



SERVICE DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE
ET DU SPORT

Recommandations en matière d'acoustique des salles de gymnastique



Ch. de Maillefer 35, 1014 Lausanne - 021/316.39.39 – 1991

Sommaire

1. Portée	Page 1
2. Introduction	Page 1
3. Protection contre le bruit extérieur	Page 3
4. Protection contre le bruit intérieur	Page 5
5. La salle de gymnastique source de bruits extérieur et intérieur	Page 5
6. Acoustique interne	Page 6
- Exemple de tableau de calcul	Page 9
7. Correction acoustique	Page 10

Ce document a été réalisé par le
Professeur Mario Rossi
LEMA – DE – EPFL

en collaboration avec le
Service de l'éducation physique et du sport

1. Portée

Le présent fascicule fait suite aux "Directives et recommandations" relatives aux installations sportives; il en est le complément technique en matière d'acoustique et s'adresse avant tout aux architectes.

Les indications qui y figurent sont à considérer comme des suggestions destinées à la résolution des problèmes posés par l'acoustique.

2. Introduction

Les problèmes d'acoustique des salles de gymnastique sont de deux ordres :

- la protection contre le bruit
- l'acoustique interne

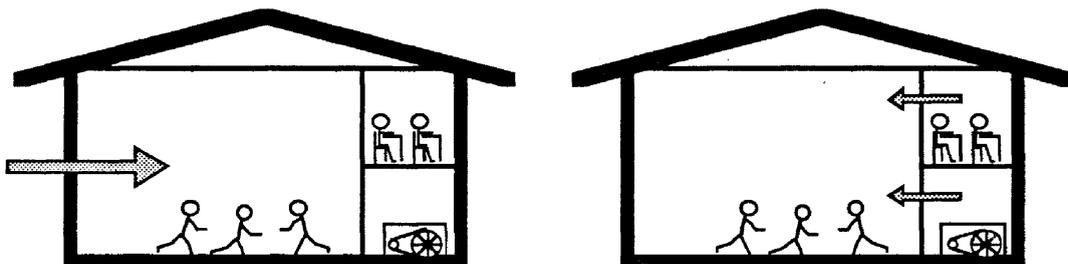
La protection contre le bruit comprend trois volets fondamentaux selon l'origine des bruits relativement au bâtiment à protéger :

- la protection contre les bruits extérieurs, c'est-à-dire dont l'origine ou la source sont à l'extérieur du bâtiment et en traversent l'enveloppe; par exemple le bruit du trafic routier, les dispositions de protection concernent les éléments de l'enveloppe, façades, fenêtres, etc.
- la protection contre les bruits intérieurs, c'est-à-dire dont l'origine ou la source sont dans le bâtiment considéré et traversent les éléments de construction intérieurs, parois, planchers, portes, etc; par exemple, bruits en provenance de vestiaires, des couloirs, etc.
- la protection contre les bruits des installations techniques des immeubles, c'est-à-dire des équipements tels que chauffage, ventilation, équipements sanitaires, etc.; en fait ce sont des bruits intérieurs puisque leur origine est dans le bâtiment à protéger.

Une salle de gymnastique est aussi une source de bruits (voix, cris, coups de sifflet, pas, chocs de ballon ou d'engins, etc). Pour les locaux voisins (salle de classe, salle de travaux manuels, etc.), elle est source de bruits intérieurs. Pour le voisinage (immeubles locatifs, villas, etc.), elle est source de bruits extérieurs.

