

VADE-MECUM DU BRUIT DANS LES ÉCOLES

Combattre le bruit dans les écoles, pourquoi et comment ?



Janvier 2014

Plus d'infos
www.bruxellesenvironnement.be

02 775 75 75

BRUIT



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT



VADE-MECUM DU BRUIT DANS LES ÉCOLES

Combattre le bruit dans les écoles, pourquoi et comment ?

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1. COMBATTRE LE BRUIT DANS LES ÉCOLES, POURQUOI ?	4
1.1. L'école, un lieu d'apprentissage	4
1.2. Les sources de bruits	4
1.3. Des niveaux sonores trop élevés	5
1.4. Un objectif de santé publique	6
1.4.1. Les effets sur les enfants	6
1.4.2. Les effets sur les enseignants	7
1.4.3. Une préoccupation internationale	7
1.5. Une bonne intelligibilité du message	8
1.5.1. Ambiance sonore	8
1.5.2. Temps de réverbération	9
CHAPITRE 2. SITUATION EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE	10
2.1. Enjeux	10
2.1.1. Le défi de la croissance démographique	10
2.1.2. Une priorité régionale	10
2.2. Etat des lieux	11
2.2.1. Trop de bruit	11
2.2.2. Problèmes rencontrés et diagnostic	13
2.2.3. Cas pratiques	15
2.3. Perspectives	15
2.3.1. Les futures écoles en Région bruxelloise	15
2.3.2. Des bâtiments exemplaires	16
CHAPITRE 3. RECOMMANDATIONS POUR LES BATIMENTS SCOLAIRES	18
3.1. Principes généraux	18
3.1.1. Réduire le bruit à la source	18
3.1.2. Éviter la propagation du son	18
3.1.3. Choisir les matériaux adéquats	21
3.1.4. En résumé	22
3.2. Les nouveaux bâtiments	22
3.2.1. Choisir le site d'implantation	22
3.2.2. Adapter le plan masse aux sources de bruit	23
3.2.3. Organiser le plan et le volume des locaux	23
3.2.4. Faire référence à la norme	24
3.2.5. Anticiper pour réduire les coûts	24
3.3. Les bâtiments existants	24
3.3.1. Déterminer le type de bruit à supprimer	24
3.3.2. Combiner isolation acoustique et thermique	25
3.4. Derniers conseils	25
3.4.1. Intégrer tous les critères de confort	25
3.4.2. Choisir des matériaux performants	25
3.4.3. Faire appel à des spécialistes	26



CHAPITRE 4. EXEMPLES TYPES	27
4.1. Fiche-conseil 1 : A chaque local, une solution	27
4.2. Fiche-conseil 2 : Réfectoire, salle de sports ou polyvalente, préau fermé.....	29
4.3. Fiche-conseil 3 : Salle de classe	32
4.4. Fiche-conseil 4 : éléments de Façades.....	35
4.5. Fiche-conseil 5 : Locaux superposés	37
4.6. Fiche-conseil 6 : espaces de circulation et locaux techniques	41
REFERENCES	43
1. Bruxelles Environnement	43
2. Autres	44



CHAPITRE 1. COMBATTRE LE BRUIT DANS LES ÉCOLES, POURQUOI ?

1.1. L'ÉCOLE, UN LIEU D'APPRENTISSAGE

A tous les âges, l'école est un lieu où les échanges oraux font partie intégrante de la formation. L'école maternelle permet aux petits de faire leurs premiers pas vers la socialisation. A l'école primaire, les enfants découvrent les dictées, les travaux collectifs et les repas à la cantine. L'école devient un lieu où les amitiés se créent et où les élèves développent leur soif de savoir. L'école secondaire, avec ses débats, ses cours de langues, ses disciplines littéraires, scientifiques, techniques ou sportives, forme le sens critique et initie les élèves dans des domaines variés. Elle aide les jeunes adultes à faire leurs premiers choix professionnels.

Dès le plus jeune âge, l'écoute, la communication et la compréhension sont donc primordiales pour le bon développement des enfants et l'école en est le lieu clé. Bien que l'ensemble des activités scolaires requièrent des locaux adaptés et équipés en fonction du type de cours (sport, musique, atelier...), ceux-ci sont souvent mal dimensionnés et dépourvus de matériaux qui prennent en compte la dimension acoustique. La réverbération du bruit dans les classes, les cris dans les couloirs, les bruits de chaises provenant de l'étage supérieur, le bruit de trafic, les couverts du réfectoire ou la ventilation du local sont autant de sollicitations inutiles pour les oreilles.

En conséquence, le niveau de bruit dans les établissements scolaires est, dans la plupart des cas, trop élevé, ce qui peut entraîner, à terme, des retards dans l'acquisition de la langue, des troubles du langage écrit ou parlé et des effets négatifs sur le comportement social.

1.2. LES SOURCES DE BRUITS



Figure 1 : Les différentes sources de bruits extérieures et intérieures rencontrées aux alentours des (dans les) bâtiments scolaires.

Les sources de bruits dans les écoles sont multiples. Elles peuvent être extérieures à l'école (trafic routier, ferroviaire, aérien, activités industrielles) ou inhérentes à l'activité scolaire (entrées et sorties de classes, sonneries). Elles peuvent être également provoquées par la conception et l'architecture du bâtiment (mauvais aménagement des locaux, matériaux et volumétrie favorisant la réverbération, mauvais choix des éléments de



façade...) ou encore par les comportements des occupants du local (bavardages inutiles, chute de matériel scolaire, bruit des chaises) (voir fig.1).

Une distinction doit être faite entre les bruits aériens et les bruits d'impact : le bruit aérien prend naissance dans l'air et s'y propage (voix, musique, trafic, avion), le bruit d'impact est un bruit émis par une paroi mise en vibration sous l'action d'un choc direct (pas, chute ou déplacement d'objets, vibrations occasionnées par des machines...).

1.3. DES NIVEAUX SONORES TROP ÉLEVÉS

Les nuisances sonores à l'école constituent un réel problème subi par l'ensemble de la communauté scolaire. Une campagne de mesures menée en France en 2009 a montré qu'un élève sur deux et qu'un membre du personnel sur trois sont soumis, au cours de leur journée au lycée, à une exposition individuelle (aussi appelée dose de bruit) supérieure à 80 dB(A)¹! Dans ces conditions, il est difficile d'imaginer comment les professeurs peuvent donner leurs leçons sans crier ou comment les élèves digèrent leurs repas de midi dans un tel brouhaha.

La figure ci-dessous représente les expositions au bruit des élèves durant une journée à l'école. Les élèves sont soumis à des intensités de bruit variables selon les activités suivies (cours, récréation, cantine...).

