimale sous plafond.

La plupart du temps, les salles polyvalentes sont construites avec une hauteur moyenne double de la hauteur sous plafond des autres locaux de l'établissement. Elle occupe ainsi deux niveaux. Sa hauteur peut atteindre 6.5 m, alors que la hauteur minimale recommandée est de 3.4 m. Son volume est donc compris entre 700 et 2000 m<sup>3</sup>.

Malheureusement, dans presque tous les nouveaux programmes de construction de locaux scolaires, le local utilisé comme salle polyvalente est celui qui sert habituellement de restaurant.

Dans ce qui suit, nous examinerons d'abord les moyens de satisfaire les exigences minimales d'aptitude à l'emploi d'un local destiné à n'être qu'une salle polyvalente, puis nous dégagerons des compromis à suggérer lorsqu'un restaurant doit servir occasionnellement de salle polyvalente.

### CONTRAINTES ACOUSTIQUES D'UNE SALLE POLYVALENTE

- 1) La salle polyvalente est sollicitée par des bruits produits à l'extérieur de son volume :
  - Bruits de circulation : Compte tenu des niveaux prévisibles de circulation près des façades de la salle, il est souhaitable obtenir un isolement acoustique vis à vis des bruits extérieurs du même ordre de grandeur que ceux exigés pour l'habitation (arrêté du 6/10/78 modifié). Cela permet d'envisager un niveau sonore dans la salle inférieur à 35 dB(A).
  - Bruits aériens provenant des locaux voisins : Ces locaux peuvent être bruyants, tels que salles de musique, salles de langues, préaux.

Un isolement minimal de 50 à 55 dB(A) entre ces locaux et la salle est souhaitable. Cela conduit à des parois de type béton, parpaings pleins enduits ou parois doubles légères performantes.

- Bruits d'impacts et d'équipements divers : Notamment la ventilation de la salle ne devra pas produire un niveau de pression acoustique supérieur à 35 dB(A)..
- Bruits de choc de la pluie lorsque la salle est sous une couverture légère : L'utilisation d'isolants thermiques à base de laine minérale protégés par une plaque de plâtre ou un panneau de particules bois, permet de réduire ce bruit.

2) La salle polyvalente peut être une source de bruit pour les locaux voisins :

Là encore, un isolement acoustique aux bruits aériens minimal de 50 dB(A) vis à vis de ces locaux est à prévoir. Généralement, les locaux voisins étant plus petits que la salle, le choix des parois séparatives est plus contraignant lorsqu'on considère la salle comme local émission que comme local réception (cf chapitre 2/2).

La salle polyvalente peut être utilisée pour des démonstrations ou représentations de danses folkloriques ou non, ce qui génère des impacts importants (d'autant plus sévères pour les sollicitations des structures que les danses sont pratiquées par des non professionnels). Elle devra être équipée d'une scène ou d'une estrade éloignée des locaux à protéger et si possible très lourde (dans ce cas, il s'agit d'une estrade fixe) ou désolidarisée des murs et planchers.

3) Les participants à une manifestation dans la salle polyvalente, qu'il s'agisse des animateurs, des acteurs, des auditeurs, doivent bénéficier de conditions acoustiques d'ambiance favorisant la production et la réception des messages en tout point du local. Elle devra être traitée de façon à ce que la parole, non aidée par une sonorisation, émise par une personne non formée à amplifier et poser sa voix, soit entendue dans tout le local occupé par une assistance attentive.

Si ces conditions sont réunies, la salle pourra servir aussi bien aux représentations théâtrales, aux conférences non sonorisées, qu'aux manifestations assistées par une sonorisation

telles que la projection d'un film ou la production de musique électroacoustique.

Pour cela, les recommandations relatives à la salle occupée sont les suivantes :

### **DUREES DE REVERBERATION OPTIMALES DANS UNE SALLE POLYVALENTE OCCUPEE**

Volume de la salle	Fréquences		
	Graves	Moyennes	Aiguës
750 m <sup>3</sup>	1.1 s	0.9 s	0.8 s
1000 m <sup>3</sup>	1.15 s	0.95 s	0.85 s
1250 m <sup>3</sup>	1.2 s	1.0 s	0.9 s
1500 m <sup>3</sup>	1.2 s	1.0 s	0.9 s
2000 m <sup>3</sup>	1.25 s	1.05 s	0.95 s

Dans une salle de 250 m<sup>2</sup> et de 4 m de hauteur sous plafond, le public qui correspond à une surface très absorbante, couvre environ 60 % de la surface au sol. L'aire d'absorption équivalente correspondante est d'environ 100 m<sup>2</sup> dans les fréquences graves, 135 m<sup>2</sup> dans les fréquences moyennes, 130 m<sup>2</sup> dans les fréquences aiguës.

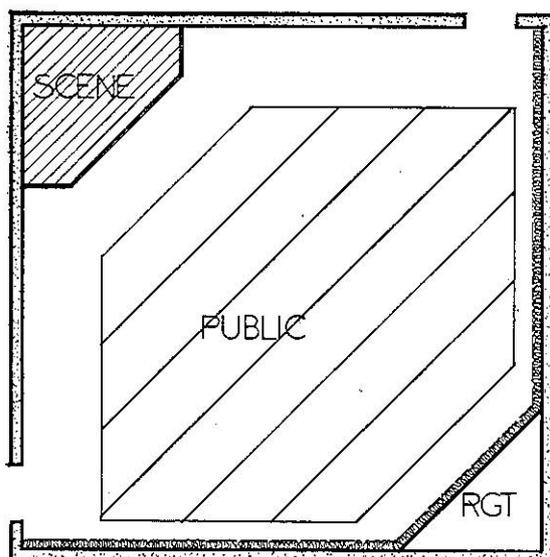
Or, dans cette salle de 1000 m<sup>3</sup>, les durées de réverbération optimales correspondent à des aires d'absorption équivalentes de 140, 170 et 190 m<sup>2</sup> respectivement dans les fréquences graves, moyennes et aiguës.

Si en plus, on considère que les parois du local non traitées et non couvertes par le public, ont un coefficient d'absorption de 0.05 à 0.1, il ne reste que peu d'absorbant à introduire dans le local. Le peu d'absorbants nécessaires sera à placer judicieusement pour éviter les défauts du local, et en particulier les échos.

Leur emplacement privilégié sera sur les parois loin des zones sources de bruits, et en particulier sur les parois verticales face à la scène. Pour

contribuer au traitement de ces défauts, il est possible d'utiliser des éléments de parois peu absorbants, mais créant des reliefs permettant d'améliorer la bonne diffusion du son.

Une solution intéressante pourrait être de ne pas utiliser la salle dans le sens de la longueur ni de la largeur, mais de l'orienter en "diagonale" (fig 38). Le sol peut être couvert de moquette. Il peut être équipé de gradins fixes ou mobiles revêtus d'aiguilletés....



**Figure 38**

L'axe scène-public n'est pas forcément parallèle aux murs de la salle.

En résumé, dans une salle polyvalente, le principal absorbant est le public. Des compléments sont à prévoir sur les parois éloignées des sources de bruit. Le sens d'utilisation de la salle ou la forme de la salle peut avoir une influence sur la qualité de cette salle.

### **COMPROMIS ACOUSTIQUES A ENVISAGER LORSQU'UN RESTAURANT EST UTILISEE COMME SALLE POLYVALENTE**

La fiche "restaurant" indique qu'il y a lieu, pour un tel local, de prévoir un plafond relativement bas et très absorbant. Ce qui précède montre qu'une salle polyvalente peut être haute sous plafond et n'a que rarement besoin d'un traitement absorbant de plafond.

Dans un restaurant utilisé en salle polyvalente, il faudra accepter un plafond plus haut que nécessaire, afin de pouvoir être compatible avec la hauteur d'un écran. Une limitation à une hauteur maximale de 3.4 m est souhaitable, quitte à ne pas utiliser toute la surface de la salle dans son utilisation polyvalente.

Le fait que le restaurant ait besoin d'un plafond très absorbant, limitera la polyvalence qu'il autorisera à des productions sonorisées pour un grand nombre d'auditeurs, ou à des productions directes sans le secours d'une sonorisation réservées à des auditoires restreints répartis autour de la source, à faible distance.

Notons que dans le cas où la hauteur sous plafond importante est obtenue grâce à une charpente esthétique, on peut utiliser des plafonds "caissons" absorbants qui laissent voir la charpente.

## 9

**LES RESTAURANTS**

Il s'agit le plus souvent, de locaux de grande surface pouvant accueillir en moyenne une personne par mètre carré. Les occupants sont répartis autour de tables plus ou moins grandes.

Toutes les surfaces des sols et des parois verticales à portée de main, doivent être lavables, ce qui suppose des revêtements lisses, non poreux, donc difficiles à rendre absorbants.

**CONDITIONS ACOUSTIQUES A REMPLIR :**

- 1) Eviter qu'en cas d'utilisation simultanée, le restaurant puisse gêner les occupants de locaux de réflexion ou de repos. L'isolement acoustique minimal recommandé entre un restaurant et ces locaux est de 50 dB(A) ce qui suppose des parois séparatives lourdes ou des parois légères très performantes dont le procès-verbal de mesures en laboratoire montre des indices d'affaiblissement acoustiques supérieurs à 55 dB(A).
- 2) Eviter l'effet "cocktail" dû à la course poursuite entre les niveaux produits par les conversations souvent animées autour des tables, et le niveau ambiant dans le local qui augmente avec le niveau de ces conversations, ce dernier augmentant avec le niveau ambiant.

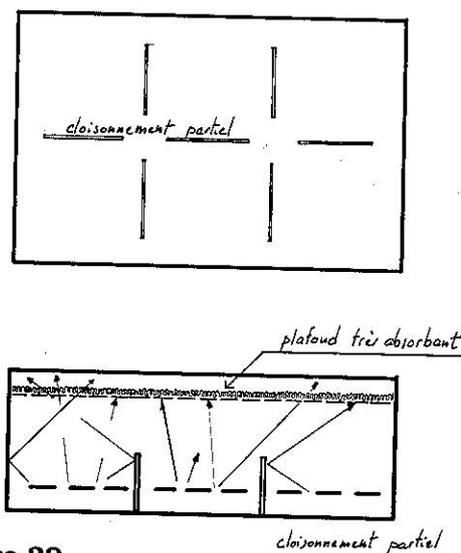
Pour cela il faut d'une part, limiter le nombre de personnes dans le local. Plus il y aura de personnes à parler en même temps, plus il faudra assourdir le local. Or, la possibilité des traitements absorbants et la limitation des surfaces disponibles pour les appliquer ne permet pas d'aller loin dans ce sens.

Il faut d'autre part, que les personnes autour d'une table soient dans le champ direct les unes par rapport aux autres. Pour cela, il faut que les tables ne soient pas trop grandes (8 personnes maximum) et que le traitement acoustique du local soit suffisant et permette une absorption de l'énergie des conversations le plus près possible des sources de bruit que constituent les personnes qui parlent.

Les solutions consistent à traiter les plafonds à l'aide de matériaux très absorbants tels que des laines minérales surfacées de voiles de verre ou de tissus, des plaques métalliques à fort taux de perforation supportant des matelas épais de laine minérale, ou même des baffles verticaux de laine minérale, des plafonds "caissons" en plaques fissurées de fibres comprimées...

Ce plafond très absorbant est à placer le plus près possible des sources de bruits, une hauteur sol-absorbant de 3 à 3.40 m semble être un maximum.

Dans les locaux de grande surface pouvant accueillir plus de 50 personnes, il faut prévoir un cloisonnement partiel du volume, afin de limiter la transmission des bruits de l'ensemble dans tout le local (figure 39). Cela permet à "un



**Figure 39**

Dans une cantine de grande surface, il est nécessaire de fractionner le volume par des cloisons même partielles, qui permettent de renvoyer l'énergie acoustique vers le plafond très absorbant et qui diminuent la transmissions directe de l'énergie d'une zone à l'autre.

petit groupe de ne subir que son propre bruit", ce qui par ailleurs, est noté dans le cahier des recommandations techniques comme principe fondamental de traitement acoustique d'un atelier bruyant. Il est évident qu'on peut appliquer le même principe dans un restaurant.

Par contre, des études récentes montrent que dans des restaurant bien traités, le comportement des enfants est satisfaisant.

- Les enfants ont tendance à terminer leur repas.
  - Les échanges par conversations sont bons.
  - L'agressivité des enfants est plus faible que dans le cas de salles réverbérantes.
  - Les interventions disciplinaires nécessaires sont limitées.
- 3) Eviter les bruits produits par l'ameublement et les couverts : Ces bruits importants peuvent être limités par l'utilisation d'embouts en caoutchouc pour les pieds de chaises et de tables, et par la couverture des tables par des tapis caoutchoutés lavables prévus à cet effet.

# 10

## LA CUISINE

La cuisine se partage en plusieurs zones, qui toutes sont sources de bruits aériens intenses, de chocs, de vibrations. Les différents appareils et matériels métalliques, placés dans des locaux avec carrelages au sol et sur les murs, ne favorisent ni l'amortissement des bruits à l'intérieur de la cuisine, ni leur isolation pour la protection des locaux voisins.

Zones d'une cuisine :

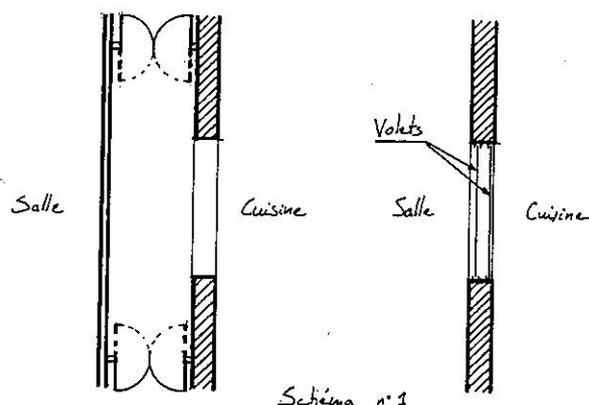
- Légumerie : bruits de plomberie - chocs sur de vastes bacs métalliques - chocs sur des tables bois avec revêtements métalliques - bruits d'appareils divers (épluchage, tranchage...) - roulements de chariot..
- Chambre froide : bruits de portes - glissements ou roulements sur des rails ancrés dans les plafonds - bruits de roulements de chariots avec chocs occasionnels sur les parois..
- Zone de préparations froides : bruits d'étais, hacheurs, mixeurs - chocs sur plan de travail souvent carrelé ou revêtu de métal..
- Zone de cuisson : bruits de chocs d'ustensiles, récipients... sur les appareils de cuisson, voire au sol lors de chutes accidentelles - bruits de hotte, bruits de cuisson..
- Plonge: bruits de vaisselle - de machines à laver .

- Laverie
- Local déchets.

Il est évident que toute cette activité acoustique intense doit se dérouler loin des locaux d'enseignement, des locaux sociaux éducatifs, des locaux médicaux et des logements.