L'acoustique interne concerne les phénomènes acoustiques dans la salle de gymnastique elle-même. Le plus important est réverbération, phénomène de prolongation de la durée des sons. La réverbération a comme effet d'augmenter le bruit : au son direct de la source de bruit, (c'est-à-dire arrivant en un point donné par un chemin en ligne droite sans réflexion), se superpose un champ réverbéré, somme de toutes les réflexions sur les parois, sol et plafond. Dès une certaine distance à la source, le son réverbéré est plus intense que le son direct. Par ailleurs, si la réverbération est trop grande, la parole devient inintelligible (sommairement, on peut dire que les voyelles masquent les consonnes, lesquelles ne sont plus comprises). Il faut donc impérativement maîtriser la réverbération et veiller à lui donner des valeurs appropriées aux utilisations d'une salle. Les autres phénomènes sont les échos (fortes réflexions du son survenant avec des retards plus grands qu'un quinzième de seconde) et les échos flottants, réflexions multiples, par exemple entre deux parois parallèles, perçus comme des vrillements.

Les pictogrammes de la page ci-contre récapitulent les différents problèmes d'acoustique des salles de gymnastique.



Protection contre le bruit

extérieur (chapitre 3)

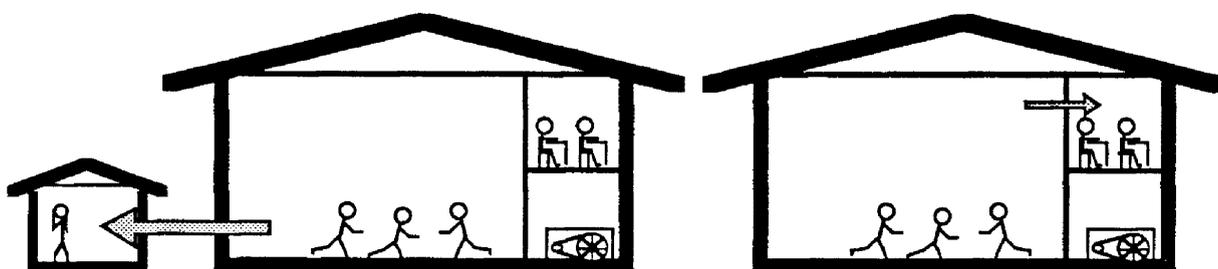
Exemples :

- trafic routier
- trafic ferroviaire
- trafic aérien
- parking
- usine, fabrique
- complexe, industriel, dépôts
- stand de tir
- etc.

intérieur (chapitre 4)

Exemples :

- couloirs
- cage d'escaliers
- vestiaires
- douches
- sanitaires
- locaux techniques
- travaux manuels
- etc.

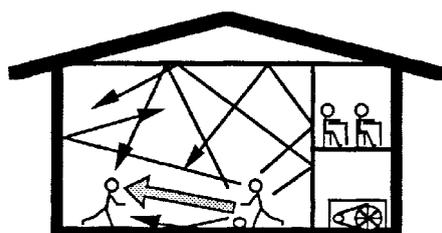


Salle de gymnastique source de bruit

Extérieur

(Chapitre 5)

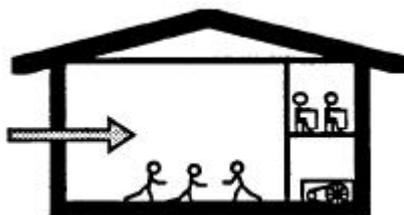
intérieur



Acoustique interne d'une salle de gymnastique

(Chapitre 6)

3. Protection contre le bruit extérieur



En raison des nécessités d'un éclairage naturel, les parois, des salles de gymnastique peuvent devoir présenter une grande proportion de surfaces vitrées. Or les vitrages offrent des performances d'isolement contre le bruit extérieur nettement moindres que celles des parties pleines (c'est-à-dire maçonnerie, béton, etc.). Il est donc très important de considérer la protection contre le bruit déjà au niveau de l'avant-projet et même dans le choix du site et l'implantation générale du (ou des) bâtiment(s) concerné(s), car c'est de l'exposition au bruit extérieur que découlent les performances requise. Consulter à cet égard la norme SIA-181, alinéa A1.2.1.