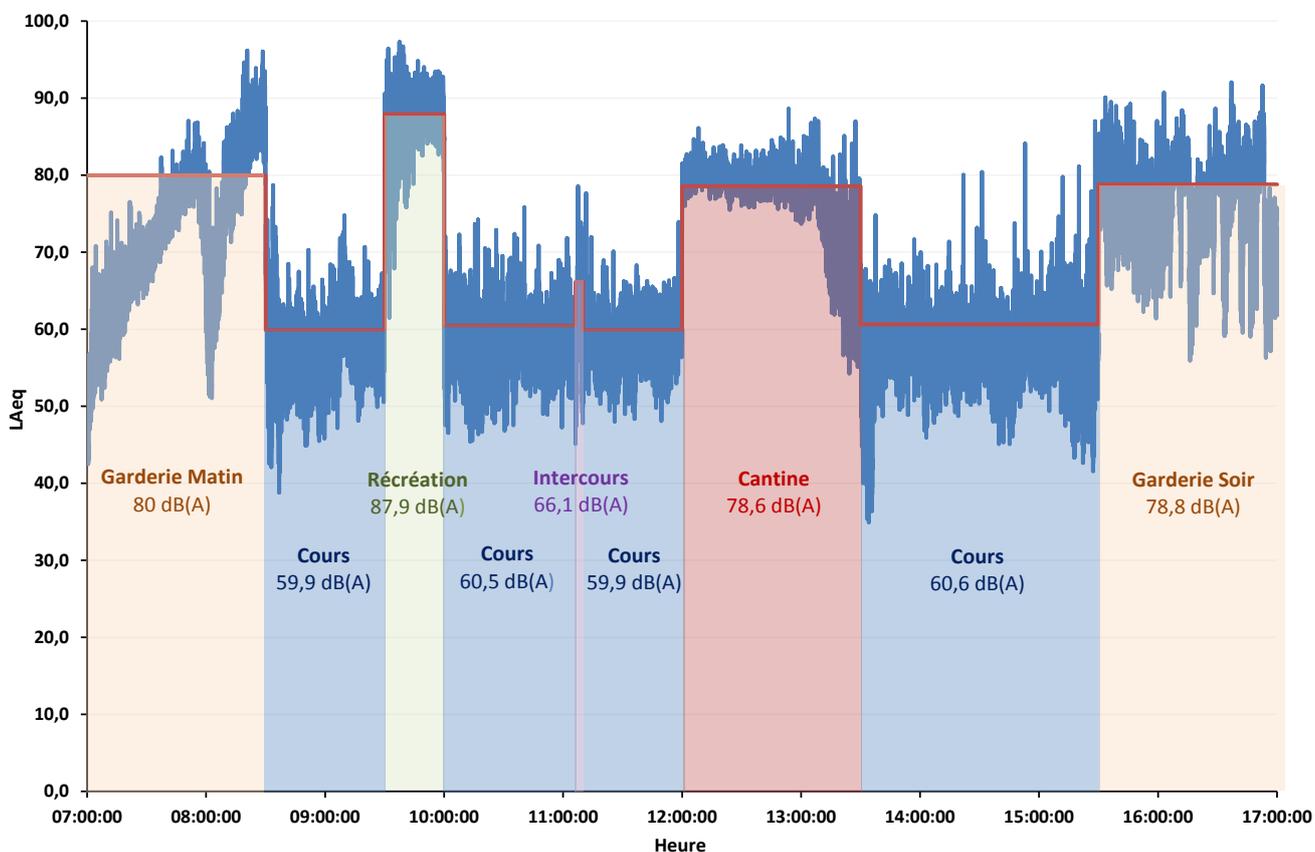


Figure 2 : Mesures des niveaux de bruit auxquels les élèves sont soumis au cours d'une journée à l'école primaire (moyenne sur plusieurs écoles primaires bruxelloises). Remarque : la récréation se déroulait dans un préau fermé, configuration propice à des niveaux de bruit élevés (Source : Bruxelles Environnement, Département Bruit).

A cela s'ajoute encore, pour certains enfants et adolescents, une utilisation intensive du baladeur ou/et la pratique et l'usage de la musique (concerts, fêtes, instruments...) à des niveaux sonores souvent excessifs, ce qui a pour effet une surexposition au bruit.

¹ BRUITPARIF, Campagne de sensibilisation et de mesure de bruit au sein de 20 lycées de la Région Ile-de-France, 2009, présentation Power Point - 25 diapositives.



Le danger de l'exposition au bruit dépend du niveau sonore et de la durée d'exposition. En dépassant régulièrement la dose de bruit tolérable, les écoliers et enseignants usent progressivement leurs oreilles. A chaque niveau sonore correspond une durée maximale hebdomadaire d'exposition tolérable².

Le saviez-vous ?

Un niveau sonore de 80 dB(A) (niveau mesuré dans certaines écoles) est comparable à celui rencontré dans une menuiserie ou à proximité d'un axe à circulation automobile intense. Une exposition à un tel niveau, même pendant une heure, nécessite plus d'une demi-heure de récupération !

1.4. UN OBJECTIF DE SANTÉ PUBLIQUE

Chacun a déjà connu des pertes d'acuité auditive temporaire suite à un bruit intense ou a perçu des sifflements internes dans l'oreille après une exposition prolongée à des bruits importants. La répétition de tels phénomènes peut entraîner des dommages irréparables dans l'oreille dès le plus jeune âge. Mais ce n'est pas tout !

1.4.1. Les effets sur les enfants

Le bruit est une information parasite inutile que le cerveau doit traiter et filtrer pour laisser la place à l'information utile. En plus des effets sur l'audition (destruction des organes de réception de l'oreille interne), le bruit a des effets néfastes sur la fatigue et le stress, ce qui induit, en outre, une baisse de la capacité à exécuter des tâches cognitives (apprentissage, tâches complexes, résolution de problèmes), une baisse de la capacité de concentration (augmentation du nombre d'erreurs, diminution de la vitesse de travail), des troubles du comportement (agressivité, hyperactivité) et une augmentation de la distraction (voir fig.3).

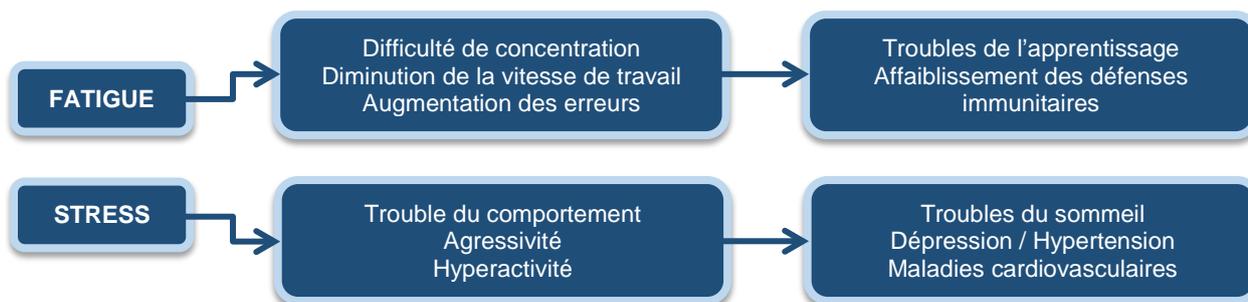


Figure 3 : La fatigue et le stress ont des impacts néfastes sur les élèves (concentration, comportement...) qui peuvent mener à des troubles de l'apprentissage, du sommeil ou de la santé.

Le saviez-vous ?

L'organisme interprète le bruit comme un signal de danger, ce qui provoque un déséquilibre : le cœur bat plus vite, la tension augmente, la digestion est ralentie, le stress est plus important.

A terme, un niveau moyen sonore élevé peut entraîner un retard dans l'acquisition du langage parlé et écrit³. Selon une étude menée à Bordeaux³, en l'absence d'un savoir de référence, les enfants ne comprennent pas une phrase de 27 mots (longueur standard) dès que 5 mots sont mal ou non compris. Les effets néfastes sur l'apprentissage de la lecture - essentielle dans tout développement intellectuel - ou sur celui des langues étrangères sont évidents.

La diminution des nuisances sonores dans les écoles est donc une priorité. L'enjeu est de permettre des échanges plus riches entre les élèves, une plus grande efficacité des travaux d'équipes, une meilleure concentration, une amélioration de la qualité de l'écoute et surtout, une préservation de leur santé. L'augmentation du niveau sonore ambiant dans les écoles fatigue les élèves. Cette donnée, au vu de son

² Ainsi, il est donc recommandé de ne pas s'exposer à plus de :

- 12 secondes au bruit proche d'un avion qui décolle - 120 dB(A);
- 2 minutes à la sonorisation limitrophe d'un groupe de rock - 110 dB(A);
- 20 minutes au bruit entendu sur un chantier de construction - 100 dB(A);
- 3 heures à la sonorisation perçue lors d'une soirée dansante - 90 dB(A);
- 8 heures au bruit du trafic routier - 85 dB(A).

³ Dr Billeau, Service de santé publique de la mairie de Bordeaux, communication personnelle (dans OMS, « Le bruit à l'école », brochure à destination des collectivités locales, 2001).



impact sur la santé et sur les aptitudes d'apprentissage, demande à être prise en considération de façon rigoureuse et concertée.

1.4.2. Les effets sur les enseignants

Dans une salle de classe bruyante, les élèves ont des difficultés à comprendre leur professeur, et inversement. La concentration s'affaiblit et les chaînes de la communication se brisent. Un haut niveau de bruits perturbateurs altère la performance de l'enseignement et peut générer, à terme, des problèmes de santé chez les enseignants.

La voix est un instrument indispensable dans l'enseignement vu qu'une importante partie de la matière est transmise oralement. Outre le stress et la fatigue, celle-ci est particulièrement sensible au bruit. En effet, avec une mauvaise acoustique dans le local ou lorsqu'il y a trop de bruit, le professeur élève le ton pour rester entendu. Si ce phénomène se répète, il risque d'abîmer sa voix, et malheureusement parfois de façon définitive.

Le saviez-vous ?

Les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale⁴. Plus de la moitié des professeurs ont des problèmes de voix et un tiers arrête temporairement de travailler pour se soigner. Les coûts pour les soins donnés aux enseignants seuls (troubles vocaux) sont estimés aux États-Unis à 2,5 milliards de dollars chaque année⁵ !

1.4.3. Une préoccupation internationale

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a déterminé des valeurs guides spécifiques au milieu scolaire⁶ (voir tableau 1). Il est à noter que ces valeurs se rapportent aux sources de bruit de la pièce (ventilation, trafic routier...) et non pas à l'activité inhérente au local (conversation...). Ces valeurs (LA_{eq} en dB(A)) constituent un idéal à atteindre sur le long terme (pour plus de renseignements sur les valeurs guides, voir la fiche bruit n° 37 de Bruxelles Environnement⁷).

Environnement spécifique	Effet critique sur la santé	LA _{eq}	Durée
Salle de classe et maternelle, à l'intérieur	In-intelligibilité de la parole, troubles de l'information, du message et de la communication	35	Pendant la classe
Salle de repos (maternelle), à l'intérieur	Troubles du sommeil	30	Pendant la sieste
Ecole, terrain de jeux, à l'extérieur	Irritabilité (bruit d'origine extérieure à l'école)	55	Pendant le jeu

Tableau 1: Les valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé. (Source : OMS, « Le bruit à l'école », brochure à destination des collectivités locales, 2001).