Le mieux est de situer la cuisine au rez-de-chaussée, ou entre un sous-sol et le rez-de-chaussée d'une partie de bâtiment séparée des locaux sensibles par un joint de dilatation. On pourra regrouper dans la même partie de bâtiment les salles à manger et la salle polyvalente.

Lorsque la salle à manger est utilisée comme salle polyvalente, il faut assurer un isolement acoustique de l'ordre de 40 dB(A) entre la cuisine et cette salle. Cette isolation est à assurer en dehors des heures de repas. Lorsqu'il s'agit d'une cuisine traditionnelle avec repas servis à table, il est possible de prévoir des portes limitant des sas, les portes restant ouvertes pendant les services.



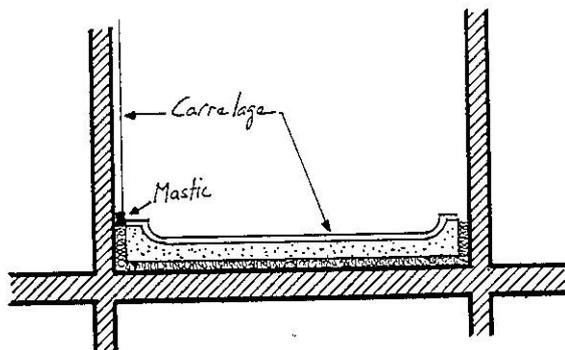
**Figure 40**

Isolation de la salle vis-à-vis de la cuisine.

Lorsqu'il s'agit d'une organisation de type self, la fermeture de la banque par un volet roulant n'est pas suffisante. On pourrait prévoir deux volets, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière de la banque. Une autre solution est de monter une paroi pour limiter la zone de passage des élèves, ce qui permettra la fermeture par des portes de cette zone en dehors des heures de service.

Si la salle polyvalente est différente du restaurant, il faut assurer un isolement acoustique minimal de 50 dB(A) entre la cuisine et cette salle.

Pour limiter la transmission des chocs et des vibrations, il est souhaitable de désolidariser les appareils et les plans de travail des parois verticales (laisser des jeux de 0.5 à 1 cm entre les plans de travail et les murs, placer un fond de joint en mousse souple et faire l'étanchéité à l'aide d'un mastic souple). L'ensemble devrait reposer sur un sol flottant en béton comportant un relevé en rives (voir figure 41) et une étanchéité. Cette technique n'est pas incompatible avec un lavage de la cuisine à grande eau.



**Figure 41**

Shéma type d'un sol flottant utilisable dans une cuisine.

Enfin, il est souhaitable de diminuer la réverbération naturellement importante de la zone cuisine. Les recommandations orientent vers une durée de réverbération inférieure à 1.5 seconde. Pour l'atteindre, on peut prévoir la mise en place d'un plafond suspendu en bacs métalliques perforés supportant une laine minérale ensachée dans un film plastique mince. Les bacs doivent être démontables pour avoir accès aux nombreux réseaux pouvant être placés dans le plénum.

# 1 1

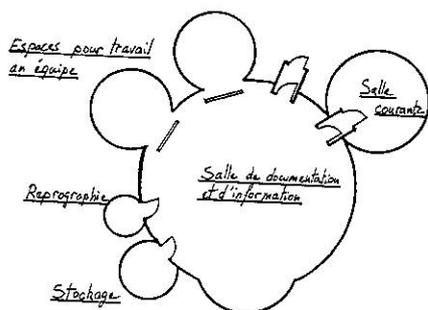
## CENTRE DE DOCUMENTATION ET D'INFORMATION

Il s'agit d'un ensemble d'espaces de rangement et de consultation individuelle ou en groupe de documents écrits, sonores, ou d'images. Le C.D.I. comporte :

- une salle de documentation et d'information.
- un espace de travail en équipe.
- un local reprographie.
- un dépôt de matériel pédagogique.
- une salle de cours avec accès direct au C.D.I.

Cet ensemble, d'une surface de 180 à 270 m<sup>2</sup>, doit bénéficier d'un traitement particulièrement accueillant de façon à ce que les élèves aiment s'y rendre pour consulter des documents, emprunter des ouvrages. Cet aspect attrayant suppose une esthétique soignée, un éclairage bien étudié, un mobilier confortable, et une acoustique agréable.

La lecture nécessite une ambiance acoustique calme. Le C.D.I. doit donc être bien isolé des



**Figure 42**  
Le CDI.

locaux voisins. Dans l'organisation des établissements, il est souvent placé comme espace tampon entre la zone socioculturelle comprenant le restaurant, la salle polyvalente, les salles de réunion, les foyers, et la zone enseignement. L'isolement acoustique vis à vis de la première zone doit être relativement élevé.

Nous pensons qu'un isolement acoustique minimal de 50 à 55 dB (A) vis à vis des locaux bruyants est souhaitable. Un isolement de 40 à 45 dB (A) vis à vis des salles d'enseignement et des circulations est un objectif raisonnable, ce qui suppose un sas ou un local tampon entre le C.D.I. et la salle d'enseignement banalisée qu'il est recommandé de prévoir avec accès direct au C.D.I.

Le niveau des équipements de chauffage-ventilation ne doit pas dépasser 35 dB (A).

Ces différentes performances sont relativement faciles à obtenir, encore faut-il les avoir en point de mire lorsqu'on fait le projet de l'établissement

Par contre, les conditions d'acoustique interne sont plus difficiles à réunir. En effet, pour faciliter la surveillance des différents espaces, souvent exercée par un seul documentaliste, il faut que ces espaces soient ouverts l'un par rapport à l'autre.

L'ambiance acoustique interne devra être suffisamment "sourde" pour que dans la même salle, des consultants isolés puissent voisiner sans trop de gêne avec quelques élèves travaillant en groupe. Une atmosphère feutrée favorise la diminution du niveau sonore des conversations, alors qu'une atmosphère "claire" au contraire incite à parler à voix forte. La durée de réverbération de 1 seconde proposée par les recommandations est maximale. Une durée de réverbération voisine de 0.6 seconde serait idéale. Cela est d'autant plus facile à réaliser que souvent le C.D.I. est équipé d'une moquette, d'un plafond suspendu absorbant et de nombreux rayonnages couverts de livres contribuant à l'obtention d'une aire d'absorption équivalente importante.

Dans ce contexte de traitement, l'espace de travail en équipe du C.D.I. peut être constitué d'une zone délimitée par des rayonnages communiquant avec la salle de consultation

sans qu'il soit besoin de prévoir une porte d'accès.

Quant au local reprographie, il n'est pas accessible à tous.. Il peut donc être fermé, ce qui est souhaitable pour que le C.D.I. ne bénéficie pas des bruits des photocopieuses ou des machines à ronéotyper.. Les cloisons et la porte doivent permettre un isolement acoustique de 35 dB (A) au moins entre le local et les zones de consultation du C. D. I.

# 1 2

---

## **SERVICE MEDICAL - INFIRMERIE**

**L**e service médical comporte au moins quatre types de locaux :

- une salle de mensurations,
- une salle de soins,
- un cabinet médical,
- des cabines de déshabillage.

Dans les internats, il faut ajouter une ou deux chambres.

Cet ensemble doit être isolé des locaux bruyants de l'établissement. Un isolement acoustique minimal de 45 dB(A) vis à vis des locaux d'enseignement général et un isolement de 50 à 55 dB(A) vis à vis des locaux bruyants tels que salle-à-manger, salle polyvalente, préaux, salles de musique, ateliers.. sont souhaitables.

Quant aux locaux du service médico-social entre eux, l'isolation est apportée par l'utilisation d'espaces tampon. Par exemple, le cabinet du médecin est de séparé la salle de mensurations par les cabines de déshabillage et par la salle de soins. Par contre, il peut y avoir une porte dans les cloisons séparatives "médecin - soins" et "soins - salle de mensurations".

Il reste le problème de la perception, dans les cabines de déshabillage, des conversations se déroulant dans le cabinet du médecin.

Lorsqu'il n'y a qu'une seule porte entre la cabine et le bureau, et lorsque l'ambiance dans la cabine est très calme, l'intelligibilité des conversations est tout à fait probable. Même une porte étanche à âme pleine ne résout pas le problème. Il faudrait compléter l'efficacité de

cette porte par la mise en place d'une sonorisation dans les cabines permettant d'obtenir une ambiance masquant les bruits provenant du bureau. De toutes façons, la porte cabine-cabinet du Médecin doit être étanche, la porte cabine-salle d'attente peut être ajourée.

Une autre solution consiste à créer un sas qui a, lui, l'inconvénient de prendre de la place.

Dans le cas des internats, une ou deux chambres de malades sont à prévoir dans la zone infirmerie, ainsi qu'un local réservé à une infirmière de garde. Ces chambres doivent être isolées des autres locaux de l'internat : un isolement acoustique de 50 dB(A) devrait être visé.

# 13

## BUREAUX

Il s'agit d'une zone relativement calme, composée de locaux de travail, de rencontres, de réunions et de circulations. On y trouve des bureaux isolés et des bureaux jumelés par une cloison avec porte de communication. Quatre problèmes acoustiques sont à examiner :

- 1) Isolation des bureaux vis à vis des bruits de l'établissement :

Les recommandations techniques demandent un isolement de 38 dB (A) entre une salle de classe et un bureau. L'isolement devra être de 50 dB (A) si le local émission est une salle de musique, un local de rassemblement, un local d'habitation.

On peut considérer que l'isolement de 38 dB (A) vis à vis d'une salle de classe est un peu faible. En effet, si cet isolement est suffisant entre deux salles de classe, cela est dû à la présence de nombreuses personnes dans un même local, ce qui génère un bruit ambiant plus élevé que lorsqu'il n'y a qu'une seule personne qui travaille dans le calme de son bureau. Nous conseillons un isolement de 40 à 45 dB (A) entre une salle de classe et un bureau.

Une solution consiste à éviter la juxtaposition de ces deux types de locaux en les séparant par exemple par un local de rangement, de fournitures ou d'archives.

De même, un isolement de 50 dB (A) entre un bureau et un logement est de 1 dB (A) inférieur à ce qui est prescrit par les interprétations des exigences minimales réglementaires applicables aux immeubles d'habitation lorsqu'un logement est voisin d'un bureau à usage de profession libérale. Dans ce cas, il est demandé un isolement

de 51 dB (A) si la pièce réception est une pièce principale.

Cet isolement de 50 dB (A) peut être considéré comme étant en contradiction avec ce que demandent les recommandations techniques entre deux logements, à savoir les performances d'un Label Confort Acoustique. Il faut donc considérer cet isolement de 50 dB (A) comme un minimum qu'il faut dépasser.

Dans tous les cas, entre un logement et un bureau, il faut prévoir ou bien des parois simples lourdes, ou bien des parois légères ayant un indice d'affaiblissement acoustique minimal de 5 dB (A) au-dessus de l'isolement acoustique visé.

- 2) Isolation des bureaux vis à vis des bruits extérieurs :

Si les façades sont proches d'une voie à trafic important, de voies de chemin de fer, ou si elles sont baignées par des bruits d'avions, il est raisonnable d'appliquer l'arrêté du 6/10/78 modifié relatif aux isollements acoustiques des logements vis à vis des bruits de l'espace extérieur.

- 3) Isolation des bureaux entre eux :

Pour viser l'inintelligibilité des conversations à voix normale, il faut assurer un isolement acoustique entre bureaux de 35 dB (A) si l'ambiance est de 35 dB (A), un isolement acoustique de 40 dB (A) si l'ambiance est de 30 dB (A). Dans ces conditions, on entend que quelqu'un parle sans comprendre ce qu'il dit. Si on veut que des passants circulant dans les couloirs n'aient pas de bruits à interpréter, il faut équiper les bureaux de portes étanches à âme pleine, ou mieux de sas pouvant desservir un ou plusieurs bureaux.

- 4) Correction acoustique des bureaux :

Une durée de réverbération de 0.5 seconde est généralement obtenue par l'ameublement, des voilages aux fenêtres, une moquette au sol. Pour les grands bureaux, un plafond absorbant de type fibres minérales comprimées, complète utilement les éléments précédents. Notons que l'ameublement devrait être disposé afin d'éviter de garder deux parois lisses parallèles, ce qui peut produire un écho flottant très désagréable. Pour l'éviter, il suffit souvent d'équiper un mur en cause par un élément décoratif ou fonctionnel légèrement incliné.

# 14

## SALLES DE REUNIONS

Il s'agit de salles de tailles très diverses permettant des réunions d'élèves ou d'enseignants, des rencontres parents-enseignements,...

Suivant ces destinations, ces salles peuvent avoir une surface de 8 à 60m<sup>2</sup> et une hauteur sous plafond proche de 3 m.

Pour les salles de volume inférieur à 50 m<sup>3</sup>, la durée de réverbération dans le local meublé non occupé, devrait être voisine de 0.7 seconde dans les fréquences moyennes. Elle devrait être voisine de 1 seconde pour les volumes plus importants.

En général, le traitement du plafond à l'aide d'un plafond suspendu à base de fibres minérales comprimées est suffisant. Cependant, dans les grandes salles on a plus d'intérêt à placer les matériaux absorbants sur les parois verticales, de façon à utiliser le plafond comme élément réflecteur permettant une écoute homogène dans le local, quelles que soient les places respectives de l'orateur et de l'auditeur.

Notons que si les salles de réunion ne sont munies d'aucun traitement absorbant, elles sont très critiquées pour la difficultés de compréhension des conversations. Les messages utiles sont alors noyés dans un brouhaha général très désagréable. Ce phénomène est d'autant plus gênant qu'il est rare que les participants à une réunion soient suffisamment sages pour éviter toute intervention ou tout apparté lorsqu'un des participants a officiellement la parole.

Les salles pouvant être équipées de moyens de projection, de système vidéo ou tout autre matériel audiovisuel, il est nécessaire de les placer loin de locaux calmes ou de prévoir un isolement acoustique de 45 à 50 dB (A) vis à vis de ces locaux. De même, elles ne doivent pas être perturbées par les locaux bruyants, tels que salles de musique, salle polyvalentes ou ateliers. Là encore, des isolements acoustiques de 50 dB(A) sont à recommander.

Enfin, les salles de réunions peuvent être le siège de conversations à caractère suffisamment confidentiel pour justifier d'une isolation acoustique soignée vis à vis des circulations qui les dessert. Des portes d'accès à âme pleine étanches dans des parois ayant un indice d'affaiblissement acoustique de 40 à 45 dB(A) permettent d'obtenir des isolements suffisants, de l'ordre de 35 dB (A).

Rappelons que toutes les valeurs d'isolement acoustique citées ci-dessus sont normalisées pour une durée de réverbération de 0.8 s à toutes les fréquences dans les locaux "réception".