L'exposition au bruit extérieur est objectivée par un niveau d'évaluation L_r , exprimé en dB (A), à déterminer en fonction du type de bruit extérieur (trafic routier, trafic ferroviaire, bruits de l'industrie et des arts et métiers, etc) à partir de mesures et de calculs selon l'OPB. Globalement, la norme SIA-181 définit un degré de nuisance du bruit extérieur, de faible à très élevé, selon la valeur du niveau d'évaluation.

Les performances d'isolement requises dépendent aussi de la sensibilité au bruit du local à protéger: faible, moyenne et élevée. Pour une utilisation en salle de gymnastique seulement, on peut admettre une sensibilité faible ou moyenne. Pour une utilisation polyvalente (manifestations sportives et culturelles), il faut prévoir une sensibilité moyenne ou élevée.

A partir du degré du nuisance du bruit extérieur et de la sensibilité au bruit, la norme SIA-181 indique les performances de protection requises par la valeur de l'isolation acoustique normalisée pondérée $D_{nT,w}$ en décibels (dB). En fait, il y a une valeur d'exigences minimales (obligatoires) et une d'accrues (facultatives), plus sévères de 5 dB.

Exemple 1 :

- | | |
|---|----------------------------------|
| - degré de nuisance du bruit extérieur: | modéré (L_r de 60 à 65 dB(A)) |
| - sensibilité au bruit: | moyenne |
| - exigences minimales: | $D_{nT,w} = 35$ dB |

Exemple 2 :

- | | |
|---|---------------------------------|
| - degré de nuisance du bruit extérieur: | élevé (L_r de 65 à 70 dB(A)) |
| - sensibilité au bruit: | moyenne |
| - exigences accrues: | $D_{nT,w} = 45$ dB |

A partir de la valeur exigée de $D_{nT,w}$, il faut calculer l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré résultant $R'_{w,res}$ des parois extérieures. Un tel indice caractérise par une seule valeur le pouvoir d'isolement résultant d'une paroi extérieure en tant qu'élément combiné, c'est-à-dire associant dans des proportions données des éléments de construction de pouvoirs d'isolement différents, ainsi un élément lourd et un vitrage. Dans le calcul de $R'_{w,res}$ interviennent le volume de la salle et les surfaces des parois extérieures.

Exemple :

- exigences minimales	$D_{nT,w} = 35$ dB
- volume de la salle:	3800 m ³
- surface paroi considérée*	325 m ²
- $R'_{w,res}$	36 dB

* on suppose ici que seule cette paroi est soumise à du bruit extérieur d'une origine donnée. Cela fait, ayant par ailleurs choisi la partie pleine, il faut déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R'_w des vitrages.

Exemple:

- $R'_{w,res}$ exigé	36 dB
- R'_w de la partie pleine	53 dB
- surface de la partie pleine	120 m ²
- surface en vitrages	215 m ²
- R'_w des vitrages	34 dB

Le problème peut aussi se poser comme suit: ayant choisi la partie pleine et les fenêtres (caractérisées par leur indice R'_w), déterminer le rapport de leur surface tel que l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré résultant $R'_{w,res}$ ait la valeur exigée.

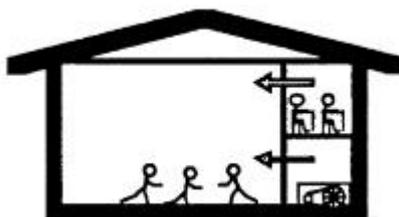
Exemple:

- $R'_{w,res}$ exigé	36 dB
- R'_w de la partie pleine	57 dB
- R'_w des vitrages	33 dB
- rapport surface pleine/ surface fenêtres	$1/1$

Les fenêtres doivent par ailleurs aussi satisfaire aux exigences de l'OPB selon son annexe 1 (R'_w en fonction du niveau d'évaluation au bruit).