La Commission européenne est également impliquée. Elle désigne le bruit comme l'un des principaux problèmes d'environnement qui se posent en Europe. Conformément à la directive européenne 2002/49/CE⁸ (relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement) et dans le cadre de la politique communautaire, un niveau élevé de protection de la santé et de l'environnement doit être atteint, et la protection contre le bruit est un des objectifs visés.

Une attention particulière est prêtée aux bruits rencontrés dans les bâtiments ayant des exigences de confort acoustique minimal pour assurer un service de qualité (bâtiments dits « sensibles » : crèches, hôpitaux, écoles). La directive demande, entre autres, d'estimer, par une cartographie stratégique du bruit, le nombre d'habitations, d'écoles et d'hôpitaux d'une zone donnée, exposés à des valeurs spécifiques d'un indicateur de bruit.

Diminuer la nuisance sonore subie par les élèves et les enseignants dans les différents locaux scolaires est donc une mission à dimension européenne. Il est également nécessaire d'établir des méthodes communes d'évaluation du «bruit dans les écoles» et de définir les «valeurs limites» en fonction d'indicateurs harmonisés permettant de déterminer les niveaux de bruit.

⁴ Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), La voix, ses troubles chez les enseignants (une expertise collective de l'Inserm), 2007, 8p.

⁵ Simberg S, Laine A, Sala E, Ronnema AM, Prevalence of voice disorders among future teachers, J Voice, 2000, 14(2) :231-235.

⁶ OMS, « Le bruit à l'école », brochure à destination des collectivités locales, 2001.

⁷ Bruxelles Environnement, Fiche 37. Les valeurs acoustiques et vibratoires utilisées en Région Bruxelloise, 2010, 12p.

⁸ Directive 2002/49/CE du Parlement Européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.



1.5. UNE BONNE INTELLIGIBILITÉ DU MESSAGE

L'intelligibilité d'un message est jugée satisfaisante, lorsque 95% des phrases sont comprises. Pour une bonne intelligibilité du message, deux paramètres jouent un rôle important: l'**ambiance sonore** dans la classe et la **réverbération du son** dans le local (caractérisée par « le temps de réverbération »).

1.5.1. Ambiance sonore

Le **niveau de bruit** d'une conversation entre individus est généralement de l'ordre de 60 à 65 dB(A). Pour que le discours d'un orateur soit distinctement perçu (en tout lieu où peut se trouver un auditeur), son niveau d'élocution doit au minimum surpasser de 10 dB(A) le bruit existant dans la salle. Dans ces conditions, le niveau de bruit dans la pièce doit idéalement rester inférieur à 50 dB(A), afin que l'orateur puisse s'exprimer sans hausser la voix (c.-à-d. avec une intensité avoisinant les 60 dB(A)).

Sur base de ces considérations et de l'expérience pratique, on peut raisonnablement estimer que pour garantir une bonne compréhension du professeur et maintenir l'attention des écoliers, le **bruit ambiant**⁹ (toutes sources de bruit confondues : élèves, professeur, bruits extérieurs...) dans une salle de classe (durant les périodes de cours) devrait idéalement rester inférieur à 65 dB(A). De même, le bruit ambiant dans un réfectoire (durant les repas) devrait rester inférieur à 75 dB(A) de manière à ce que les élèves puissent converser entre eux sans élever excessivement la voix (voir fig. 4).

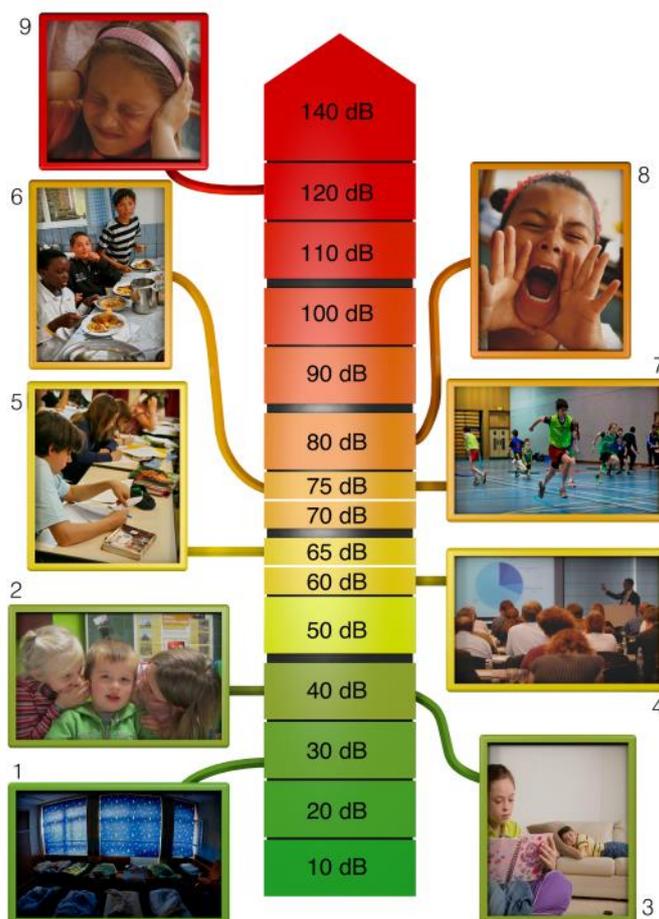


Figure 4 : Niveaux de bruit estimés pour 1. Une salle de repos, 2. La voix chuchotée, 3. Une bibliothèque, 4. Un orateur, 5. Une salle de classe, 6. Un réfectoire, 7. Une salle de sports, 8. La voix criée et 9. Le seuil de la douleur (Source : Bruxelles Environnement, Service Données bruit, 2012).

⁹ Le bruit ambiant, qui est exprimé par l'indicateur L_{Aeq} , équivaut à un niveau acoustique moyen (qui prend en compte le bruit de fond mais aussi les niveaux de pointe), caractéristique de l'ambiance sonore globale et de la gêne acoustique.

Le saviez-vous ?

Pour converser à voix normale à une distance d'un mètre, le niveau du bruit ambiant ne doit pas dépasser 60 dB(A). Quand le niveau sonore atteint 75 dB(A), la conversation reste possible, mais à voix élevée. A 85 dB(A), il est encore possible de communiquer en criant à une distance de 25 cm l'un de l'autre. De quoi se faire mal à la voix !

1.5.2. Temps de réverbération

L'acoustique du local peut avoir une influence considérable sur l'intelligibilité du cours donné par le professeur. Le «confort acoustique» est lié à la sonorité du local considéré et est caractérisé par le **temps de réverbération (Tr)**. Le temps de réverbération d'un local est le temps, exprimé en secondes, nécessaire pour que le niveau de bruit diminue de 60 dB après arrêt d'une source stationnaire.

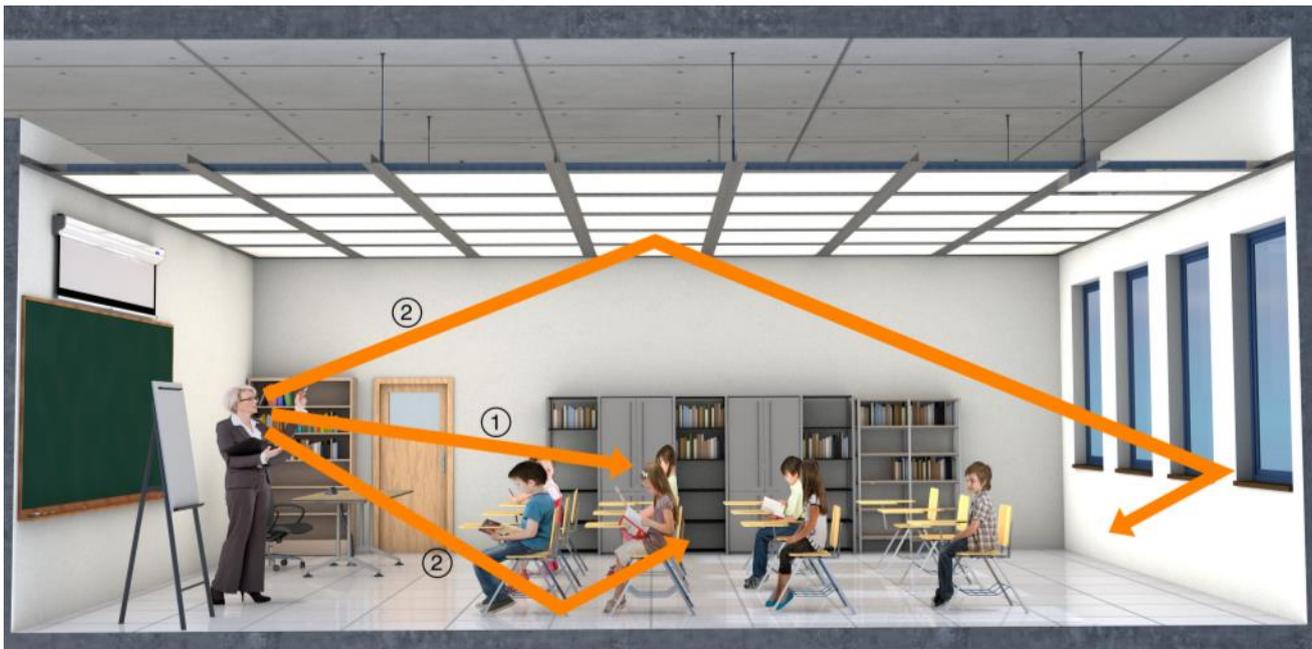


Figure 5 : Lorsque le professeur parle dans une pièce, une partie du son arrive directement aux élèves (1. Son direct). L'autre partie du son est réfléchi dans l'ensemble de la pièce (2. Son réfléchi).