# 15

## LES LOGEMENTS DE FONCTION

Toutes les recommandations relatives aux locaux scolaires préconisent des isolations acoustiques entre logements de fonction compatibles avec les exigences à respecter pour obtenir un Label Confort Acoustique de 2 étoiles. Dans le principe du Label Confort Acoustique, la satisfaction des exigences de chaque rubrique correspondant à un type de bruit donne droit à un certain nombre de points :

- 7 points pour les bruits aériens émis à l'intérieur de l'immeuble, mais à l'extérieur du logement considéré,
- 2 points pour l'isolation entre le séjour d'un logement et les chambres du même logement,
- 4 points pour les impacts produits à l'extérieur du logement,
- 3 points pour les équipements individuels extérieurs (2 points) ou intérieurs (1 point) au logement,
- 3 points pour les équipements collectifs.

Ainsi, pour les bruits aériens, d'impacts ou d'équipements intérieurs à l'immeuble, un nombre maximal de 15 points peut être obtenu. Cinq autres points sont réservés aux bruits extérieurs, de circulation routière, ferroviaire ou aérienne, lorsque les façades sont dans des zones bruyantes.

Obtenir un Label Confort Acoustique 2 étoiles, c'est d'une part respecter les exigences minimales réglementaires (arrêtés du 14/6/69, 22/12/75,

6/10/78 et 23/2/83), et d'autre part pouvoir justifier l'obtention de 70 % des points susceptibles d'être obtenus dans le cadre du Label.

Notons que depuis 1975, le Label Confort Acoustique a été remplacé par un coefficient de qualité acoustique d2 établi en se basant sur une méthode d'appréciation de cette qualité, mise au point par l'association QUALITEL. Le coefficient d2 est établi suivant un procédé semblable au principe du Label Confort Acoustique. On remarque simplement quelques aménagements dans les performances à satisfaire et une distribution différente des points dans les rubriques.

Les logements de fonction peuvent être prévus dans des pavillons isolés des locaux scolaires. Mais ils peuvent être également imbriqués à l'intérieur même de l'établissement. C'est fréquemment le cas du logement du gardien.

Si on considère que les locaux d'enseignement et de rassemblement sont des locaux d'activités au sens de l'arrêté du 14/6/69, il faut un isolement minimal de 56 dB(A). Si les bureaux sont assimilables aux cabinets servant à l'exercice d'une profession libérale, l'isolement minimal est de 51 dB(A). Ces deux dernières valeurs sont portées respectivement à 59 et 57 dB(A) pour obtenir les points correspondant du Label Confort Acoustique.

Rappelons que si les cloisons intérieures des logements sont à base de plaques de plâtre, il faut une paroi séparative (mur ou plancher) équivalente à 16 cm de béton pour obtenir un isolement acoustique au bruit rose de 51 dB(A), 18 cm de béton pour 54 dB(A), 20 cm de béton pour 57 dB(A), 20 cm de béton avec doublage à base de laine minérale et plâtre, ou 23 cm de béton pour 59 dB(A).

Pour les autres prestations permettant de satisfaire les exigences relatives aux bruits d'impacts ou aux bruits d'équipement, nous conseillons de consulter des méthodes de prévision, dont la plus utilisée actuellement est la méthode QUALITEL.

Pour les mesures acoustiques dans les logements, considérés comme locaux de réception, la durée de réverbération de référence à prendre en compte de 0.5 seconde à toutes les fréquences.

# 16

## LES AMPHITHEATRES

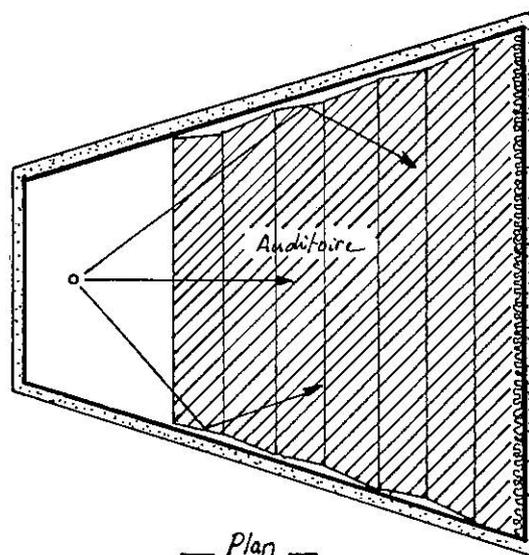
Ces locaux pouvant accueillir 100 à 500 personnes, sont de grands volumes dans lesquels il est souhaitable que la parole du conférencier puisse être émise et perçue par tout l'auditoire sans qu'un support électroacoustique soit indispensable. Ces supports peuvent être prévus lorsque l'orateur a une voix "qui passe mal". Par contre, dans la majorité des cas, il faut les éviter. En effet, il est préférable que l'auditeur entende directement l'orateur, ce qui facilite l'impression de communication. Lorsque l'amphithéâtre est sonorisé, l'auditeur entend en fait des intermédiaires matériels : les hauts parleurs.

Pour créer un lien direct, auditoire-orateur, percevoir les réactions sensibles des uns et des autres il faut éliminer tous les artifices.

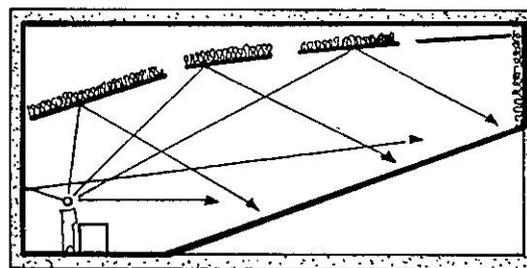
Pour y arriver, il est nécessaire de traiter le local afin que les ondes acoustiques soient bien guidées vers l'auditoire et en particulier vers les auditeurs placés loin de la source. On peut obtenir cet effet par la forme de la salle. Un exemple est donné sur la figure 43.

Dans un tel amphithéâtre, le seul traitement acoustique est constitué par l'auditoire et un absorbant en fond de salle, un complément est donné par des réflecteurs situés au-dessus de la zone d'émission. L'inconvénient est que ce local devient réverbérant lorsqu'il n'y a pas d'auditeurs.

Le plafond et les parois latérales sont réfléchissantes, avec éventuellement quelques éléments "diffusants". Ce sont des reliefs qui permettent une meilleure homogénéité du champ acoustique qui arrive sur les auditeurs.



— Plan —



— Coupe —

**Figure 43**

Schéma de principe d'un amphithéâtre.

Compte tenu de la spécificité de ce grand volume, il est souhaitable d'intégrer très rapidement dans l'équipe de conception un acousticien qui aura en particulier la possibilité de réaliser une étude d'intelligibilité en tout point du local en utilisant des programmes performants d'acoustique prévisionnelle.

La forme du local jouant un grand rôle, l'intervention de ce spécialiste doit avoir lieu très tôt dans le projet de l'établissement.

# 1

## RAPPELS DE QUELQUES NOTIONS D'ACOUSTIQUE

### 1 . PRODUCTION DES SONS

Tout ce qui vibre émet un son. Un corps vibrant communique sa vibration à l'air environnant sous la forme d'ondes de pression et de dépression. Les ondes se propagent de proche en proche de la source à l'organe de réception, qui peut être, par exemple, l'oreille d'un individu ou la membrane d'un microphone (voir figure 1).

En un point, la pression de l'air varie un certain nombre de fois autour de la pression d'équilibre, ou pression atmosphérique, la variation de pression est appelée "pression acoustique". Le nombre de fluctuations par secondes est la fréquence du son. La fréquence s'exprime en Hertz (Hz). On peut également la définir comme le nombre d'ondes de pression ou de dépression qui passent en un point par seconde. La fréquence d'un son est la même que la fréquence de vibration de la source.

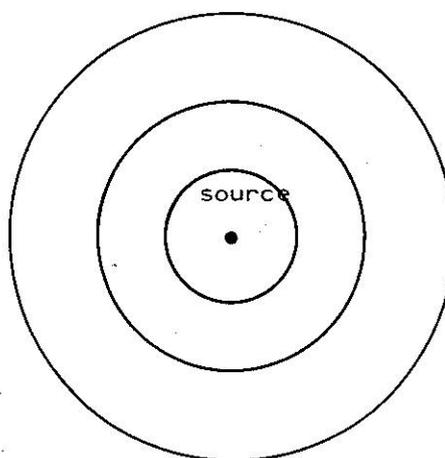
Pour créer des sons, la source libère une certaine quantité d'énergie qui se répartit sur les ondes acoustiques.

On caractérise le phénomène sonore, en un point situé à une certaine distance de la source, par la pression acoustique et par la fréquence du son.

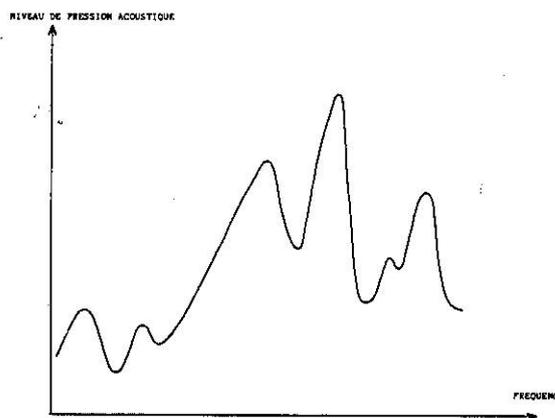
### 2 . LE BRUIT

Un bruit, auquel on associe généralement la notion de gêne, est un mélange complexe de sons différents.

Si on veut connaître un bruit, il faut l'analyser, c'est-à-dire mettre tour à tour en évidence chacune de ses fréquences composantes et les



**Figure 1**  
Propagation des ondes acoustiques.



**Figure 2**  
Spectre sonore.

coter en fonction de leur niveau de pression acoustiques. On porte sur un graphique les niveaux en ordonnée et les fréquences en abscisse. On obtient ainsi le spectre sonore du bruit (voir figure 2).

Pour faire cette analyse, il serait beaucoup trop long de mesurer le niveau de pression acoustique à toutes les fréquences. Pratiquement, on utilise des filtres qui permettent de mesurer le niveau de pression acoustique dans une bande de fréquences. On utilise généralement des largeurs de bandes 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 125-250 Hz.

Dans le bâtiment, on utilise le plus souvent les fréquences comprises entre la bande d'octave centrée sur 125 Hz et la bande d'octave centrée sur 4000 Hz ou, ce qui revient au même, les fréquences comprises entre le tiers d'octave 100 et le tiers d'octave 5000.

Dans certains cas, lorsque l'on veut simplement avoir une idée d'un phénomène, on se contente de découper la gamme des fréquences en trois grandes bandes : les fréquences graves, les fréquences moyennes ou médium et les fréquences aiguës. Ces trois bandes ont une largeur de deux octaves. Les fréquences graves contiennent les intervalles d'octave centrés sur 125 et 250 Hz, les fréquences moyennes contiennent les octaves 500 et 1000 Hz, et les fréquences aiguës, les octaves 2000 et 4000 Hz. En fait, ce découpage correspond plus à un phénomène physiologique qui relève de la sensibilité de l'oreille. Dans les documents relatifs aux locaux scolaires il arrive de considérer les trois bandes d'octave centrées sur 500-1000 et 2000 Hz.

### 3 . UNITES DE NIVEAU SONORE

D'une manière générale, on évalue le niveau des bruits en fonction de la pression acoustique.

Or il existe une loi physiologique, selon laquelle "la sensation auditive est proportionnelle au logarithme de l'excitation".

Les acousticiens utilisent le décibel (dB) pour mesurer le "niveau de pression acoustique" ou

"niveau sonore". Ce niveau exprimé en décibels, est donné par la relation :  $L_p = 10 \log P^2/P_0^2$ .

Où  $p$  est la pression acoustique de l'onde sonore exprimé en Pascal et  $P_0$  la pression de référence égale à  $2 \times 10^{-5}$  Pascal.

Il faut faire attention à l'utilisation du décibel. En acoustique, le fonctionnement simultané de 2 sources identiques, chacune pouvant produire par exemple un niveau de 50 dB en un point du local, crée un bruit résultant de 53 dB et non pas de 100 dB. Ce sont les carrés des pressions acoustiques qui s'ajoutent et non pas les niveaux.

### 4 . SENSIBILITE DE L'OREILLE

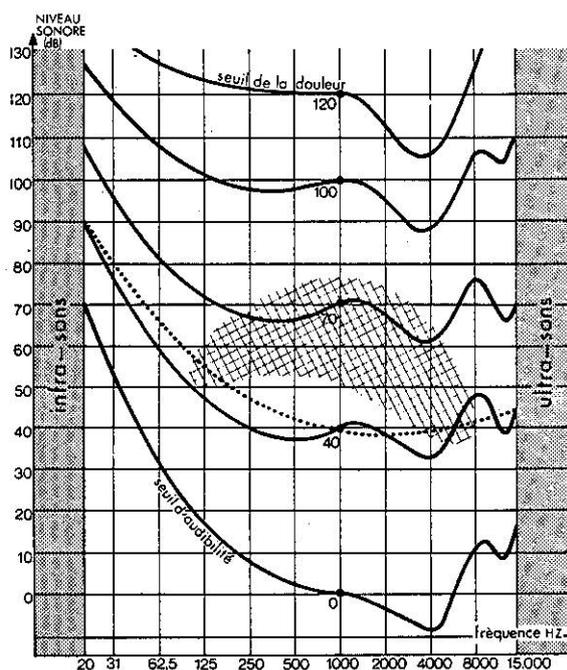
L'oreille transforme les pressions acoustiques en sensation auditive. Elle ne perçoit pas de la même façon toutes les fréquences : en particulier, elle ne peut entendre ni les sons de fréquence inférieure à 20 Hz (infrasons), ni les sons de fréquence supérieure à 15 000 Hz (ultrasons).

Entre 20 et 15 000 Hz, la sensation varie en fonction de la fréquence.

- Le seuil d'audibilité est la valeur minimale du niveau de pression acoustique susceptible de provoquer une sensation sonore.
- Le seuil de la douleur est la valeur du niveau sonore au-delà de laquelle la sensation produite est celle de la douleur.

Dans la zone d'audibilité, la sensibilité de l'oreille est forte pour des sons de fréquences comprises entre 500 et 5 000 Hz, et faible dans les fréquences graves. A titre d'exemple, une oreille qui perçoit un son de 50 dB à 1 000 Hz aura la même impression de niveau sonore pour un son de 67 dB à 100 Hz.

D'autre part, la différence de sensibilité de l'oreille en fonction des fréquences varie en fonction des niveaux. Elle est maximale pour les niveaux faibles et s'atténue pour les niveaux moyens et forts.



**Figure 3**

Courbes schématisant la sensibilité d'une oreille humaine

Infrasons, ultrasons, seuil d'audibilité et seuil de douleur limitent le champ auditif, ou la zone de sensibilité de l'oreille (voir figure 3).