Les dispositions de protection contre le bruit extérieur n'ont plein effet que si les fenêtres sont fermées. Cela ne doit pas cependant exclure leur ouverture pour une ventilation naturelle. Dans les situations de bruit très élevées, il faudrait prévoir une ventilation suffisante de la salle par une installation bien dimensionnée, de manière à ce qu'à la saison chaude, l'ouverture des fenêtres ne soit pas nécessaire en permanence.

4. Protection contre le bruit intérieur

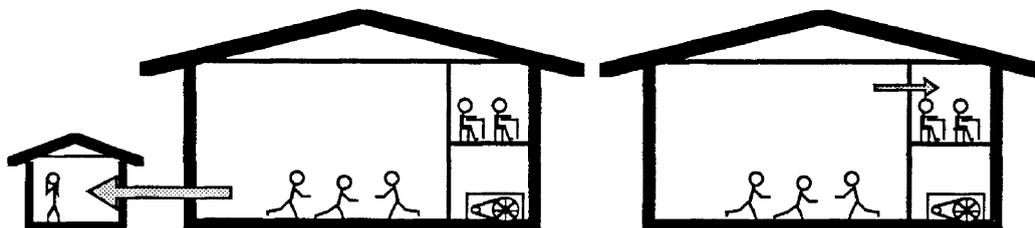


Là aussi, la norme SIA précise d'une part les démarches nécessaires au choix des éléments de construction et des dispositions de protection, et d'autre part des valeurs limites des bruits.

Les dispositions à prendre contre le bruit à l'intérieur étant différents selon la nature des bruits, il faut distinguer séparément celles contre :

- les sons aériens, par exemple cris et éclats de voix en provenance des couloirs, cages d'escaliers, vestiaires, etc.
- les bruits de chocs, par exemple bruits de pas, claquements de portes, etc.
- les bruits des installations techniques d'immeuble, par exemple chauffage et ventilation.

5. La salle de gymnastique source de bruits extérieur et intérieur



Si une salle de gymnastique doit être protégée contre le bruit, il ne faut pas oublier qu'elle est, elle-même, et ses locaux annexes, une importante source de bruits de degré de nuisance très élevé selon la norme SIA 181 :

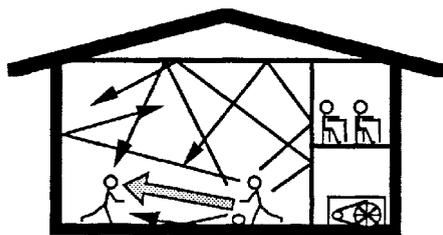
- aériens (voix, cris, musique, sifflets, etc.)
- de chocs (pas, ballons, engins, etc.)
- d'installations (sanitaires, ventilations)

de même que les locaux qui lui sont fonctionnellement attribués (vestiaires, douches, etc.).

Pour les habitations de son voisinage, la salle de gymnastique est une source de bruit extérieur. Il convient donc de prendre des dispositions nécessaires pour ne pas occasionner de bruits excessifs. A cet égard, l'OPB n'indique pas de valeurs limites d'immission, lesquelles doivent être évaluées de cas en cas. Il est conseillé de s'adresser à un acousticien dans de telles situations.

Pour les locaux voisins, la salle de gymnastique est une source de bruit intérieur. Par conséquent il faut prendre toute disposition utile pour les protéger. Leur affectation à des activités de sensibilité au bruit moyenne ou élevée est déconseillée. En particulier, il faudrait éviter tout logement contigu.

6. Acoustique interne



La réverbération, phénomène de prolongation des sons que l'on constate dans un local fermé, est objectivée par un temps de réverbération, noté T et exprimé en seconde, qui est par définition le temps nécessaire pour que le niveau de pression acoustique décroisse de 60 décibels après l'arrêt de la source de son. La réverbération dépend de la fréquence du son et il est donc nécessaire d'indiquer les valeurs du temps de réverbération aux différentes fréquences, habituellement en échelle d'octave (doublement de fréquence).