Plus ce temps de réverbération est long, plus on distingue un phénomène d'écho, et plus la salle s'avère bruyante. Le temps de réverbération est fonction du volume de la salle ainsi que des propriétés d'absorption des matériaux utilisés dans le local.



CHAPITRE 2. SITUATION EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE

2.1. ENJEUX

2.1.1. Le défi de la croissance démographique

La Région de Bruxelles-Capitale sera dans les prochaines années confrontée à un essor démographique considérable. Les dernières perspectives font état d'une croissance de 1 à 1,5 % par an, soit une augmentation de 170.000 habitants à l'horizon 2020¹⁰. Les enjeux liés à ce défi démographique dépassent la simple question du logement et suscitent également des besoins en termes de mobilité, d'espaces publics et aussi d'équipements.

Ainsi, Bruxelles va faire face à une demande croissante en écoles, alors que son territoire n'est pas extensible et que les sites favorables à ce type d'équipements (aérés, verdurisés, calmes, accessibles, à proximité des zones d'habitat...) sont de plus en plus rares. Au vu de l'accroissement régulier de la population à Bruxelles, l'Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA) prédit une augmentation de 22 700 élèves entre 2010 et 2015 et de 42 500 entre 2010 et 2020¹¹.

En outre, ces trente dernières années, l'environnement sonore dans les bâtiments scolaires existants s'est également dégradé, notamment en raison de la densification du bâti et de la forte augmentation du trafic mais aussi à cause de l'installation d'équipements techniques (ventilation, conditionnement d'air, pompe à chaleur, chauffage...) toujours plus puissants et potentiellement bruyants.

Au vu d'une telle situation, il est primordial de « bien penser » les écoles, que ce soit du point de vue de la situation géographique, ou de la conception des bâtiments. Malgré des écoles de plus en plus peuplées, une ambiance sonore permettant les échanges entre élèves et professeurs doit être conservée.

2.1.2. Une priorité régionale

Afin de mener une véritable politique intégrée de lutte contre le bruit, la Région de Bruxelles-Capitale a adopté, dès 1997, une législation spécifique : l'ordonnance relative à la lutte contre le bruit en milieu urbain¹². Son but est de concilier le bien-être de la population avec les besoins de mobilité, d'activités économiques et de loisirs que requiert la capitale.

En juin 2000, cette réglementation a donné lieu à l'élaboration d'un premier Plan Bruit. Il visait principalement à dresser une image précise de la situation existante, à mettre au point des instruments de gestion et à tester leur mise en application. En 2009, le Gouvernement bruxellois adoptait un deuxième Plan de Lutte contre le Bruit (couvrant la période 2008-2013) afin de réaffirmer les principes d'actions du plan précédent et de permettre l'ajustement d'un certain nombre de procédures. Ce nouveau Plan Bruit inscrit explicitement la problématique des écoles dans son plan d'actions, notamment dans le cadre des prescriptions 33 et 44¹³.

Enfin, depuis 2006, le service Education à l'Environnement de Bruxelles Environnement mène des actions de sensibilisation auprès des écoles primaires de la Région bruxelloise (cycles 3 à 5 et 5 à 8 ans), grâce à divers supports pédagogiques, comme « Décibelle et Goboucan¹⁴ » et à des projets d'accompagnement comme les « Défis Bruit¹⁵ » qui ont touché une cinquantaine d'écoles à ce jour.

¹⁰ Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse, les cahiers de l'IBSA, n°1, mai 2010

¹¹ Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse, les cahiers de l'IBSA, n°2, juin 2010

¹² Ordonnance du 17 juillet 1997 relative à la lutte contre le bruit en milieu urbain, modifiée par l'ordonnance du 1^{er} avril 2004.

¹³ Plan Bruit (2008-2013) ou Plan de Prévention et de lutte contre le bruit et les vibrations en milieu urbain en Région de Bruxelles-Capitale, prescription 33 intitulée « Assurer l'information du jeune public des effets du bruit sur la santé » et prescription 44 intitulée « Améliorer le confort acoustique des cantines, des salles de classe et des crèches ». Le Plan Bruit constitue un document stratégique qui reprend les priorités et les actions que la Région entend mener en matière de réduction des nuisances sonores.

¹⁴ Bruxelles Environnement, Décibelle et Groboucan. Les chasseurs de bruits. Dossier pédagogique – niveau primaire, 2007, 36p.

¹⁵ Le Défi Bruit de Bruxelles Environnement propose de découvrir de manière ludique et interactive les sources du bruit et propose des solutions pour le diminuer. Durant un à deux ans, l'école bénéficie de l'encadrement d'un coach qui via des animations, un bilan des ressentis sonores mais surtout la mise en place d'une Eco Team au sein du personnel de l'école, mettra tout en œuvre pour réduire les nuisances sonores au sein de l'établissement

(voir : http://www.environnement.brussels/thematiques/bruit/lecole?view_pro=1&view_school=1)



2.2. ETAT DES LIEUX

2.2.1. Trop de bruit

Depuis 1998, Bruxelles Environnement mène des campagnes de mesures acoustiques dans les écoles primaires et maternelles bruxelloises. Ces mesures (bruit ambiant, temps de réverbération, isolation) ont été prises dans des locaux variés (salles de classes, réfectoires, préaux, salles de sports ou autres salles polyvalentes) afin de rendre compte de la situation sonore dans les établissements scolaires en Région de Bruxelles-Capitale. Un total de 13 écoles ont été visitées par Bruxelles Environnement et ses collaborateurs.

Plusieurs écoles ont été accompagnées dans leur projet de recherche de solutions visant à améliorer l'acoustique de certains locaux (principalement les réfectoires et salles de sports/polyvalentes). Des propositions d'assainissement concrètes et budgétisées ont été proposées. Ces propositions concernaient les types de matériaux à mettre en œuvre ainsi que la quantité de ces matériaux et les techniques à utiliser afin de résoudre les problèmes rencontrés.

Objectifs de Bruxelles Environnement

- Evaluer la « situation sonore » dans des établissements scolaires en région bruxelloise
- Cibler les problèmes et trouver des solutions adaptées afin de réduire le bruit à l'école
- Sensibiliser les professeurs et les écoliers au bruit dans lequel ils vivent et travaillent

Pour la quasi-totalité des locaux étudiés, les temps de réverbération sont supérieurs aux valeurs recommandées. En effet, bien qu'une salle de classe de 200 m³ devrait avoir un Tr de 0,8 s et une salle de sport de 800 m³, un Tr de 1,2 s (voir norme NBN S 01-400-2), les Tr mesurés dans les salles de classe atteignent 3,1 s et pour les autres locaux (réfectoire, préau, salle de sports et polyvalente), les Tr atteignent 4,3 s (moyenne 0,5 à 2 kHz) (voir photo 1). Ces temps de réverbération élevés se traduisent par des salles de faible qualité acoustique.

L'ambiance sonore dans les salles de classe, durant les cours, reste dans des limites acceptables (les niveaux varient de 60 à 65 dB(A)). Par contre, les niveaux de bruit ambiant mesurés dans les réfectoires, préaux et autres salles polyvalentes sont très élevés, dépassant les 80 dB(A) (les niveaux varient de 71 à 89 dB(A)). Avec des niveaux aussi élevés, les temps de midi ne permettent pas aux enfants de décompresser, de se détendre et de jouir pleinement de ce temps de récupération.

Néanmoins, il serait faux de penser que les enfants sont confrontés à un niveau de bruit constant lorsqu'ils sont à l'école. En effet, l'analyse des mesures de bruit ambiant dans les différentes écoles a mis en évidence plusieurs « ambiances sonores » durant la journée. Cette succession d'ambiances sonores est rythmée par les activités et horaires des élèves. Les rentrées des classes le matin et les sorties le soir, les temps de midi dans les réfectoires ou les récréations dans les préaux sont, par exemple, des moments particulièrement bruyants de la journée, contrairement aux périodes de cours ou d'études pour lesquelles on observe des ambiances plus calmes.





Photo 1 : Différents locaux étudiés (1. et 2. Salles de sports, 3. Réfectoire – parfois utilisé en salle d'étude, 4. Préau, 5. Réfectoire, 6. Salle de classe) avec les Tr mesurés (moyenne 0,5 à 2 kHz).(Source photos : Bruxelles Environnement).