## 5 . NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE PONDERES

Le microphone, qui sert à faire les mesures physiques de pression acoustique, est un appareil objectif que l'on choisit pour sa sensibilité égale quelle que soit la fréquence et quel que soit le niveau sonore. Il n'en est pas de même pour l'oreille, dont la sensibilité est fonction de la fréquence et du niveau de pression acoustique. La sensation sonore perçue à l'oreille correspond à des niveaux physiologiques. Niveaux physiologiques et niveaux physiques coïncident à 1 000 Hz (par définition du décibel, le seuil d'audibilité à 1 000 Hz est nul).

Si l'on veut obtenir au moyen d'un appareil, une mesure représentative du niveau physiologique, il faut introduire dans les circuits électriques de l'appareil des filtres qui reproduisent sensiblement les courbes de sensation de l'oreille. Les courbes représentant les corrections apportées par les filtres en fonction des fréquences, sont appelées "courbes de pondération".

Pratiquement on s'est limité à trois filtres.

Le premier correspond au comportement de l'oreille aux bas niveaux : c'est le filtre A. On l'utilise pour les niveaux inférieurs à 55 dB.

Les filtres B et C correspondent respectivement au comportement de l'oreille aux niveaux moyens (55 à 85 dB) et aux niveaux élevés (supérieurs à 85 dB).

Les résultats s'expriment sous le vocable dB (A), dB (B), dB (C), se prononçant décibels A, B, ou C.

Les appareils de mesure peuvent aussi donner un résultat sans pondération, résultat exprimé en dB.

Les niveaux exprimés en dB (A), dB (B), dB (C) ou dB peuvent être très différents pour un bruit donné. Ainsi, un bruit de 60 dB peut correspondre à 40 dB (A) s'il comporte beaucoup de fréquences graves.

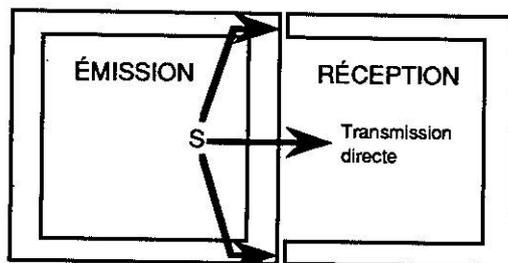
Actuellement, le dB (A) est le seul utilisé pour évaluer la gêne due aux bruits, quel que soit leur niveau sonore. De même, la réglementation acoustique des immeubles d'habitation (arrêté du 14 juin 1969) utilise le dB (A) pour fixer les niveaux à ne pas dépasser dans un logement, lorsque des bruits se produisent à l'extérieur de ce logement. Par exemple, il ne faut pas que le niveau de pression acoustique soit supérieur à 35 dB (A) dans les pièces principales, cuisines, salles d'eau, et cabinets d'aisance d'un logement, lorsque le bruit est de 80 dB par bande d'octave dans un autre logement.

## 6 . ISOLEMENT ACOUSTIQUE ENTRE DEUX LOCAUX

Dans les problèmes d'isolation acoustique contre les bruits aériens, on s'intéresse à la transmission d'énergie sonore entre deux ambiances. Nous étudions donc le cas de deux locaux voisins : un "local émission", dans lequel on place une source de bruit, et un "local réception".

La source sonore fait vibrer toutes les parois de la pièce "émission" et non pas seulement la paroi qui la sépare de la pièce "réception". L'énergie acoustique est donc transmise d'un local à l'autre par toutes les parois communes aux deux locaux. La transmission par la paroi de séparation est appelée "transmission directe", la "transmission indirecte" étant celle qui se fait par les parois latérales (voir figure 4).

L'énergie acoustique qui pénètre dans le local "réception" se réfléchit sur les parois de ce local. Elle est donc conservée plus ou moins longtemps suivant que les parois sont réfléchissantes ou



**Figure 4**

revêtues de matériaux absorbants acoustiques.

L'isolation acoustique entre les deux locaux dépend donc de trois facteurs principaux :

- Nature de la paroi de séparation
- Nature des parois latérales communes aux deux locaux
- Caractères plus ou moins réverbérants du local réception.

Pour caractériser le degré d'isolation qui existe entre deux pièces, on utilise la notion d'isolement acoustique brut entre ces deux locaux. Il s'agit de la différence entre les niveaux sonores  $L_1$  dans le local émission et  $L_2$  dans le local réception.

$$D_b = L_1 - L_2$$

Cet isolement dépend des caractéristiques plus ou moins absorbantes du local réception. Etant donné que le constructeur n'est pas maître de l'ameublement et du mode d'occupation des locaux, il faut apporter à l'isolement brut une correction permettant de comparer les isolements entre eux. Cette correction est la différence entre l'isolement brut et l'isolement normalisé qu'on aurait mesuré si le local réception avait eu des caractéristiques de références données.

Pour caractériser le local réception, on utilise principalement la durée de réverbération.

Lorsqu'on émet un bruit intense dans un local, et lorsqu'on arrête brusquement la source sonore, il subsiste dans le local une trainée sonore plus ou moins longue suivant le niveau du bruit émis initialement, l'importance du niveau sonore ambiant, les capacités plus ou moins absorbantes des parois, et le volume du local. La durée de réverbération est le temps qu'il faut au bruit, dans le local, pour diminuer de 60 dB à partir du moment où la source sonore a été arrêtée.

On définit, suivant le type de local étudié, une durée de réverbération  $T_0$  normale qui sera prise comme référence pour la détermination des isolements normalisés.

Pour l'habitation :  $T_0 = 0,5$  seconde (cela correspond à une chambre d'H. L. M. normalement meublée).

Pour les écoles, les textes prévoient une durée de réverbération  $T_0 = 0,8$  s.

La correction à apporter à l'isolement brut pour obtenir l'isolement normalisé est  $10 \log T/T_0$

$$D_n = D_b + 10 \log T/T_0$$

## 7 . INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE D'UNE PAROI

Jusqu'à présent nous avons parlé d'isolement entre deux locaux. Cet isolement caractérise la diminution d'énergie acoustique quand on passe du local émission dans le local réception.

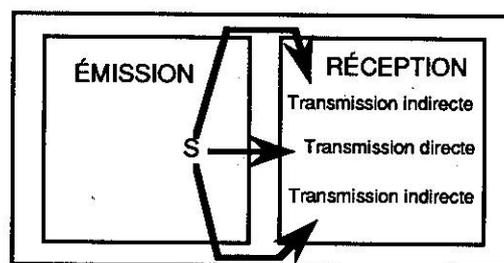
Nous avons vu qu'il dépend non seulement de la paroi de séparation mais aussi des parois latérales et du local réception. Il dépend également des points faibles entre les locaux, points faibles pouvant être constitués par des gaines, des passages de canalisation, des fissures...

Pour connaître la valeur d'isolation d'une paroi, il faut donc supprimer les possibilités de transmissions autres que la paroi elle-même. Une telle mesure se fait en laboratoire, les parois latérales des locaux émission et réception sont coupées au droit de la paroi de séparation à tester. On obtient alors l'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  de la paroi (voir figure 5).

Il faut bien se garder d'utiliser les résultats d'indice d'affaiblissement d'une paroi pour caractériser l'isolement normalisé entre les locaux qu'elle sépare. Des erreurs importantes peuvent être faites.

Par exemple, une paroi de 16 cm de béton a un indice d'affaiblissement acoustique voisin de 56 dB dans les fréquences moyennes. Si cette paroi

sépare deux locaux, tels que les parois latérales soient également en béton, l'isolement normalisé entre les deux locaux n'est que de 51 dB dans les fréquences moyennes.



**Figure 5**

Affaiblissement acoustique.

L'écart entre l'indice de la paroi et l'isolement entre locaux peut être encore plus important si les différentes parois en présence sont de nature et de masse très différentes.

## PRINCIPES DE LA CORRECTION ACOUSTIQUE DES LOCAUX

Réaliser la correction acoustique d'un local, c'est amener l'ambiance sonore dans ce local à être compatible avec les activités qui s'y déroulent. Ainsi, une salle de conférences ou une salle de classe, doivent permettre aux auditeurs d'écouter sans peine un orateur qui, lui, doit pouvoir parler sans forcer ou modifier sa voix

Considérons deux cas extrêmes :

- Plaçons d'abord l'orateur en plein air. S'il ne force pas sa voix, il sera entendu correctement des auditeurs les plus proches, et il ne sera pratiquement pas entendu des auditeurs éloignés. Le niveau de pression acoustique, que nous appellerons souvent "niveau sonore", diminue lorsque la distance à la source de bruit augmente.
- Si maintenant, nous plaçons cet orateur dans une salle de grand volume, aux parois dures, lourdes et lisses (une église par exemple), sa voix sera amplifiée par les réflexions multiples des sons sur les parois du local. Mais les phrases ne seront pas compréhensibles car toutes les syllabes seront mélangées. Un tel local est très réverbérant, et les sons s'y conservent longtemps.

Si on veut que cet orateur ait quelques chances d'être compris, il faut le placer dans une salle traitée de telle manière que les réflexions sur les parois du local renforcent le niveau sonore vers les auditeurs éloignés, ce qui évite le défaut du plein air, et que les sons émis soient absorbés suffisamment rapidement pour que chaque syllabe se détache bien de la précédente.

## **DUREE DE REVERBERATION D'UN LOCAL**

Notion de durée de réverbération :

On caractérise généralement la sonorité d'un local par sa durée de réverbération. L'image qu'on peut donner de cette notion est la durée de la trainée sonore qui se manifeste dans le local à partir du moment où une source de bruit est arrêtée. La figure 1 montre l'enregistrement du niveau sonore dans le local.

Tout d'abord, un haut-parleur émet un bruit stable (zone A de la figure). L'émission est arrêtée brusquement au temps  $t_0$ . La différence  $t_1 - t_0$  est la durée de la trainée sonore que l'on ressent.

Cette différence dépend de plusieurs facteurs qui ne sont pas tous liés aux caractéristiques du local. En effet, elle dépend du niveau de bruit émis. S'il est plus élevé, la différence  $t_1 - t_0$  est plus grande (voir figure 2).

Elle dépend également du niveau ambiant, c'est-à-dire du niveau de bruit qui subsiste dans le local lorsque toutes les sources sonores de ce local sont arrêtées. Si le niveau ambiant est élevé, la durée de la trainée sonore est plus faible que s'il est bas, à condition que la source servant au test ait émis un même niveau sonore dans les deux cas (voir figure 3).

Aussi, pour éliminer des facteurs indépendants du local, on définit une grandeur conventionnelle correspondant au temps qu'il faut pour que le niveau sonore dans le local diminue de 60 dB à partir du moment où la source de bruit est arrêtée : la durée de décroissance correspondante est appelée "durée de réverbération du local" (voir figure 4).

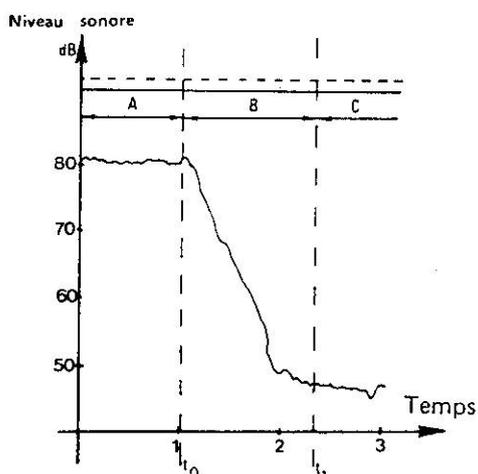
## **MESURE DE LA DUREE DE REVERBERATION**

La méthode de mesure est décrite dans la norme AFNOR NFS 31-003. Comme le laisse supposer ce qui précède, elle est basée sur l'enregistrement du bruit dans un local, après coupure de la source. Comme il n'est pas toujours facile d'obtenir une décroissance de 60 dB, on se base sur le fait que cette décroissance est linéaire pour calculer la durée qu'il y aurait eu si la diminution de bruit avait été de 60 dB. Pour cela, on utilise la pente de la droite.

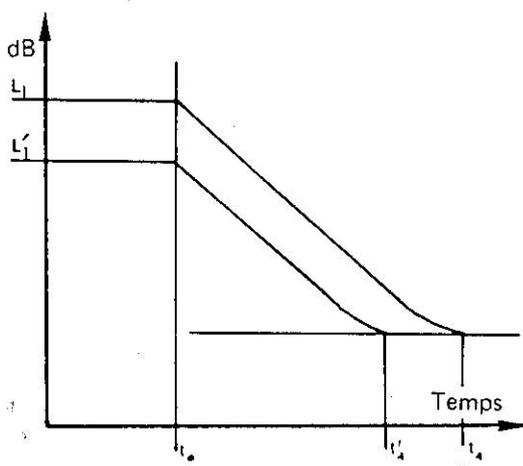
Dans le cas de la figure 4, la vitesse de déroulement du papier sur lequel on a enregistré le niveau de pression acoustique est de 30 mm par seconde. La durée pour une diminution de 60 dB est représentée par un segment de 45 mm, la durée de réverbération est donc égale à 45/30 soit 1.5 seconde.

L'émission du bruit servant à déterminer la durée de réverbération d'un local peut être réalisée de plusieurs façons.

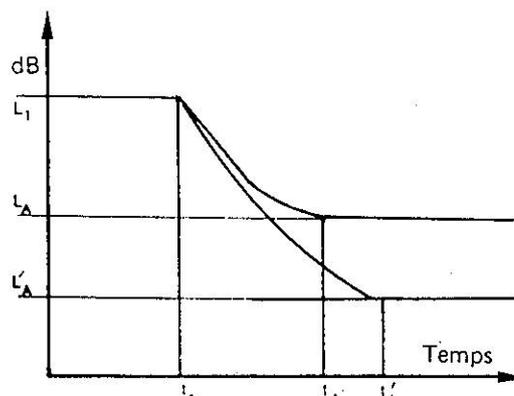
- soit à l'aide de haut-parleurs émettant un bruit stable à niveau élevé.
- soit à l'aide d'un claquoir ou d'un pistolet produisant des bruits impulsifs.



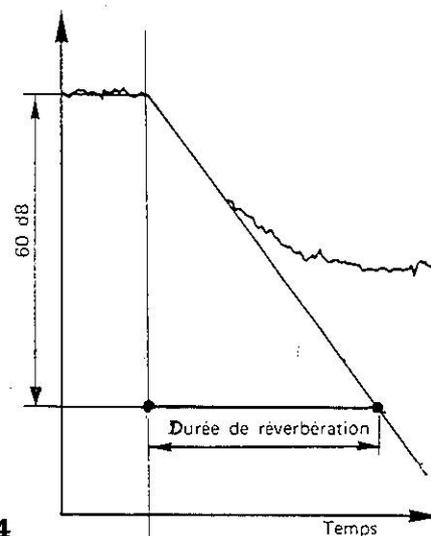
**Figure 1**  
Enregistrement du niveau sonore dans un local.