Dans une salle de gymnastique, une trop grande réverbération est néfaste car d'une part, elle pénalise la compréhension ou intelligibilité de la parole et d'autre part, elle augmente le bruit dans la salle, quelle qu'en soit l'origine (c'est-à-dire, bruit extérieur, intérieur ou des activités dans la salle même), par une contribution de champ acoustique dit réverbéré. Il faut donc prendre les dispositions utiles de manière à ce que le temps de réverbération n'excède pas certaines limites, en l'occurrence celles indiquées dans les "Directives et recommandations".

L'utilisation polyvalente d'une salle de gymnastique, c'est-à-dire pour des activités autres que sportives, soit manifestations culturelles et sociales, requiert aussi l'adéquation du temps de réverbération, mais cette fois en présence du public, et dont les valeurs appropriées doivent être déterminées séparément. En vue de la comptabilité des utilisations, les valeurs planifiées des temps de réverbération seront soumises au Service de l'éducation physique et du sport. Il est conseillé de s'adresser à un acousticien dans ces situations.

Le temps de réverbération dépend :

- du volume de la salle
- de la nature plus ou moins absorbante des parois, sol et plafond
- du public présent dans la salle

En pratique, la formule de Sabine permet de calculer le temps de réverbération d'une salle:

$$T = 0,163 V / A$$

Où V est le volume de la salle en m³

et A, l'aire d'absorption équivalente en m², objectivant l'effet de toutes les causes d'absorption du son dans la salle.

L'aire A se trouve en sommant les contributions de tous les matériaux de construction constituant les frontières physiques de la salle, parois ou revêtements de paroi, sol, plafond, et la contribution du public. Chaque matériau est caractérisé par un coefficient d'absorption a et sa contribution A_m à l'aire d'absorption équivalente A est égale à :

$$A_m = S a$$

où S est la surface du matériau en m².

Comme le coefficient d'absorption d'un matériau donné de la fréquence, et cela de manière très différente non seulement selon la nature du matériau mais aussi selon sa mise en œuvre, sa contribution en dépend aussi et donc les calculs doivent être effectués en fonction de la fréquence. La difficulté de réaliser des matériaux ou dispositifs acoustiques ayant des valeurs de α élevées aux basses fréquences, explique que les valeurs maximales du temps de réverbération T sont plus grandes, tenant compte par ailleurs de la moindre sensibilité de l'oreille dans ce domaine.

En principe, les coefficients d'absorption sont indiqués par les fournisseurs de matériaux et dispositifs acoustiques. Il est absolument indispensable de bien se documenter sur ceux que l'on prévoit d'utiliser et d'exiger les valeurs des coefficients d'absorption mesurés dans des conditions d'essai correspondant à l'utilisation prévue. En particulier, pour les panneaux acoustiques suspendus en faux plafond ou montés contre les parois, l'espace d'air entre panneaux et dalle ou paroi doit être spécifié, car jouant un rôle déterminant pour l'absorption aux fréquences basses. Les tapis et moquettes, comme toutes les couches poreuses appliquées directement contre un élément dur (béton, maçonnerie), ne présentent une absorption notable qu'aux fréquences élevées et ne servent à rien aux basses.

L'absorption du public se calcule à partir de l'aire d'absorption par personne. En fait pour les salles de gymnastiques en utilisation sportive le nombre de personnes présentes est trop faible pour que l'absorption résultante soit significative. C'est pourquoi on n'en tient pas compte et les temps de réverbération sont spécifiés à l'état non occupé.

Pour l'utilisation polyvalente d'une salle de gymnastique, par exemple concerts, conférences, manifestations des sociétés locales, le temps de réverbération salle occupée dépend de l'affluence surtout aux fréquences moyennes et élevées, et s'agit d'en tenir compte.