Photo 2 : Les distributeurs automatiques et les systèmes de ventilation sont des équipements bruyants que l'on retrouve dans les établissements scolaires (Source photos : CEDIA).



2.2.2. Problèmes rencontrés et diagnostic

Le problème majeur dans les salles de classe se situe dans **un défaut de l'isolation des parois** (murs, plafond, portes, fenêtres...) qui permet aux bruits extérieurs (trafic routier et aérien, travaux, cour de récréation...) et aux bruits des locaux avoisinants (salle de classe, salle de sports, salle de musique, réfectoire...) de se transmettre dans le local.

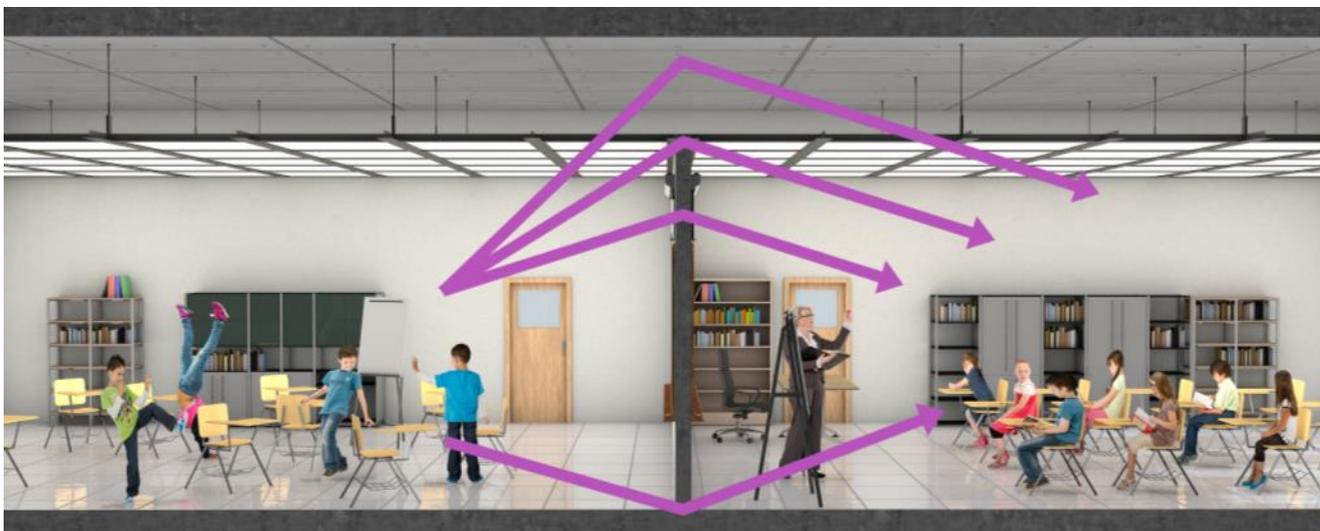


Figure 6 : Une mauvaise isolation entre les locaux peut entraîner de sérieux problèmes de bruit dans les écoles. En effet, même si le calme est maîtrisé au sein de la classe, le professeur et les élèves sont souvent gênés par une mauvaise isolation des murs et des plafonds.

L'acoustique mesurée dans les réfectoires, préaux fermés et salles polyvalentes est souvent de faible qualité. Dans ce cas, c'est souvent un problème dû à **des temps de réverbération beaucoup trop élevés** et supérieurs aux valeurs recommandées. En général, ces locaux sont constitués de volumes importants (locaux à plafonds hauts), dépourvus de matériaux faisant office d'absorbant acoustique (tenture, moquette), avec au contraire des matériaux de revêtement des sols et des murs qui constituent le plus souvent d'excellents « réflecteurs » acoustiques (carrelage au sol et au mur, peinture laquée, larges surfaces vitrées...) provoquant de sérieux problèmes de réverbération et par conséquent des niveaux de bruit élevés au sein de la salle.

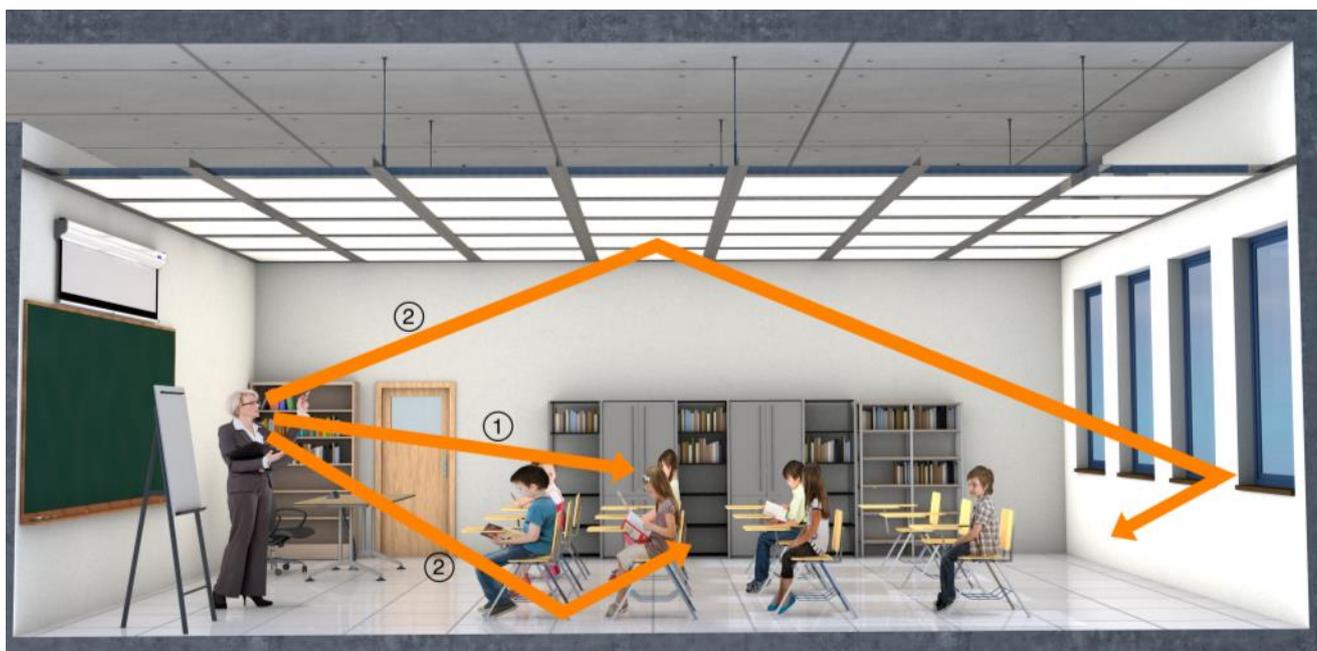


Figure 7 : Les locaux de volumes importants avec des matériaux réfléchissant le son, comme le carrelage ou le vitrage, rencontrent des problèmes de réverbération car les sons sont réfléchis sur les murs, plafonds et sols (2).



Des élèves bruyants et une mauvaise réverbération acoustique de la salle constituent souvent le mélange idéal pour obtenir un bruit ambiant supérieur aux maximums requis. De plus, les équipements (distributeurs automatiques, système de ventilation, projecteurs, chauffage...) présents dans les locaux sont mis en cause. Dans certains cas, ceux-ci contribuent fortement aux niveaux de bruit élevés. Les mesures montrent des niveaux de pointes pouvant dépasser, pendant plus de 5% du temps, la valeur de 90 dB(A). Cette situation est négalisante tant pour la qualité des apprentissages que pour la santé des occupants.

A ne pas confondre !

Les problèmes d'isolation se situent **entres les pièces** dans un bâtiment (murs/plafonds) ou avec les façades
 Les problèmes de réverbération se situent **à l'intérieur d'une même pièce**

Les mesures réalisées dans les établissements bruxellois démontrent que pour réduire la nuisance sonore dans les salles de classe, des interventions d'isolation acoustique sont à préconiser, tandis que les réfectoires et autres salles polyvalentes (où le niveau du bruit est souvent très élevé) sont les locaux prioritaires pour résoudre les problèmes de réverbération.

Des actions sur les plafonds et sur les murs ont été proposées par Bruxelles Environnement aux écoles étudiées (mise en place de panneaux absorbants) (voir photo 3).



Photo 3 : Les solutions proposées par Bruxelles Environnement afin de diminuer les problèmes de réverbération (1. Préaux couverts, 2. et 3. Salles de sports, 4. Réfectoires) se traduisent essentiellement par la pose de panneaux absorbants aux plafonds et aux murs. (Source : Bruxelles Environnement, Fiche 34. Exposition au bruit dans les écoles, 2012, 11p.).



Photo 4 : Réfectoire avant les travaux, avec la proposition (plafond absorbant en jaune) et après les travaux. (Source : Bruxelles Environnement, Fiche 34. Exposition au bruit dans les écoles, 2012, 11p.).