**Figure 2**  
Influence du niveau émis par la source sur la durée de la trainée sonore ressentie dans le local.



**Figure 3**  
Influence du niveau ambiant ( $L_A$ ) sur la durée de réverbération ressentie dans le local.



**Figure 4**  
La durée de réverbération d'un local est le temps qu'il faut pour que l'énergie acoustique diminue de 60 dB à partir du moment où la source sonore est arrêté.

La norme AFNOR NFS 31-012 relative à la mesure de la durée de réverbération dans un auditorium recommande la première solution, c'est-à-dire l'utilisation de haut-parleurs émettant un niveau sonore de 40 dB au moins

au dessus du bruit de fond. Ce haut-parleur doit être placé au plus près possible de la source réelle de son ("scène, podium, chaire ou autres"). Cette norme n'accepte les émissions de bruits impulsifs que dans les cas de salles ayant des durées de réverbérations relativement longues (supérieures à 1.5 seconde en-dessous de 1 000 Hz).

## IMPORTANCE DE LA DUREE DE REVERBERATION

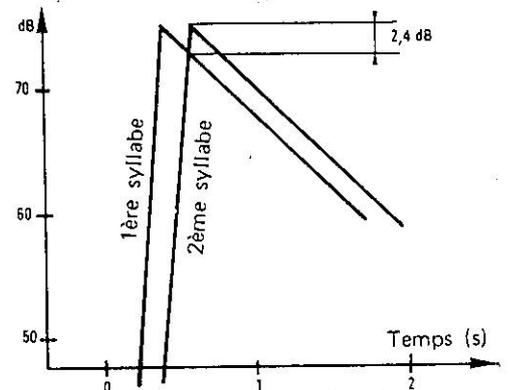
Revenons à l'exemple de l'orateur qui nous a servi à introduire la nécessité de réaliser la correction acoustique d'un local.

Pour une personne parlant à débit normal, la durée moyenne de production d'une syllabe est de l'ordre de 0.2 seconde. On peut donc admettre qu'il se passe environ 0.2 seconde entre l'émission d'une syllabe et l'émission de la suivante.

Prenons le cas où la durée de réverbération dans un local est de 5 secondes. Le niveau sonore correspondant à la première syllabe n'aura diminué que de 2.4 dB lorsque la deuxième aura atteint son niveau maximal (voir figure 5).

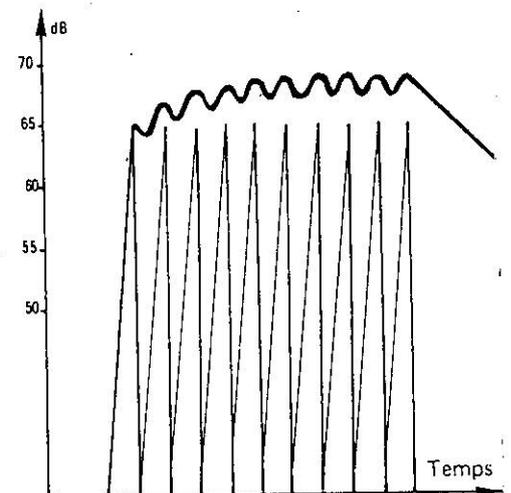
Si nous considérons une longue série de syllabes émises chacune au même niveau à 0.2 seconde d'intervalle, le niveau sonore résultant dans le local a l'allure de la courbe de la figure 6. Les variations de niveau dues à chaque syllabe ne sont pas suffisantes pour distinguer chacune d'elles et la parole est incompréhensible.

Par contre si la durée de réverbération est de 0.5 seconde le niveau sonore dû à la première syllabe aura diminué de 24 dB lorsque la deuxième sera émise (voir figure 7) et la courbe correspondant à l'émission de 10 syllabes consécutives, au même niveau, a l'allure de la figure 8. Dans ce cas, les syllabes se détachent bien les unes des autres, et deviennent compréhensibles.



**Figure 5**

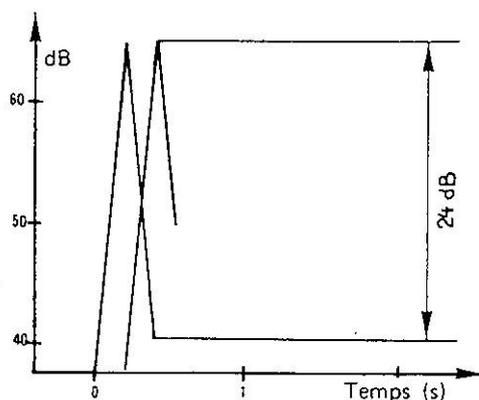
Cas 2 syllabes émises au même niveau de 0,2 secondes d'intervalle dans une salle ayant une durée de réverbération de 5 secondes.



**Figure 6**

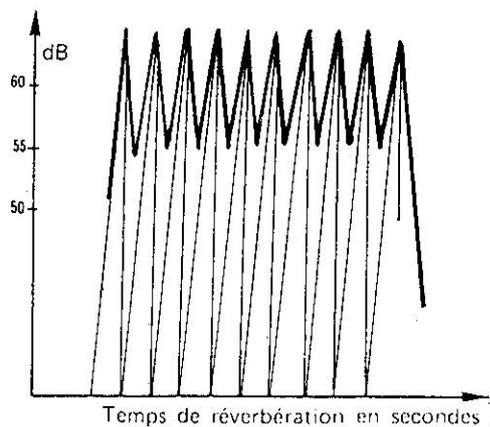
Niveau sonore dans le local de 5 secondes de durée de réverbération lorsque 10 syllabes sont émises.

## PRINCIPE DU TRAITEMENT ACOUSTIQUE D'UN LOCAL



**Figure 7**

Deux syllabes émises dans une salle ayant une durée de réverbération de 0,5 seconde.



**Figure 8**

Niveau sonore dans un local de 0,5 seconde de durée de réverbération lorsque 10 syllabes sont émises au même niveau à 0,2 seconde d'intervalle

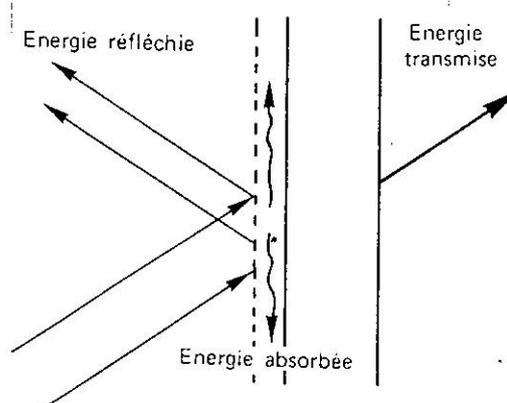
La réverbération dans un local est due au volume de ce local, et aux réflexions de l'énergie acoustique sur ses parois, sur ses occupants et son mobilier. Dans la plupart des cas, on cherche à diminuer la quantité d'énergie réfléchi sur les parois en y plaçant des matériaux qui ont la faculté d'absorber une partie de l'énergie acoustique qui les frappe. Ce sont des matériaux absorbants.

Corriger l'acoustique d'un local revient donc à doser la quantité de matériaux absorbants et de matériaux réfléchissants de façon à obtenir la réverbération optimale. Avant d'examiner les méthodes à utiliser, voyons d'un peu plus près ce qu'est un matériau absorbant acoustique, et comment le caractériser.

## MATERIAUX ABSORBANTS ACOUSTIQUES

### EFFETS D'UNE ONDE ACOUSTIQUE

Lorsqu'une onde acoustique frappe une paroi, il se produit principalement trois phénomènes : (voir figure 9).



**Figure 9**

Principe de la réflexion, de l'absorption et de la transmission.

- une réflexion d'une part de l'énergie acoustique sur la paroi,
- une absorption d'énergie par le matériau se trouvant à la surface de la paroi,
- une transmission d'énergie dans le local voisin par la mise en vibration de la paroi.

Si on désigne par  $r$  le rapport de l'énergie réfléchie à l'énergie incidente (celle qui arrive sur la paroi), par  $\alpha$  le rapport de l'énergie absorbée à l'énergie incidente et par  $t$  le rapport de l'énergie transmise à l'énergie incidente,  $r + \alpha + t = 1$ .

Si on considère la gêne du voisinage, la transmission d'énergie par la paroi risque de ne pas être négligeable. Toutefois le coefficient de transmission  $t$  est presque toujours très faible en comparaison avec  $r$  ou  $\alpha$ . Cette contradiction apparente est due au fait que l'unité de niveau sonore, le décibel, correspond à une variation logarithmique de l'énergie.

Prenons un exemple : supposons que l'énergie incidente corresponde à un niveau de pression acoustique de 100 dB, et que l'isolation apportée par la paroi soit de 30 dB, (ce qui est une performance très modeste). Dans ce cas, le niveau de pression acoustique dans le milieu voisin (séparé de la source par la paroi) est de 70 dB (100 dB - 30 dB). Ce niveau sonore peut être considéré comme très élevé. Néanmoins, cela veut dire que l'énergie transmise, correspondant à 70 dB est 1 000 fois plus faible que l'énergie incidente, correspondant à 100 dB.

Dans cet exemple,  $t = 0.001$

$$\alpha + r + 0.001 = 1$$

d'où  $\alpha + r = 0.999$  soit pratiquement 1.

En règle générale, on peut considérer que  $\alpha + r = 1$ , ce qui suppose que lorsqu'on augmente l'absorption, on diminue la réflexion et réciproquement. Le rapport  $r$  est appelé facteur de réflexion.

Le rapport  $\alpha$  est appelé facteur d'absorption.

Le langage courant, pourtant déconseillé par la norme AFNOR NFS 30-106 "vocabulaire de l'acoustique architecturale", utilise les termes coefficient de réflexion ou d'absorption.

Les facteurs  $\alpha$  et  $r$  varient entre 0 et 1.

## VARIATION DE L'ABSORPTION SUIVANT LES MATERIAUX

On a l'habitude de classer les matériaux absorbants entre les deux extrêmes suivants

- une absorption très faible est illustrée par une dalle de marbre lisse, scellée sur une paroi très lourde :  $\alpha \sim 0$ .
- une absorption très forte est souvent imagée par un mètre carré de fenêtre ouverte. On pense que l'énergie qui arrive au niveau de la fenêtre, sort du local pour ne plus y revenir. Dans ce cas  $\alpha \sim 1$ .

Cette dernière image est assez simplifiée. En fait, une partie de l'énergie acoustique est réfléchie, même par la fenêtre ouverte. Pour comprendre ce phénomène, il suffit de comparer les sons à des billes de diamètres différents. Plus la fréquence du son est faible, plus le diamètre de la bille est important. Cette comparaison peut se justifier par la notion de longueur d'onde d'un son (rapport de la célérité du son à la fréquence :  $\lambda = c/f$ ). On conçoit bien que de petites billes peuvent passer par l'ouverture de la fenêtre (voir figure 10). Pour les sons correspondants, le coefficient d'absorption de la fenêtre est égal à 1. Par contre, on peut également admettre que de grandes billes de diamètres très importants ne peuvent pas passer par l'ouverture : les sons correspondants sont réfléchis.

Cette image montre également que l'absorption par un matériau dépend de la fréquence. Dans ce qui suit, nous verrons que suivant sa nature

le produit absorbant a tendance à absorber plus particulièrement les sons situés dans une plage déterminée de fréquences.

- Pour absorber les fréquences aiguës, on utilise des matériaux poreux à "porosité ouverte". Les cellules d'air communiquent entre elles.

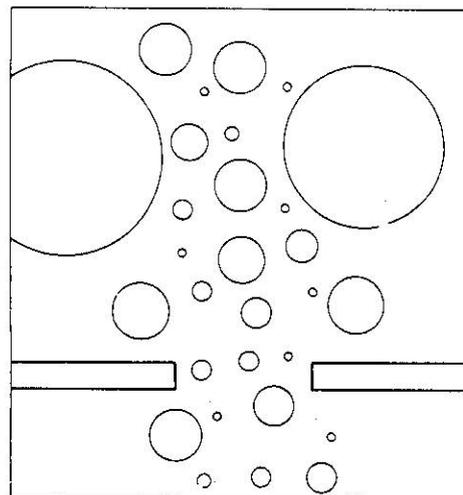
Les types les plus utilisés sont les laines minérales et les mousses plastiques souples. Pour comprendre le processus d'absorption par ces matériaux, l'image précédente des billes est encore utile. Une petite bille (qui correspond à un son aigu) peut pénétrer dans les pores du matériau. Il y a des frottements sur les parois des canaux et des déformations. Cela se traduit par des pertes d'énergie sous forme de chaleur.

Les grosses billes, c'est-à-dire les sons graves, ne sont pas sans effets. Elles frappent le matériau et le déforment. C'est ainsi que plus le matériau est souple et épais, plus la déformation est importante et plus il absorbe. La figure 11 indique l'allure de l'absorption par un matelas fibreux.

- Pour absorber les fréquences graves, on utilise des panneaux fléchissants appelés également "diaphragmes" ou "membranes".

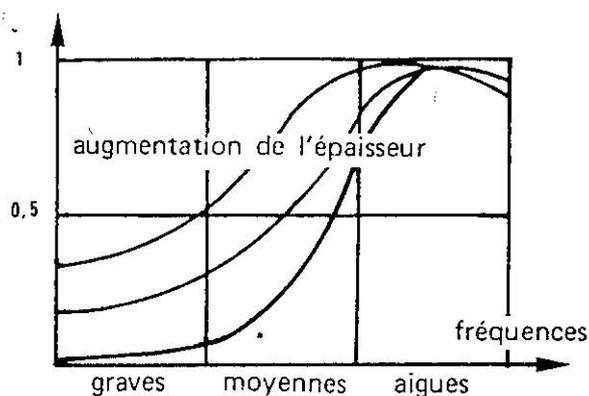
Il s'agit de plaques de bois, plâtres, verre... généralement minces, placées devant une paroi de façon à ménager une lame d'air (voir figure 12). On peut les assimiler à un système mécanique du type "masse-ressort". La plaque joue le rôle de la masse et l'air celui du ressort. Un tel système a une fréquence propre de résonance à laquelle il se produit une forte agitation, donc des déformations et des frottements, sources de perte d'énergie sous forme de chaleur.

Une membrane absorbe l'énergie acoustique principalement à sa fréquence propre, ce qui donne une courbe d'absorption en fonction de la fréquence relativement sélective (voir figure 13).