La formule de Sabine donnée plus haut, permet aussi de trouver l'aire d'absorption nécessaire pour obtenir un temps de réverbération imposé:

$$A = 0,163 V / T$$

On remarque la proportionnalité avec le volume V . Pour respecter une valeur maximale du temps de réverbération, il faut donc apporter une absorption proportionnelle au volume. C'est là que réside une des difficultés pour les salles de gymnastique. En effet leur volume est fixé par des considérations et critères autres qu'acoustiques (dimensions normalisées) et la tendance générale est d'augmenter ce volume. Comme les surfaces disponibles augmentent moins vite que ce dernier, le recours à des matériaux et dispositifs acoustiques plus performants s'impose. Il est conseillé d'éviter tout volume supplémentaire, c'est-à-dire non prescrit par les exigences des activités sportives, et de fermer par des parois mobiles les volumes non utilisés en gymnastique (par exemple, scène des salles polyvalentes). La subdivision d'une salle en salles partielles n'a de sens, au point de vue du volume acoustique, que si la séparation est assurée par une paroi présentant un indice d'isolement contre les sons aériens suffisant. Une séparation souple, par exemple un rideau, n'est pas significative à cet égard. Autrement dit la subdivision d'une salle ne garantit pas nécessairement une réverbération plus basse dans les salles partielles.

Compte tenu des surfaces en vitrage nécessaires pour l'éclairage naturel et des exigences sur les parois intérieures (lisses, sans aspérité, résistance mécanique suffisante, etc.), les possibilités de traitement acoustique sont limitées et méritent donc un examen approfondi dès le début du projet. En particulier, la proportion des parties pleines et vitrées doit résulter de considérations non seulement d'éclairagisme et d'esthétique, mais aussi d'acoustique, tant au point de vue de la protection contre le bruit extérieur, comme expliqué en 3, que de la réverbération.

De manière générale, il faut prévoir:

- un faux plafond suspendu de panneaux acoustiques; éventuellement des panneaux suffisamment poreux (par exemple, laine de bois et liant) assez épais et très rigides contre la dalle de plafond peuvent suffire; ou encore un lattis ajouré avec une couche poreuse au dessus; l'ensemble du plafond est à traiter.
- le traitement des parois latérales sur toutes leurs surfaces non vitrées, par exemple, des petits côtés des salles simples sur toute leur hauteur, par des panneaux dits résonateurs, des panneaux de bois ou encore, ce qui est une des meilleures solutions, par un lattis vertical (lames de 60 à 100 mm) ajouré (section libre de 10 à 15 %) devant une couche poreuse (panneaux de laine minérale); il existe aussi des briques perforées spéciales présentant de bonnes caractéristiques d'absorption; il faut cependant éviter des matières abrasives, au moins dans les parties inférieures des parois.
- le recours à un revêtement de sol sportif sur plancher flottant (espace d'air entre dalle et faux plancher, avec une éventuelle isolation minérale) lorsque l'absorption aux fréquences basses n'est pas suffisante par les dispositions précédentes; un bon revêtement élastique sur le plancher en réduit très fortement les bruits de chocs (pas, ballons).

Enfin il est conseillé d répartir le traitement acoustique sur toutes les parois, de manière à éviter des phénomènes d'échos. En effet de par leur forme rectangulaire, les salles de gymnastique peuvent présenter des échos, voire des échos flottants (réflexions multiples entre deux parois parallèles) très désagréables.

Le tableau de la page 9 donne un exemple de calcul de temps de réverbération. A partir du volume planifié de la salle et du temps de réverbération planifié (ici, 1,5 sec. à toutes fréquences), on détermine les valeurs nécessaires de l'aire d'absorption planifiée. Puis l'on définit les revêtements des différentes surfaces absorbantes, avec les valeurs de leurs coefficients d'absorption α en fonction de la fréquence (données des fournisseurs ou des laboratoires d'essais). Cela permet le calcul, colonne par colonne, donc fréquence par fréquence, de l'aire d'absorption puis du temps de réverbération. En quelques itérations, on est conduit au choix définitif des matériaux et revêtements. Pour guider ces itérations, il pratique de calculer la contribution de chaque élément à l'air d'absorption planifiée en %, et cela à chaque fréquence, comme illustré dans le tableau. La seule difficulté qui puisse se présenter, est d'atteindre le temps planifié dans le domaine des basses fréquences, les coefficients d'absorption des matériaux y étant peu élevés, ce qui implique de disposer de surfaces assez grandes d'où l'importance d'un traitement approprié du plafond et des petites faces.