2.2.3. Cas pratiques

Suite aux audits effectués par Bruxelles Environnement, une modélisation acoustique des différents locaux étudiés a été réalisée et des propositions d'assainissement concrètes et budgétisées ont été proposées aux écoles. Deux d'entre elles ont effectué des travaux visant à améliorer la qualité et le confort acoustique des locaux expertisés. Les travaux ont principalement porté sur la diminution du temps de réverbération.

Un suivi avant/après a pu être réalisé (bruit ambiant, temps de réverbération). Celui-ci a permis de rendre compte de l'efficacité des solutions proposées. Les locaux posant les problèmes acoustiques majeurs étaient un réfectoire d'une part et une salle de sports d'autre part.

Les mesures réalisées après les travaux montrent une très nette amélioration des temps de réverbération, que ce soit pour le réfectoire - avant travaux : 2,5 s / après travaux : 0,8 s (moyenne 0,5 à 2 kHz ; voir figure 8) et la salle de sport - avant travaux : 4,0 s / après travaux 1,4 s (moyenne 0,5 à 2 kHz).

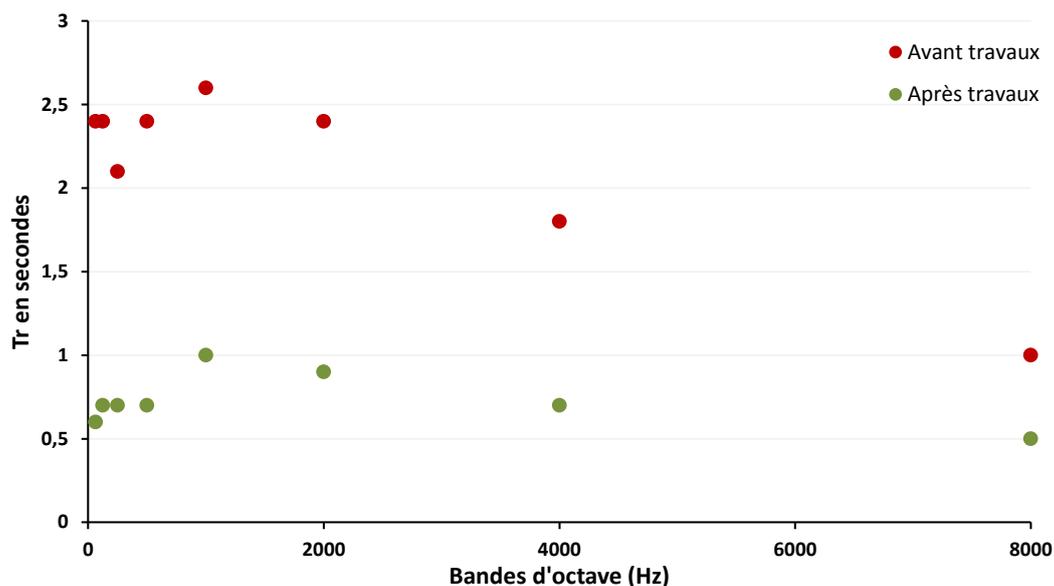


Figure 8 : Comparaison des temps de réverbération (Tr) mesurés avant et après travaux dans le réfectoire (Source : Bruxelles Environnement, Fiche 34. Exposition au bruit dans les écoles, 2012, 11p.).

Les valeurs, après travaux, correspondent aux résultats annoncés par la modélisation et sont conformes aux valeurs de référence. Globalement, le placement de faux plafonds absorbants a eu des effets très bénéfiques tant sur les qualités acoustiques des locaux que sur les niveaux de bruit ambiant qui y règnent.

De plus, les mesures prises dans le réfectoire montrent que, quel que soit le moment de la journée et le type d'occupation, il y a une nette amélioration du niveau de bruit ambiant après travaux. Les niveaux restent cependant élevés et supérieurs aux valeurs de référence durant les périodes de repas. Afin de diminuer ces niveaux, des actions complémentaires pourraient encore être menées, concernant la densité d'occupation (ajouter un service), le mobilier (tampons de caoutchouc sous les chaises, disposition des tables, nappes amortissant le choc de la vaisselle...) ou encore la sensibilisation des élèves et du personnel. De plus, il est apparu que des équipements bruyants contribuaient à augmenter les niveaux de bruit.

2.3. PERSPECTIVES

2.3.1. Les futures écoles en Région bruxelloise

Pour assurer une ambiance acoustique performante à l'école, une attention particulière doit être accordée à l'acoustique des locaux, et ce dès les projets de construction de nouveaux établissements scolaires. Pour garantir un résultat optimal, les performances de confort acoustique tant à l'égard des bruits intérieurs qu'aux bruits extérieurs doivent être intégrées dans le cahier des charges. Celui-ci sera plus au moins contraignant en fonction du contexte et des objectifs du projet. Par exemple, il est conseillé de prévoir une isolation conséquente quand le bâtiment projeté est situé dans une zone bruyante (distance réduite par rapport aux



voies routières ou ferroviaires) ou lorsqu'il est destiné à un public particulier (enseignement spécial, professionnel...). En revanche, si le niveau sonore extérieur est très faible, il est préférable de prendre des précautions complémentaires d'isolation intérieure. En effet, les élèves et les professeurs sont d'autant plus sensibles aux bruits des classes voisines que le niveau sonore dû au bruit de fond est faible.

De même, dans le cadre de transformations ou de rénovations, il est primordial d'améliorer l'acoustique des bâtiments scolaires déjà existants. Beaucoup d'entre eux sont en effet encore situés à proximité de sources de bruit importantes. La cartographie du bruit des transports en Région de Bruxelles-Capitale¹⁶ montre, pour l'année de référence 2006, que 46% des écoles implantées à Bruxelles sont soumises, en journée, à des niveaux sonores routiers supérieurs à la valeur recommandée par l'OMS, soit 55 dB(A).

Cet aspect est important dans le cadre des plans d'investissement régionaux qui visent la création de nouvelles places dans l'enseignement fondamental, notamment sous la forme de préfabriqués, de constructions modulaires ou de rénovations de bâtiments existants. Dans ce dernier cas, une attention particulière sera encore apportée au respect des caractéristiques architecturales d'un patrimoine scolaire exceptionnel en Région bruxelloise.

Les solutions retenues sont à adapter au cas par cas, sachant que les objectifs à atteindre en rénovation ne sont pas les mêmes que ceux pour les constructions neuves et que ceux-ci dépendent du type d'enseignement (ateliers techniques, classes maternelles...), du budget, de la localisation et de l'environnement.

2.3.2. Des bâtiments exemplaires

Depuis 2007, la Région de Bruxelles-Capitale organise des appels à projets « bâtiments exemplaires » pour la promotion de projets de construction et de rénovation exemplaires sur le plan de la performance énergétique et environnementale. L'objectif est aussi de démontrer la faisabilité technique et économique de tels projets à Bruxelles¹⁷.

Un bâtiment exemplaire peut être une construction neuve, une reconstruction, une rénovation, une extension ou une combinaison de ces types. Il peut s'agir de logements ou de bâtiments publics comme des écoles ou des crèches.

Aujourd'hui, une quarantaine d'écoles et de crèches ont été désignées comme bâtiments exemplaires (nouvelles constructions ou rénovations). Dans certains cas, un effort particulier a été réalisé dans l'acoustique des bâtiments et des locaux, afin que les élèves et enseignants puissent évoluer dans un environnement sain. Par exemple, l'école située Chaussée de Merchtem [150] (photo 5.) a opté pour un confort acoustique renforcé avec mise en place d'une chape flottante dans la salle de sport (matelas acoustique pour combattre les bruits d'impact) et d'un mur de briques perforées avec une isolation acoustique (diminuer les bruits aériens). Une crèche située Rue Kessels [117] (photo 5) a privilégié, dans un premier temps, des solutions spatiales basées sur l'éloignement et l'isolement des sources de bruit (éloignement des différentes voiries, éloignement des locaux et équipements bruyants...). Dans un deuxième temps, des solutions ont été mises en place pour limiter les bruits résiduels (bonne étanchéité à l'air, murs massifs, double vitrage performant, chape flottante...).

¹⁶ Bruxelles Environnement, Cartographie stratégique en Région de Bruxelles-Capitale. Bruit des transports, 2010, 60p.

¹⁷ Bruxelles Environnement, Bâtiments exemplaires, www.bruxellesenvironnement.be/batimentsexemplaires



Ces écoles représentent des exemples à suivre, tant au niveau de la réduction de la consommation d'énergie, de l'eau, des émissions de Co₂ et du choix des matériaux utilisés, que ce soit pour l'isolation thermique et acoustique.



Photo 5 : Une école (1. Chaussée de Merchtem) et une crèche (2. Rue Kessels) « exemplaires » (projets de rénovation).
(Source : www.bruxellesenvironnement.be/batimentsexemplaires).

Bon à savoir

Découvrez tous les bâtiments exemplaires sur le site internet de Bruxelles Environnement (www.bruxellesenvironnement.be/batimentsexemplaires). Un moteur de recherche et une carte interactive de la Région bruxelloise vous permettent de télécharger les info-fiches des lauréats.