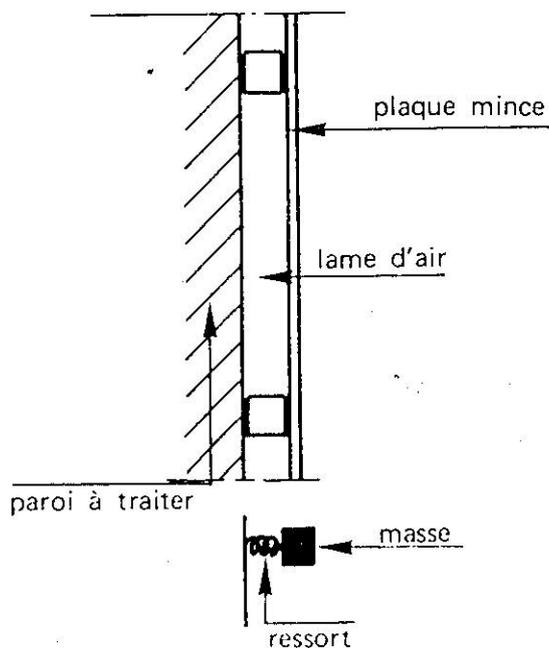
**Figure 10**

Les sons sont comparables à des billes de diamètres différents : les sons graves correspondant à des diamètres importants, les sons aigus à des faibles diamètres.

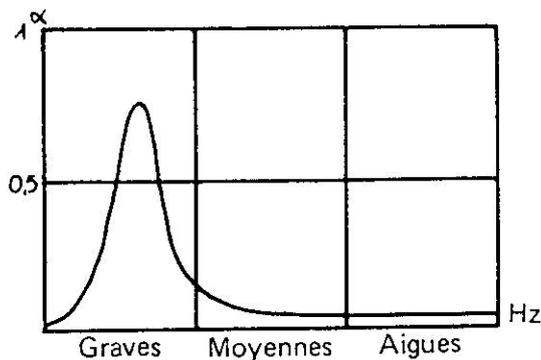


**Figure 11**

Courbe type d'absorption par un matelas fibreux.



**Figure 12**  
Principe d'un panneau fléchissant.



**Figure 13**  
Courbe caractéristique de l'absorption par une membrane.

Si on place un matelas fibreux derrière la membrane, les frottements sont plus importants et l'absorption du système, moins efficace à la fréquence propre, est plus étalée (voir figure 14).

Pour avoir une idée de la plage d'absorption maximale par la membrane, on peut appliquer la formule suivante donnant la fréquence propre du système "masse-ressort".

$$f_0 = 600/\sqrt{md}$$

où  $m$  est la masse de la membrane en  $\text{kg/m}^2$

$d$  l'épaisseur de la lame d'air en centimètres.

La présence de laine minérale dans la lame d'air peut augmenter la fréquence propre de près d'un intervalle d'octave.

- Exemple : Plaque de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur placée à 50 mm de la paroi à traiter :

$$m = 3 \text{ à } 4 \text{ kg/m}^2$$

$$d = 5 \text{ cm}$$

$$f_0 = 154 \text{ Hz, ce qui correspond à l'octave centrée sur } 125 \text{ Hz.}$$

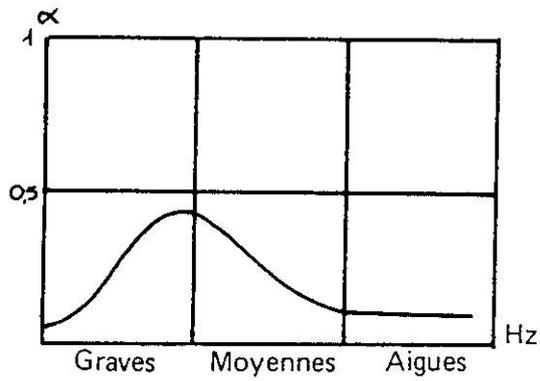
La courbe correspondante est donnée par la figure 15.

- Pour les fréquences moyennes, l'absorption peut être obtenue à partir de résonateurs.

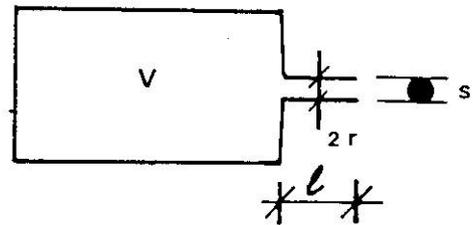
Le plus connu est le résonateur de Helmholtz. Il s'agit d'une espèce de bouteille ayant un col de section  $s$  de rayon  $r$  et de longueur  $l$ , et un volume intérieur  $V$  (voir figure 16).

La masse d'air du col joue le rôle d'une masse suspendue à un ressort correspondant à l'air du volume  $V$  (voir figure 17). Ce système a, comme le précédent, une fréquence propre de résonance, à laquelle l'absorption acoustique est maximale.

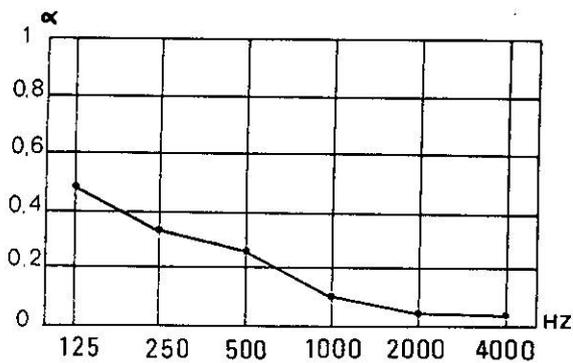
La courbe d'absorption est la même que dans le cas précédent. Elle est très sélective (voir figure 18). Là encore, pour augmenter la plage d'absorption, on peut avoir recours à un matelas fibreux placé dans le volume  $V$ .

**Figure 14**

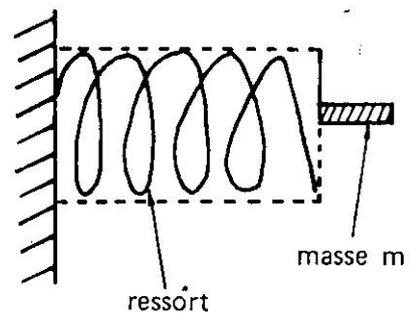
Courbe d'absorption d'une membrane amortie par de la laine minérale placée dans la lame d'air.

**Figure 16**

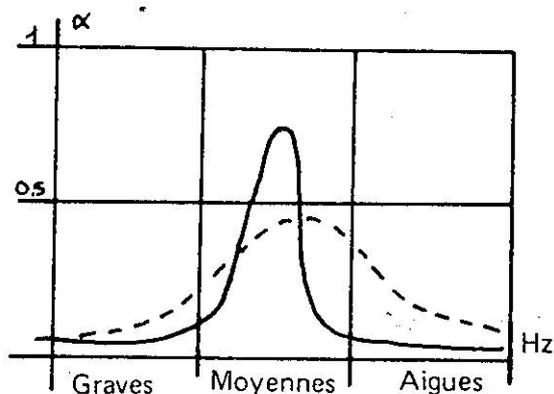
Shéma d'un résonateur de Helmholtz.

**Figure 15**

Courbe d'absorption d'une plaque de 5 mm de contreplaqué placée à 50 mm de la paroi à traiter.

**Figure 17**

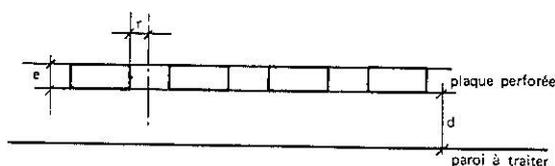
Assimilation du résonateur de Helmholtz à une masse sur ressort.



**Figure 18**

Courbe caractéristique de l'absorption par un résonateur de Helmholtz :

- sans laine minérale
- avec laine minérale dans le volume V.



**Figure 19**

Schéma de principe d'un système de résonateurs groupés.

En pratique, on n'utilise pas de tels résonateurs isolés. Mais on a recours à leur processus d'absorption sous la forme de résonateurs groupés. Ce sont des plaques de staff, de bois ou de plâtre, avec des perforations (voir figure 19). De tels systèmes très sélectifs sont complétés par des matelas de laine minérale.

## COMBINAISON DES DIFFERENTS PROCESSUS D'ABSORPTION

Pour obtenir une courbe d'absorption plus étendue en fréquence, on peut imaginer la combinaison de trois processus d'absorption. Un panneau fibreux, perforé et monté en membrane devrait permettre une courbe d'absorption telle que celle de la figure 20. Plus généralement, on utilise des plaques fibreuses suspendues. C'est le cas d'une grande quantité de plafonds utilisés fréquemment dans les immeubles de bureaux. Les figures 21 à 22 en donnent quelques exemples. Les différences d'efficacité obtenues dépendent principalement des textures de surface des plaques.

## NOTION D'AIRE D'ABSORPTION EQUIVALENTE

Dans un local de volume déterminé, la durée de réverbération dépend de la quantité de matériaux absorbants se trouvant dans ce local. Il est donc nécessaire de caractériser cette quantité par une grandeur qu'il est possible de déterminer par une mesure ou à défaut par le calcul. C'est ainsi qu'on est amené à introduire la notion d'aire d'absorption équivalente.

La norme AFNOR NFS 30-106 relative au vocabulaire de l'acoustique architectural définit :

- d'une part, l'aire d'absorption équivalente d'un objet ou d'une surface = "valeur de l'aire d'une surface ayant un facteur d'absorption égal à 1, absorbant la même énergie acoustique que la surface ou l'objet considéré".

- d'autre part, l'aire d'absorption équivalente d'une salle = "somme des aires d'absorption équivalentes des surfaces et des objets se trouvant dans la salle".

Autrement dit, un matériau de surface  $S$  et de coefficient d'absorption  $\alpha$  a une aire d'absorption équivalente à  $S \alpha$ .

- Exemple :  $10 \text{ m}^2$  d'un matériau de coefficient  $= 0.5$  est équivalent à  $5 \text{ m}^2$  d'un matériau parfaitement absorbant de coefficient  $\alpha = 1$ .

Si on considère un local vide et les différents matériaux qui constituent ses parois, chaque matériau a une surface  $S$  et un coefficient  $\alpha$ , l'aire d'absorption équivalente  $A$  du local est donnée par la formule.

$$A = \sum S_i \alpha_i = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots$$

La définition de l'aire d'absorption équivalente d'un local montre qu'il ne faut pas uniquement prendre en compte les parois du local et les coefficients d'absorption correspondants mais qu'il faut également considérer les objets, ... et les personnes qui se trouvent dans le local. Nous verrons plus loin que cette notion d'équipement et d'occupation de la salle est effectivement très importante et nous donnerons dans un tableau les aires d'absorption équivalentes par intervalles d'octave pour les objets les plus usités.

La durée de réverbération d'un local dépend du volume de ce local et de la présence ou non de matériaux absorbants. Il est donc normal de rechercher une relation entre la réverbération, le volume et l'absorption. La formule la plus utilisée est la formule de Sabine :

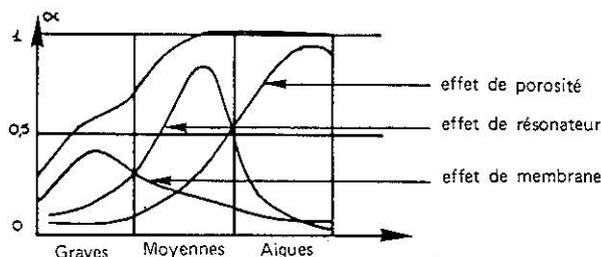
$$T = 0.16 \frac{V}{A}$$

dans laquelle  $A$  est l'aire d'absorption équivalente

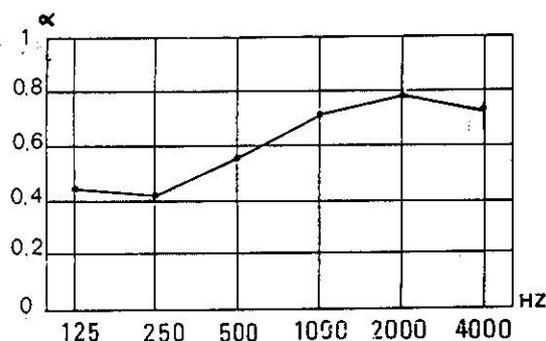
(exprimée en  $\text{m}^2$ )

$V$  est le volume du local en  $\text{m}^3$

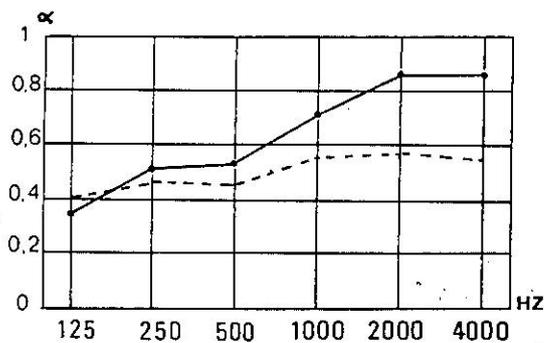
$T$  la durée de réverbération en seconde.



**Figure 20**  
Combinaison de trois processus d'absorption.



**Figure 21**  
Plafond suspendu en fibres minérales, panneaux rigides de 15 mm d'épaisseur et de 600 x 1200 de surface.  
Masse :  $4,5 \text{ kg/m}^2$   
Aspect : fissuré.



**Figure 22**

Plafond suspendu en fibres minérales comprimées de 15 mm d'épaisseur  
 — plaques planes avec de fines perforations  
 --- plaques légèrement striées.

Cette formule peut se démontrer en supposant que toutes les parois du local ont une absorption voisine et que cette absorption soit faible. Son utilisation montre qu'elle n'est pas toujours très juste. Il existe d'autres formules liant la durée de réverbération au volume et à l'absorption dans le local. Mais elles sont plus complexes que la formule de Sabine et ne donnent pas de résultats plus fiables dans la majorité des cas courants. C'est pourquoi, nous ne retiendrons que la formule de Sabine, tout en sachant qu'elle permet plus une évaluation qu'un résultat précis.

Résumé :

- A chaque fréquence ou dans chaque intervalle de fréquence, la durée de réverbération  $T$  est liée à l'aire d'absorption équivalente  $A$  du local et au volume  $V$  par la relation

$$T = 0,16 V/A$$

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots = \sum S_i \alpha_i = S \alpha$$

$S^1, S^2 \dots$  Si sont les surfaces des matériaux de coefficients d'absorption  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$

$S$  est la surface totale des parois du local

$\alpha$  est le coefficient d'absorption moyen de ces parois.

## DETERMINATION DE LA NATURE ET DE LA QUANTITE DES MATERIAUX ABSORBANTS

### ELEMENTS DE CHOIX

La démarche peut être résumée par les étapes suivantes :

- Détermination de la durée de réverbération optimale en fonction du volume de l'utilisation du local et de la fréquence ou d'après un texte réglementaire.
  - Détermination de l'aire d'absorption équivalente nécessaire dans chaque intervalle d'octave afin d'obtenir la durée de réverbération optimale : pour cela on applique la formule Sabine.
  - Détermination de l'aire d'absorption équivalente apportée par les équipements (mobilier, voilages, rideaux...) et par les occupants.
  - Détermination de l'aire d'absorption équivalente  $A$  à ajouter. Cette dernière est obtenue de la façon suivante.
- $$A = A_{\text{optimale}} - A_{\text{équipements et occupants}}$$
- Détermination des matériaux absorbants à prévoir :

Cette détermination résulte de la comparaison de l'aire d'absorption équivalente  $A$  et de la surface de parois  $S$  disponible pour le traitement.