Exemple de tableau de calcul

Volume: 3800 m3

Fréquence:
Temps de réverbération planifié:
Aire d'absorption planifié:

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
412.9	412.9	412.9	412.9	412.9	412.9

Aire d'absorption calculée:
Temps de réverbération calculé:

414.2	473.1	459.0	453.9	548.0	413.9
1.5	1.3	1.3	1.4	1.1	1.5

no	Description	m2		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
1	sol sportif faux plancher avec revêtement souple	448.0	a	0.15	0.20	0.15	0.10	0.10	0.05
			A	67.2	89.6	67.2	44.8	44.8	22.4
			%Ap	16.3	21.7	16.3	10.8	10.8	5.4
2	plafond, panneaux résonateurs préfabriqués avec vide et laine minérale	448.0	a	0.45	0.45	0.35	0.40	0.65	0.50
			A	201.6	201.6	156.8	179.2	291.2	224
			%Ap	48.8	48.8	38.0	43.4	70.5	54.2
3	grande face 1, vitrages	168.0	a	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
			A	8.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
			%Ap	2.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
4	grande face 1, panneaux bois	56.0	a	0.35	0.20	0.10	0.05	0.05	0.05
			A	19.6	11.2	5.6	2.8	2.8	2.8
			%Ap	4.7	2.7	1.4	0.7	0.7	0.7
5	grande face 2, vitrages	110.0	a	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
			A	5.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
			%Ap	1.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
6	grande face 2, moquette	110.0	a	0.05	0.05	0.10	0.20	0.40	0.60
			A	5.5	5.5	11.0	22.0	44.0	66.0
			%Ap	1.3	1.3	2.7	5.3	10.7	16.0
7	petites faces 1 & 2, lattis devant laibe minérale 50 mm, avec espace 100 mm	266.0	a	0.4	0.6	0.8	0.75	0.6	0.35
			A	106.4	159.6	212.8	199.5	159.6	93.1
			%Ap	25.8	38.7	51.5	48.3	38.7	22.5

7. Correction acoustique

Par correction acoustique, on désigne les dispositions d'acoustique interne à appliquer dans une salle déjà réalisée et qui présenterait une réverbération excessive, en vue de diminuer celle-ci de manière à respecter des valeurs limites des temps de réverbération.

Dans tous les cas, il est recommandé de faire appel à un acousticien. Ce dernier est à même de mesurer les temps de réverbération en fonction de la fréquence dans la salle en l'état, ce qui permet de calculer l'aire d'absorption manquante.

A partir de ces données et en collaboration avec l'architecte, peuvent être définies les surfaces se prêtant à un traitement acoustique et la nature de celui-ci. Il n'y a pas de règle générale: chaque cas est particulier et doit être étudié spécifiquement.

Il faut insister sur le fait qu'il n'est pas toujours possible d'apporter toute l'absorption manquante, surtout aux fréquences basses. Fréquemment, il n'y a tout simplement pas assez, voire pas du tout, de surfaces disponibles. Par exemples, lorsque la salle comporte beaucoup de vitrages, qu'il est évidemment exclu de masquer. Ou bien encore, lorsque la hauteur disponible ne permet pas la pose d'un faux plafond avec un espace suffisant à la dalle.

Lorsque la correction est techniquement possible, son coût peut être élevé, car elle peut impliquer des matériaux acoustiques spéciaux très performants. Par ailleurs, elle doit s'intégrer au concept architectural de la salle.

Ces observations démontrent l'importance d'intégrer le problème de l'acoustique dès le début de la planification.