CHAPITRE 3. RECOMMANDATIONS POUR LES BATIMENTS SCOLAIRES

3.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX

3.1.1. Réduire le bruit à la source

Réduire, voire supprimer la source du bruit est la première des mesures à laquelle il faut penser. Cette action bénéficiera à l'ensemble de la communauté et sera perceptible dans tout le bâtiment. Il est utile, par exemple, de veiller à ce que les distributeurs de boissons, les ventilations ou installations de chauffage ne génèrent pas des niveaux de bruit trop élevés. Pour ce faire, **choisir un équipement peu bruyant et/ou muni de silencieux** peut être une solution. Certains appareils sont fournis avec un silencieux conçu spécialement pour atténuer au mieux le type de bruit qu'ils génèrent, comme les silencieux de chaudière conçus spécialement pour diminuer les bruits de combustion. Un bon réglage des composants de l'installation est également nécessaire pour limiter les nuisances sonores. En règle générale, il faut veiller à éviter toute fluctuation et changement brusque, qu'il s'agisse de pression, de débit, de vitesse, de diamètre...¹⁸

En matière de comportement, il est impossible d'imposer une discipline de fer dans les écoles ou de supprimer l'ambiance dans la salle de sports ou dans le réfectoire... Alors, que faire ?

La **sensibilisation des élèves et des professeurs** à l'environnement sonore dans lequel ils vivent et aux conséquences du bruit sur la santé et les apprentissages est une première démarche qui peut s'avérer très efficace. En recherchant des solutions pratiques, faciles à mettre en œuvre et adaptées au public, chacun sera responsabilisé et plus attentif à son implication. Cette prise de conscience peut se faire notamment en demandant au professeur de gym de baisser la musique, en graissant les charnières des portes, en réorganisant les temps de midi, en remplaçant la sonnerie stridente par une musique plus douce...

Trucs et astuces

- Le livret «Vivre au calme à Bruxelles » vous propose 100 conseils pour se protéger du bruit...et ne pas en provoquer¹⁷
- L'ASBL Empreintes¹⁹ aide à mettre le bruit en sourdine dans les écoles par des projets de sensibilisation des occupants des lieux. Avec les élèves, elle réalise un bilan sonore qualitatif, propose d'établir un plan d'actions (actions sur les comportements et sur l'infrastructure), et de faire une campagne de communication au sein de l'école (pour plus de renseignements, voir Décibelle et Groboucan)

3.1.2. Eviter la propagation du son

S'il n'est pas possible de réduire la source de bruit, d'autres dispositifs peuvent être mis en œuvre. Ainsi, il est possible de limiter la propagation du bruit, voire la confiner. C'est le principe qui est utilisé, par exemple, le long des autoroutes avec des murs anti-bruit ou avec un capot autour d'une machine. En dernier recours, c'est de l'intérieur de la pièce que la protection acoustique sera réalisée. Si le bâtiment est bien conçu et que les niveaux de bruit sont raisonnables, il ne faudra sans doute pas recourir à ce type de solution. Dans le cas contraire, des solutions plus structurelles devront être utilisées.

L'amélioration de l'isolation et du temps de réverbération dans les locaux se basent sur deux principes différents qui sont respectivement l'**isolation acoustique** et la **correction acoustique**. La différence clé entre les deux principes est que l'isolation réduit la transmission du bruit d'un local à un autre local et que la correction acoustique vise à réduire la réverbération à l'intérieur d'un même local (voir fig. 9).

¹⁸ Bruxelles Environnement, Vivre au calme à Bruxelles, 100 conseils pour se protéger du bruit...et ne pas en provoquer, 2013, 40p.

¹⁹ ASBL Empreintes, <http://www.empreintesasbl.be/>



De même, le recours à la correction acoustique peut également permettre de mieux diriger le son. Dans les salles de conférence ou dans des auditoriums, par exemple, des réflecteurs sont placés sur les murs et les plafonds afin de diriger le son vers le public.



Figure 9 : L'amélioration de l'isolation et du temps de réverbération dans les locaux se basent sur deux principes différents : 1. L'isolation acoustique (réduction de la transmission du bruit entre deux locaux) et 2. La correction acoustique (réduction de la réverbération à l'intérieur d'un même local).

Pour **augmenter l'isolation acoustique** des salles de classe, il est impératif de situer le problème à l'échelle du bâtiment, notamment des parois, fenêtres, portes, murs, plafonds, ... Le but est de réduire la transmission du bruit à travers toute la structure de la construction. Dans la majorité des cas, il faut renforcer les parois séparant les locaux par des matériaux isolants lourds et denses ou faire appel à des doublages acoustiques (voir fig. 10). Néanmoins, ce sont souvent les voies « parasites » (fuites, couloirs, plafonds, façade...) et les éléments « faibles » (menuiserie, grilles de ventilation...) qui engendrent des problèmes dans l'isolation acoustique d'un bâtiment (voir fiche-conseil 3)^{20 21}.

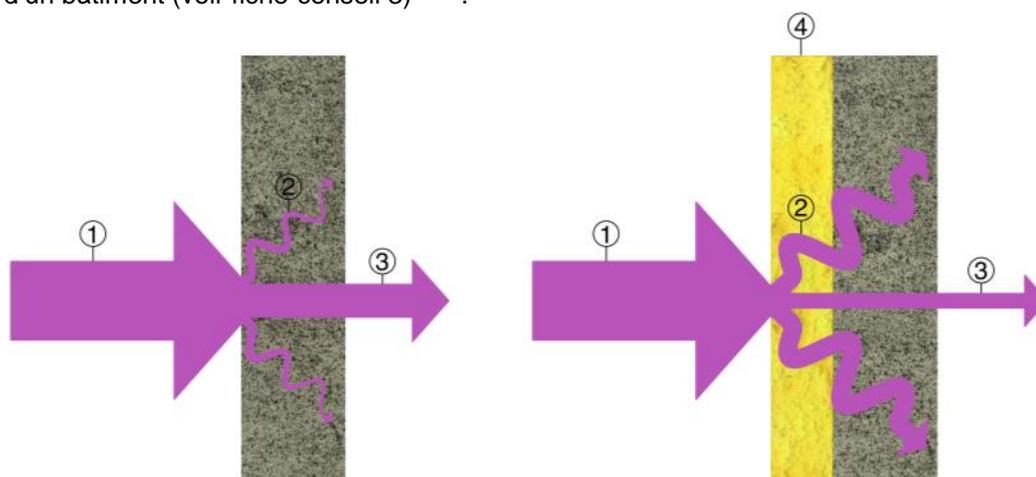


Figure 10 : L'ajout de matériaux isolants (4) aux parois peut diminuer fortement les nuisances dues aux bruits venant des pièces voisines (1) (augmentation de l'isolation acoustique). L'isolant absorbe le bruit (2) et permet de réduire sa transmission (3).

²⁰Bruxelles Environnement, Guide bâtiments durables, G_WEL01 Assurer le confort acoustique (voir : <http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be/fr/g-wel01-assurer-le-confort-acoustique.html?IDC=1048&IDD=6179>).

²¹Bruxelles Environnement, Code de bonnes pratiques - Référentiel technique d'isolation acoustique pour la prime à la rénovation de l'habitat, 2014.



Objectif de l'isolation acoustique

- Réduire la transmission du bruit d'un local à un autre
- Optimiser l'ambiance sonore dans l'ensemble du bâtiment

Pour **réduire la réverbération** dans un local, il faut visualiser le problème à l'échelle de la pièce. Le principe d'action de la **correction acoustique** est de remplacer les matériaux réfléchissants composant les murs et/ou plafonds et/ou sols de la pièce par des matériaux absorbants. Ceux-ci empêchent la réflexion du bruit à l'intérieur du local, diminuant ainsi le bruit ambiant (voir fig. 11).