Le rapport A/S indique le coefficient d'absorption souhaitable.

Généralement, il est nécessaire de prévoir plusieurs matériaux. On retrouve des membranes pour ajuster la durée de réverbération dans les fréquences graves, des matériaux perforés ou fibreux suspendus et des fibreux non poreux collés. Le choix des différents types de matériaux se fait en consultant les valeurs des coefficients donnés par les fabricants.

Ces valeurs doivent avoir été obtenues par la même méthode de mesures et qu'elles doivent éventuellement être corrigées en fonction du volume et de la dispersion des matériaux.

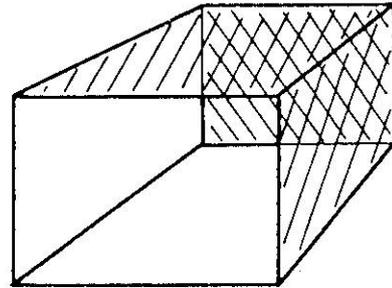
### IMPORTANCE DE L'EMPLACEMENT DES MATERIAUX

La nature et la surface des matériaux absorbants à placer dans un local étant déterminées, il faut encore choisir leur emplacement. On ne doit pas se contenter de traiter la surface qui est généralement considérée comme étant la plus disponible : le plafond.

Prenons un exemple, le cas d'une salle parallélépipédique. Elle est composée de trois couples de parois parallèles. Quand le bruit est émis dans le local, les ondes sonores se réfléchissent sur les parois. Deux parois parallèles se renvoient l'énergie sonore. Même si on neutralise les autres faces du local en les revêtant d'absorbants, l'effet désagréable dû aux réflexions multiples sur le couple de parois parallèles non traité subsistera.

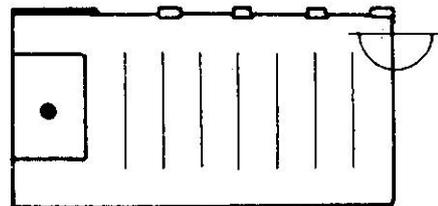
Il faut donc éviter de conserver deux parois lisses parallèles. Pour cela, il faut en traiter au moins une, ce qui revient, dans le local à prévoir des matériaux absorbants au moins sur trois parois adjacentes (voir figure 23). Le choix des faces à traiter est souvent commandé par le mode d'utilisation du local.

Exemple : cas d'une salle de conférence (voir figure 24)



**Figure 23**

Dans une salle parallélépipédique, il faut traiter au moins trois faces adjacentes.



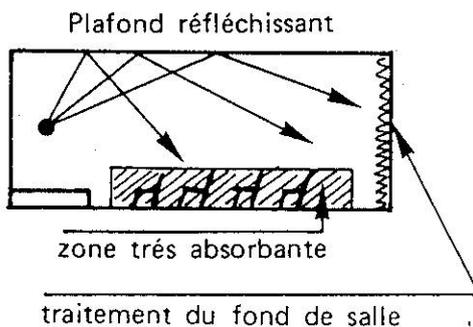
**Figure 24**

Cas d'une salle de conférence comportant une paroi vitrée.

Quand l'orateur parle, il envoie de l'énergie dans toutes les directions, en particulier vers le fond de la salle. Les ondes sonores mettent un certain temps avant de heurter cette paroi, et le même temps pour revenir vers le conférencier. Si la salle est longue (plus de 10 m), on risque d'avoir un écho. Il est donc souhaitable de traiter le fond de la salle.

Les parois latérales étant parallèles, il faut en traiter au moins une. La paroi non vitrée semble désignée pour cela.

Quand au couple sol-plafond, si le revêtement de sol est absorbant (moquette par exemple) et si les sièges sont en tissu, il n'y a généralement pas besoin de traiter le plafond, pour avoir une bonne ambiance dans la salle inoccupée. De même, quand le public est assis, il absorbe suffisamment pour qu'il ne soit pas indispensable de traiter le plafond. Au contraire, des parties de plafond réfléchissantes contribuent à renforcer le son qui arrive en fond de salle (voir figure 25).

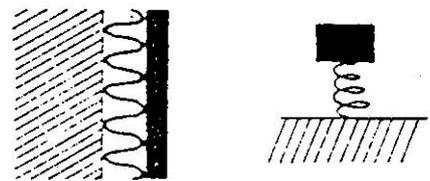


**Figure 25**

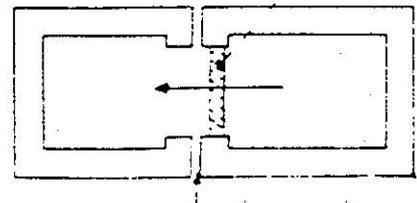
Un plafond réfléchissant permet de renforcer les sons perçus en fond de salle.

## L'AMÉLIORATION DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE CONTRE LES BRUITS AÉRIENS (1)

Un défaut d'isolement entre deux locaux peut provenir aussi bien d'une faiblesse de la paroi de séparation que d'une transmission latérale importante. La recherche que nous avons effectuée s'est limitée à la détermination de procédés permettant le renforcement de la paroi de séparation.



**Figure 1**



**Figure 2**

(1) Extrait d'un compte rendu de recherche effectuée par le CATED pour le Plan Construction.

## **CHOIX DES PROCÉDES DE RENFORCEMENT TESTES**

Pratiquement tous les systèmes proposés par les fabricants, pour le renforcement de l'isolation acoustique sont composés d'un parement semi-lourd constitué de planches de plâtre, de panneaux de particules ou d'amiante-ciment, écarté du support par un produit souple à base de laine minérale, de laine végétale ou de mousse plastique.

La masse du parement varie d'un procédé à l'autre de 8 à 30 kg/m<sup>2</sup> et l'épaisseur de la sous-couche souple de 3 à 5 cm. Tous ces procédés sont comparables à une masse (le parement) suspendue sur un ressort (la sous-couche) reposant sur un point fixe (le support) (voir figure 1).

Ou bien le procédé est préfabriqué en usine et n'a plus qu'à être découpé et collé sur place, ou bien tous les éléments du complexe sont mis en oeuvre séparément.

## **CHAQUE PROCÉDE A ÉTÉ TESTÉ SUR 4 SUPPORTS DIFFÉRENTS**

L'amélioration apportée par un procédé de renforcement étant fonction de la valeur initiale de la paroi à renforcer, nous avons choisi 4 parois supports différentes :

- carreau de plâtre de 7 cm.
- briques plâtrières de 5 cm avec deux enduits.
- briques creuses de 15 cm avec deux enduits.
- Béton de 14 cm.

Les 3 premières parois sont les cloisons en maçonnerie légère. Elles ont été placées dans des conditions proches de celles souvent rencontrées in situ. Elles séparaient des locaux

ayant des parois latérales communes lourdes, de manière à limiter les transmissions indirectes.

Quant à la paroi en béton, plus lourde donc plus isolante au départ, elle a été placée entre deux pièces comportant une coupure au droit de la paroi séparative de manière à obtenir les transmissions latérales les plus faibles possibles (voir figure 2).

Les indices d'affaiblissement acoustique des 4 supports avant traitement sont donnés dans le tableau 1.

## **CLASSIFICATION ET EFFICACITÉ DES PROCÉDES DE RENFORCEMENT D'ISOLATION ACOUSTIQUE**

L'exploitation de plus de 100 mesures montre que les procédés de renforcement peuvent être classés dans 4 groupes d'efficacité.

Chaque groupe est défini par la masse du parement, la nature et l'épaisseur de la sous-couche du procédé.

Nous avons vu que chaque procédé de renforcement était comparable à une masse suspendue à un ressort. Un tel système a une fréquence de vibration propre, à laquelle il se produit une mise en résonance. Lorsque la masse est soumise à un son de fréquence déterminée, elle vibre à cette même fréquence. La vibration est plus ou moins transmise au support par l'intermédiaire du ressort. Lorsque la fréquence de la vibration excitant la masse est nettement plus importante que la fréquence propre du système masse-ressort, la vibration se transmet mal au support.

Pour que le système de renforcement soit efficace, il faut que sa fréquence propre soit la plus basse possible. Or, elle est d'autant plus basse que la masse est lourde et que le ressort est souple.

Chaque groupe de procédés de renforcement correspond à des masses de parement et des souplesses de ressorts différentes.

Le tableau 2 donne la description des 4 groupes, ainsi que les formules permettant d'évaluer l'accroissement  $\Delta R$  de l'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  de la paroi renforcée.

Le groupe 4 est très particulier : il est composé des procédés de renforcement d'isolation thermique à base de mousse plastique (polystyrène expansé ou mousse de chlorure de polyvinyle). Pour ce type de produits, on a même constaté des valeurs d'indice d'affaiblissement acoustique plus faibles après renforcement, que pour la paroi-support seule. Pour ces produits, la "raideur du ressort" est beaucoup trop importante.

Par contre, les systèmes d'amélioration de l'isolation thermique à base de laine minérale ont une très bonne efficacité acoustique.

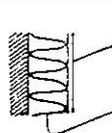
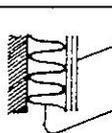
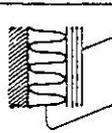
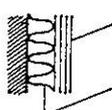
TABLEAU 1

Nature de la paroi support	Carreau de plâtre	Briques plâtrières (+ 2 enduits)	Briques creuses (+ 2 enduits)	Béton
Épaisseur (cm) .....	7	5	15	14
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> ) .....	70	60	150	220
Indice d'affaiblissement acoustique en dB (A) .....	32	33	43	50

## PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE LA RECHERCHE

- 1) Les procédés de renforcement de l'isolation acoustique aux bruits aériens d'une paroi peuvent être classés en 4 groupes, suivant la nature des matériaux, leur épaisseur et leur masse. Dans chacun des groupes, les efficacités sont comparables.
- 2) Pour chaque groupe, on peut proposer une formule simple permettant d'évaluer, avec suffisamment de précision, le gain apporté par le procédé de renforcement en fonction de la valeur initiale du support (voir tableau 2).
- 3) Les procédés efficaces de renforcement de l'isolation acoustique apportent généralement une bonne isolation thermique. Par contre, les procédés pour l'amélioration de l'isolation thermique ne permettent pas toujours de renforcer l'isolation acoustique.
- 4) On peut renforcer une paroi en traitant indifféremment une face ou l'autre. Les gains obtenus sont identiques.

TABLEAU 2

Groupe	Description	$\Delta R$ en dB (A)	Exemples d'améliorations obtenues	
			Carreau de plâtre	Béton de 14
Groupe 1	 Panneau de particules planches de plâtre ou d'amiante-ciment 8 à 12 kg/m <sup>2</sup>  Laine minérale ou végétale de 3 à 4 cm d'épaisseur	$\Delta R = -0,5 R + 32 \pm 2$	$\Delta R = +16$ dB (A)	$\Delta R = +7$ dB (A)
Groupe 2	 Panneau de particules planches de plâtre ou d'amiante-ciment 15 à 20 kg/m <sup>2</sup>  Laine minérale ou végétale 4 à 5 cm	$\Delta R = -0,5 R + 35 \pm 2,5$	$\Delta R = +19$ dB (A)	$\Delta R = +10$ dB (A)
Groupe 3	 25 à 30 kg/m <sup>2</sup>  Laine minérale ou végétale 4 à 5 cm	$\Delta R = -0,5 R + 37 \pm 3$	$\Delta R = +21$ dB (A)	$\Delta R = +12$ dB (A)
Groupe 4	 Parement 8 à 30 kg/m <sup>2</sup>  Mousse plastique 3 à 5 cm	$\Delta R \approx 0$	—	—

# 2

## EXTRAIT DES RECOMMANDATIONS RELATIVES A L'ACOUSTIQUE, ISSU DU CAHIER DES RECOMMANDATIONS TECHNIQUES (I) ACOUSTIQUE

Les mesures de bruit, in situ, seront effectuées conformément à la norme française S 31 057 pour les paragraphes 21, 22, 23, 24 b et 25 ci-après.

### ISOLEMENT AU BRUIT AÉRIEN INTÉRIEUR

Pour assurer des conditions d'audition correctes, les isolements acoustiques normalisés DnAT à obtenir in situ, pour un bruit rose (c'est-à-dire un bruit dont le niveau est constant par octave ou par tiers d'octave) à l'émission, dans les fréquences comprises entre 125 Hz et 4 000 Hz, et pour une durée de réverbération de référence de 0,8 s, ne devraient pas être inférieurs aux valeurs suivantes :

Entre locaux d'enseignement, avec ou sans porte de communication.	} 38 dB (A) <sup>1</sup>
Entre cage d'escalier et local d'enseignement.	
Entre cuisine et salle à manger polyvalente (en dehors des repas).	
Entre salle de classe à activités bruyantes (musique, activités pratiques) et local d'enseignement.	} 50 dB (A)
Entre deux locaux d'enseignement à activités bruyantes.	
Entre locaux destinés aux autres groupes d'élèves et salles de repos des écoles maternelles.	
Entre local de rassemblement, d'abri ou de détente, cuisine ou sanitaires et local d'enseignement.	
Entre circulation horizontale et local d'enseignement	26 dB (A)
<b>Dispositions spécifiques aux ateliers d'enseignement professionnel ou technique.</b>	
Entre atelier calme et local d'enseignement autre qu'atelier.	} 38 dB (A)
Entre atelier bruyant et atelier calme, ou ateliers de même nature (bruyants ou calmes).	

Entre atelier bruyant et local d'enseignement autre qu'atelier 54 dB (A)

(1) dB (A) = décibel pondéré A.

Ces indications peuvent être adaptées aux principes de ventilation dans les régions et départements d'outre-mer.

N. B. - 1° Sont assimilés aux locaux d'enseignement : les locaux d'internat, d'administration, les locaux médicaux-sociaux, et tous les locaux à activités de formation, de réflexion ou d'éveil, à l'exclusion des locaux à activités bruyantes.

2° Sont considérés comme locaux bruyants ceux dans lesquels le niveau de bruit dépasse le niveau équivalent de 75 dB pondérés A sur la période d'occupation des locaux.

### NIVEAU DU BRUIT DE CHOC

22

Un niveau normalisé du bruit de choc, de 74 dB pondérés A, Ln AT (pour une durée de réverbération de référence de 0,8 s) transmis dans les locaux d'enseignement représente le seuil en-dessous duquel les perturbations peuvent apporter une gêne aux usagers.

### CORRECTION ACOUSTIQUE

23

Les durées de réverbération suivantes dans les locaux meublés mais inoccupés dans les fréquences moyennes (octaves centrés sur 500, 1000 et 2000 Hz) permettent une audition normale :

- inférieure ou égale à 0.8 s dans les salles d'exercice et de repos des écoles maternelles ;
- inférieure ou égale à 1 s dans les autres locaux à activités d'enseignement ou de réflexion d'un volume inférieur à 250 m<sup>3</sup>, salles de réunion, bibliothèque, administration, salles de jeux des écoles maternelles ;
- inférieure ou égale à 1.2 s dans les salles polyvalentes, salles à manger, autres locaux à activités d'enseignement ou de réflexion d'un volume supérieur à 250 m<sup>3</sup> (sauf ateliers à activités non bruyantes) ;
- inférieure ou égale à 1.5 s dans les ateliers non mentionnés ci-dessus, autres grands locaux, cuisines, circulations, halls.

**N. B.** - Pour les locaux non meublés, des durées de réverbération inférieures aux valeurs indiquées ci-dessus majorées de 0.2 s sont considérées comme satisfaisantes.

24

## BRUITS DES ÉQUIPEMENTS

**a.** Un niveau de bruit équivalent à 85 dB pondérés A sur la période d'occupation des locaux, engendré au poste de travail par les équipements spécifiques aux ateliers d'enseignement professionnel ou technique, dans chaque zone de travail, est considéré comme tolérable pour la santé des utilisateurs.

Les mesures sont effectuées conformément à la norme française S 31-013. Des protections individuelles sont à envisager pour la protection des occupants lorsque les niveaux d'exposition sont supérieurs au niveau équivalent de 75 dB pondérés A, sur la période d'occupation des locaux.

**b.** Les niveaux de bruit normalisés L et suivants pour une durée de réverbération normalisée de 0.8 s, transmis par les autres catégories d'équipements, assurent des conditions d'audition satisfaisantes s'ils ne dépassent pas :

## BRUITS EN PROVENANCE DE L'EXTÉRIEUR

Les locaux à activités d'enseignement, de réflexion ou de repos situés dans des bâtiments implantés dans les zones d'exposition aux bruits sont protégés de façon satisfaisante lorsque les isolements des parois extérieures respectent les valeurs suivantes :

- bruit autour des aéroports (zone C) : 33 dB pondérés A dans les conditions de bruit définies au paragraphe 21 ;
- bruit des transports terrestres : au minimum 43, 38, 33 et 28 dB pondérés A, dans les conditions déterminées par les autorisations d'utilisation du sol en fonction de la nature et de la typologie des voies de circulation avoisinantes, de la distance des bâtiments par rapport à ces voies et de la hauteur de la construction, pour zones d'exigences respectives de 45, 40, 35 et 30 dB pondérés A.

**N. B.** - Les limites énoncées s'entendent pour des locaux ayant une durée de réverbération de référence de 0.8 s et non de 0.5 s, ce qui justifie la moindre exigence de 2 dB pondéré A, par rapport à ce qui est formulé par l'arrêté du 6 octobre 1978 modifié.

## (II) ACOUSTIQUE

### NIVEAU D'AMBIANCE

Toutes dispositions techniques et architecturales seront prises pour que, dans les locaux scolaires, le niveau d'ambiance et les bruits perturbateurs (bruits résultant des activités normales dans l'établissement, bruits des équipements, bruits extérieurs...) en provenance de sources extérieures au local considéré permettent :

- la compréhension de la parole du professeur dans les locaux d'enseignement et l'attention souhaitable ;
- l'attention et la réflexion souhaitable dans les locaux silencieux ;
- le repos dans les salles de détente.

Les valeurs, définies dans les tableaux suivants, visent à obtenir un niveau de confort minimal.

### ISOLEMENT AU BRUIT AÉRIEN INTÉRIEUR

#### CONDITIONS GÉNÉRALES

Les valeurs d'isolement fixées au titre I, chapitre 2, paragraphe 21 s'entendent toutes parois comprises (cloisons, portes...).

Entre deux techniques permettant des isolements acoustiques comparables, on choisira celle amenant l'inertie thermique la plus faible.

#### CONDITIONS PARTICULIÈRES

Le tableau suivant classe par famille de locaux les valeurs d'isolement fixées au titre I, chapitre 2, paragraphe 21 et les complète pour :

- l'administration et la loge du concierge ;
- l'internat et l'infirmerie ;
- les locaux médicaux et sociaux ;
- le logement de l'infirmière et les logements de fonction.

### NIVEAU DE BRUIT DE CHOC

430

Le niveau normalisé de bruit de choc défini au titre I, chapitre 2, paragraphe 22 pour les locaux d'enseignement peut être étendu à l'ensemble de l'établissement (locaux médicaux et sociaux, administration, loge du concierge, service de bouche, internat...).

## ISOLEMENT AU BRUIT AERIEN INTERIEUR

Famille	Local d'émission	dB (A)	Local de réception
8	Circulation horizontale .....	26	Local d'enseignement, médical, administration. Local d'habitation, de rassemblement. Salle de musique.
1, 3, 4, 8	Local d'enseignement, d'activité et de réflexion, local médical et social, administration, loge concierge - circulation verticale.	38	Idem.
1, 2, 7, 12	Salle de musique, local de rassemblement, local d'habitation, sanitaire.	50	Idem.
5	Cuisine.....	38	Salle polyvalente.
6	Chambre (élèves, maîtres, infirmerie).	38	Chambres (élèves, maîtres, infirmerie).
8	Circulation horizontale .....		
6	Logement d'infirmerie .....	50	
5	Salle polyvalente .....		Infirmerie.
12	Logement de fonction .....	Label acoustique (deux étoiles)	Logement de fonction.

## CORRECTION ACOUSTIQUE

Famille	Locaux	Durée	Remarques
1	Salles d'enseignement, musique, études. Bibliothèque, salle de réunion. Salle d'exercice des écoles maternelles.	$T \leq 1$ s $T \leq 0.8$ s	Mesure faite locaux meublés et inoccupés.
2	Abri, détente .....	$T \leq 1.2$ s	Mesure faite locaux meublés et inoccupés.
3	Administration, loge du concierge, locaux médicaux et sociaux, infirmerie.	$T \leq 1$ s	Mesure faite locaux meublés et inoccupés.
	Salle polyvalente .....	$T \leq 1.2$ s	Mesure faite, salle meublée et inoccupée une correction acoustique basée sur une étude doit être faite.
5	Cuisine .....	$T \leq 1.5$ s	Mesure faite dans les conditions normales d'utilisation. Une correction acoustique adaptée doit être prévue.
6	Foyer d'internat.....	$T \leq 1.5$ s	Mesure faite local meublé et inoccupé.
7	Locaux sanitaires et locaux d'hygiène ....		Pas de prescriptions particulières.
8	Circulations et dégagements attendant aux classes.	$T \leq 1.5$ s	Mesure faite locaux inoccupés.
8	Halls (espaces susceptibles d'être un lieu de stationnement des personnes).		Une correction acoustique doit être impérativement prévue dans les halls.

## CORRECTION ACOUSTIQUE

Le tableau correspondant (page 47) classe par famille de locaux et complète les valeurs de durée de réverbération fixées au titre I, chapitre 2, paragraphe 23.

## BRUITS DES ÉQUIPEMENTS GÉNÉRAUX

Le tableau suivant apporte des précisions au titre I, chapitre 2, paragraphe 24-b pour prendre en compte les phénomènes dus à l'intermittence du fonctionnement de certains équipements.

Niveau de bruit maximum dans :	Équipement fonctionnant en permanence ou en semi-permanence (ventilation, chaufferie, cuisine)	Équipement fonctionnant par intermittence (chasses d'eau, robinetterie, ascenseur)
Locaux réservés au sommeil, bibliothèque, bureaux infirmerie.	35 dB (A)	40 dB (A)
Locaux d'enseignement et de réflexion, salle polyvalente, administration, loge du concierge, foyer.	40 dB (A)	45 dB (A)

Le bruit d'une chaufferie collective ne devra pas, au maximum de sa puissance, dépasser 50dB (A) en façade de tous les locaux scolaires.

## CAS DES ATELIERS INDUSTRIELS BRUYANTS

Le chapitre 2 du titre I fixant les conditions acoustiques à respecter dans les ateliers, et notamment le paragraphe 24-a relatif aux bruits

des équipements, précise les seuils en dessous desquels les usagers peuvent être affectés de troubles auditifs irréversibles.

L'âge des élèves aggrave cette dernière préoccupation et conduit à proposer les recommandations suivantes destinées à aider à la conception et à l'aménagement de ce type de locaux.

### GENERALITES

Pour bien comprendre ce qui se passe dans un atelier bruyant, il faut noter qu'un occupant perçoit un niveau sonore qui est la résultante :

- du bruit créé par la machine ou l'outil personnel et qui est perçu par *ondes directes*, bruit qui peut être légèrement atténué par des corrections d'outillage dont il sera question plus loin;
- de bruits créés par les autres occupants et perçus par *ondes directes*, en raison même de la faible distance entre les postes de travail ;
- de bruits indirects réfléchis par les parois non absorbantes ou insuffisamment absorbantes du local. L'extinction d'un son se faisant dans les ateliers non corrigés au bout de 2 à 3 secondes en général.

Ainsi, le cumul de ces bruits engendre une ambiance difficilement supportable sur le plan physiologique et rapidement traumatisante, et l'on peut déduire que :

- même si un occupant n'effectue pas un travail bruyant il est soumis à une agression sonore importante ;
- un seul occupant effectuant un travail bruyant gêne un atelier.

**Dans ces conditions, le but du traitement acoustique optimal à réaliser sera de permettre à l'occupant ou à un petit groupe travaillant dans la même zone de ne subir que**

**leur propre bruit. Il s'agit là d'un point fondamental, qui devra guider les maîtres d'oeuvre dans leurs recherches.**

#### 462 CONSIDERATIONS GENERALES POUR L'OBTENTION D'UNE AMBIANCE ACOUSTIQUE ACCEPTABLE

##### **a. Bruits émis par la source.**

Le bruit émis par la machine ou l'outil personnel et perçu par onde directe ne peut être supprimé ; on peut cependant en améliorant le plan de travail par ajustements simples modifier les caractéristiques de ce bruit dans un sens favorable. Bien qu'il incombe aux utilisateurs de trouver par tâtonnements ces ajustements, on peut cependant citer :

- l'interposition d'un matériau résilient entre la source et son support ;
- le renforcement de l'inertie du support et de la source, par bourrage de sable, ou de mortier dans les pieds tubulaires ;
- la solidarisation du support et de la source avec un massif lourd lui-même isolé du sol de l'atelier au moyen d'un matériau résilient ou de silent-blocs ;
- le remplacement des tiroirs métalliques par des tiroirs en bois ;
- l'isolement de la machine de son support, par interposition d'un matériau ou système adapté.

##### **b. Bruits perçus par réverbération**

Ces bruits indirects peuvent être atténués, par la mise en place d'absorbants en toiture et en retombées.

Cette correction, qui n'a d'action que sur le bruit réverbéré et non sur le bruit perçu directement, ne devra être employée seule que dans les cas

peu graves où l'abaissement réalisé permettra d'obtenir un niveau sonore inférieur ou égal à 80 dB(A).

Pour les ateliers très bruyants, cette correction ne sera pas suffisante en elle-même.

##### **c. Bruits perçus directement**

Pour atténuer valablement ces bruits, il est nécessaire de "limiter" la transmission des bruits entre les différents postes de travail.

De ce fait, il faut créer des volumes absorbants propres à une ou plusieurs sources de bruits. Ces volumes doivent être aussi limités que possible pour être proches des sources sans néanmoins gêner les occupants, ceci dans le but d'une efficacité maximale.

##### **d. Décomposition en volumes élémentaires**

Afin que les occupants d'un volume élémentaire puissent bénéficier des périodes calmes (pendant lesquelles il n'y a pas création de bruit dans le volume élémentaire considéré) il convient de limiter son importance, qui est fonction de l'effectif à accueillir. En général, il ne faudra pas dépasser 3 ou 4 occupants. Les volumes seront clos sur 3 côtés seulement, pour ne pas gêner la surveillance.

##### **e. Réalisation des volumes élémentaires**

Les volumes élémentaires seront réalisés au moyen d'écrans absorbants, adaptés aux bruits dans les zones considérées. Les matériaux constitutifs seront choisis en fonction des fréquences. Ces écrans doivent s'associer facilement en ligne ou à angle droit sans qu'il soit cependant nécessaire de créer des jonctions absolument étanches. Ils devront être auto-stables. Ils auront une hauteur suffisante pour que, partant du sol, ils s'arrêtent à environ 1.50 m au-dessus de la source.

#### RECOMMANDATIONS PRATIQUES

Dès la conception, il convient de prévoir un certain nombre de dispositions qui, bien que

n'ayant pas d'incidences économiques appréciables, permettront de donner une ambiance acoustique satisfaisante, quelles que soient les activités qui se dérouleront dans ces ateliers.

A cette fin, il faudra combiner les surfaces absorbantes à mettre en place, avec l'isolation thermique indispensable. Les matériaux à adopter, qui permettront de limiter au maximum le temps de réverbération suivant ce qui a été dit précédemment, viseront, sauf rares exceptions, les bruits qui se situent dans les fréquences aiguës et médiums et seront mis en place sur les parois opaques, en toiture et en retombées en évitant cependant les endroits où des dégradations seraient à craindre. Ensuite, suivant les niveaux de bruit prévisibles, l'aménagement de l'atelier sera étudié en fonction des impératifs pédagogiques, pour isoler les zones de travail très bruyantes au moyen d'écrans adaptés. Chaque cas devra être analysé en détail.

En abordant le conditionnement acoustique des ateliers de cette manière, une mutation prévisible de ceux-ci sera autorisée, compte tenu de l'évolution des techniques. Ainsi, avec le minimum d'ajustements intérieurs, ils pourront se prêter à d'autres activités tout en restant satisfaisants sur le plan de l'ambiance acoustique.

Traiter l'ambiance acoustique de l'atelier n'est pas suffisant, car il reste à protéger le voisinage.

Dans ce domaine, certaines précautions élémentaires sont à prendre, dont les principales sont résumées ci-dessous :

- mettre en place des vitrages épais (associés d'une manière étanche aux menuiseries) lorsque des surfaces vitrées sont situées à proximité de locaux silencieux ;
- interposer si possible entre l'atelier et les locaux silencieux un couloir qui sera revêtu en plafond et en retombées de matériaux absorbants ;
- il peut être judicieux d'implanter, à l'extérieur de l'atelier, certains équipements bruyants tels que : chauffage, aspiration des fumées, ventilation mécanique, système d'évacuation des copeaux... Il faut toujours s'assurer au préalable que ce choix ne devienne pas une source de nuisances pour l'environnement.
- prévoir une bonne isolation acoustique avec les locaux bruyants voisins (isolation minimum de 38 dB (A) dans les fréquences moyennes ;
- adapter des dispositions permettant d'éviter la diffusion intérieure des bruits (ouvertures, calfeutrement...);
- aménager les issues, lorsqu'elles commandent des locaux où se déroulent des activités silencieuses, pour constituer des sas qui seront revêtus de matériaux absorbants ;