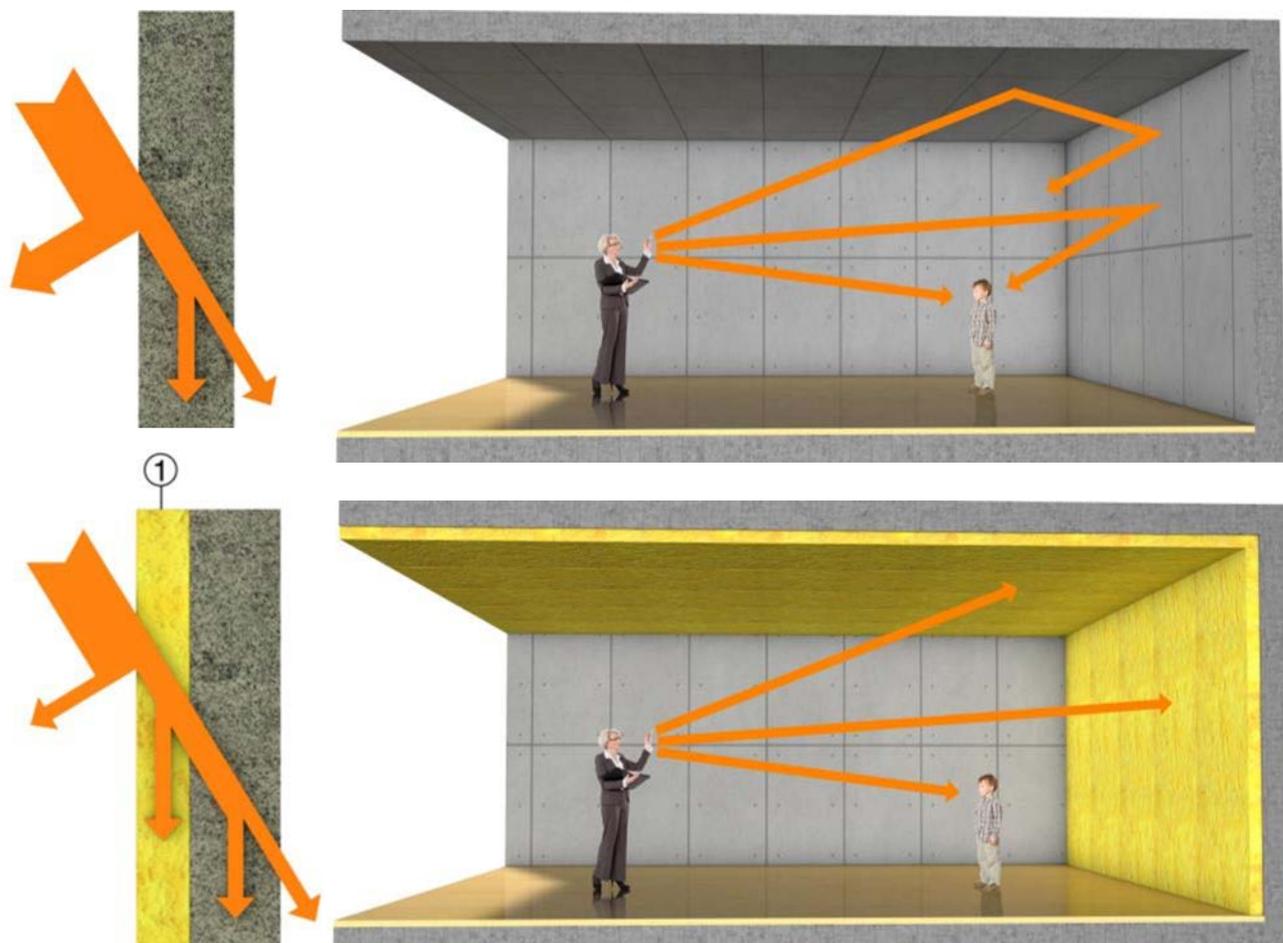


Figure 11 : L'ajout de matériaux absorbants le son (1) améliore fortement l'acoustique d'une pièce en y diminuant la réflexion des sons (diminution de la réverbération).

Objectif de la correction acoustique

- Optimiser la durée de réverbération dans la pièce
- Réduire le niveau des bruits parasites

Bon à savoir

Bien qu'en matière de correction acoustique, la surface la plus facile à traiter soit le plafond, il serait faux de penser que le plafond seul a la charge de traiter l'acoustique d'un local. Les autres matériaux et surfaces (sols, mobiliers...) absorbent également le son.



3.1.3. Choisir les matériaux adéquats

Lorsqu'un son (onde acoustique) entre en contact avec un matériau, une partie de l'énergie est réfléchi (son réfléchi) et une autre partie est absorbée dans le matériau (son absorbé). Une fraction du son absorbé va également traverser le matériau (son transmis) (voir fig. 12).

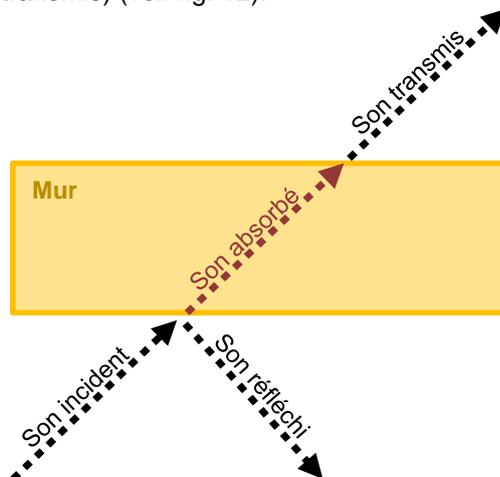


Figure 12 : Comportement du son lorsqu'il entre en contact avec un matériau (un mur).

L'absorption acoustique (diminution du son réfléchi, voir figure 12) influence la perception acoustique des utilisateurs de la pièce. Elle a une influence sur le niveau sonore ambiant et augmente l'intelligibilité de la parole. Elle diminue les phénomènes d'échos²² et contribue à réduire l'effet de Lombard²³. L'isolation acoustique (diminution du son transmis, voir figure 12) est, quant à elle, la capacité à réduire la transmission des bruits d'un espace à un autre.

Avant de réaliser des travaux, il est important de cibler les problèmes rencontrés. En effet, les solutions et les matériaux à utiliser lors de problèmes d'isolation ou d'absorption ne sont pas les mêmes (voir chapitre 4).

Différents matériaux absorbants (laines minérales ou naturelles, mousses synthétiques..., voir photo 6) et diverses solutions techniques (contraintes, épaisseur...) contribueront, par exemple, à l'amortissement du son dans le système et empêcheront le phénomène de réverbération (voir fiche conseil 2). Le but n'est pas d'absorber le son de façon radicale. Il faut, en effet, doser l'absorption afin d'atteindre une réverbération adéquate à la salle et à l'activité. Il existe sur le marché des solutions adaptées pour les bâtiments scolaires. Le choix des matériaux doit également tenir compte de la fonction du local étudié. Les matériaux peuvent ainsi, suivant le cas, être résistants aux chocs (salles de sports) ou facilement lavables (réfectoires).



Photo 6 : Les laines minérales ou naturelles ainsi que les déchets de polyuréthane recyclés sont de bons matériaux absorbants (Source photo : Centre Urbain).

²² L'écho est généré par la réflexion du son, à plusieurs reprises, sur les surfaces et les objets situés dans la pièce.

²³ L'effet de Lombard décrit une situation où, pour se faire entendre, chaque personne commence à parler de plus en plus fort jusqu'à ce que tout le monde se mette à crier. L'effet de Lombard génère des niveaux sonores, qui, dans les cantines d'écoles par exemple, peuvent dépasser les 90 dB(A).

Si le problème se situe au niveau de l'isolation acoustique entre deux pièces, les parois du bâtiment devront être épaissies (la loi de la masse) ou découplées (l'effet masse-ressort-masse) (voir fiche conseil 3). Il faudra veiller à la qualité de la mise en œuvre de l'isolation qui est primordiale pour une isolation efficace. Le savoir-faire des spécialistes et des travailleurs dans l'isolation est bien plus déterminant que ne l'est le choix des matériaux. Une mauvaise mise en œuvre de matériaux performants peut, en effet, engendrer des résultats pas optimaux d'un point de vue acoustique.

3.1.4. En résumé

Afin de garantir l'intelligibilité du message dans les salles de cours, il est important d'analyser/de cibler l'origine des nuisances sonores et de les réduire par différentes actions. Ces actions, tant au niveau du comportement des élèves qu'au niveau des éléments constructifs des pièces ou des bâtiments permettront de répondre aux problèmes liés au bruit dans les établissements scolaires.



3.2. LES NOUVEAUX BÂTIMENTS

3.2.1. Choisir le site d'implantation

Avant de construire votre bâtiment scolaire, il est recommandé de choisir un lieu disposant d'une ambiance sonore appropriée pour les activités scolaires. Pour ce faire, il est important d'identifier, dans le diagnostic de départ, les **sources sonores** (existantes et potentielles) dans l'espace (fixes ou mobiles) et dans le temps (durée du bruit, sa répétitivité, heure d'émission), en évaluant les données disponibles. Une enquête de perception peut, par exemple, être couplée avec des mesures sur le site ou encore avec l'utilisation de cartes de niveaux sonores.

Une telle étude acoustique consistera à repérer et à identifier les sources de bruit existantes à proximité du projet (trafic ferroviaire, aérien ou routier...), à comprendre la nature de ces bruits (fréquence, origine, intensité...) et à analyser leur mode de propagation.

Il est évidemment recommandé que les sites d'implantation soient éloignés de sources de bruit importantes telles que les aéroports, les voiries à haut trafic ou les sites d'industries lourdes. Le choix de la localisation a une conséquence à la fois sur l'ambiance sonore globale et sur les possibilités de ventilation naturelle, sans exposer enfants et professionnels à un bruit excessif.



Pour les sources liées aux transports, une première évaluation de la charge acoustique qui pèse sur le quartier pourra être faite en se basant sur la cartographie du bruit, notamment la carte multi-expositions (avion, route, train, tram et métro), éditée par Bruxelles Environnement.

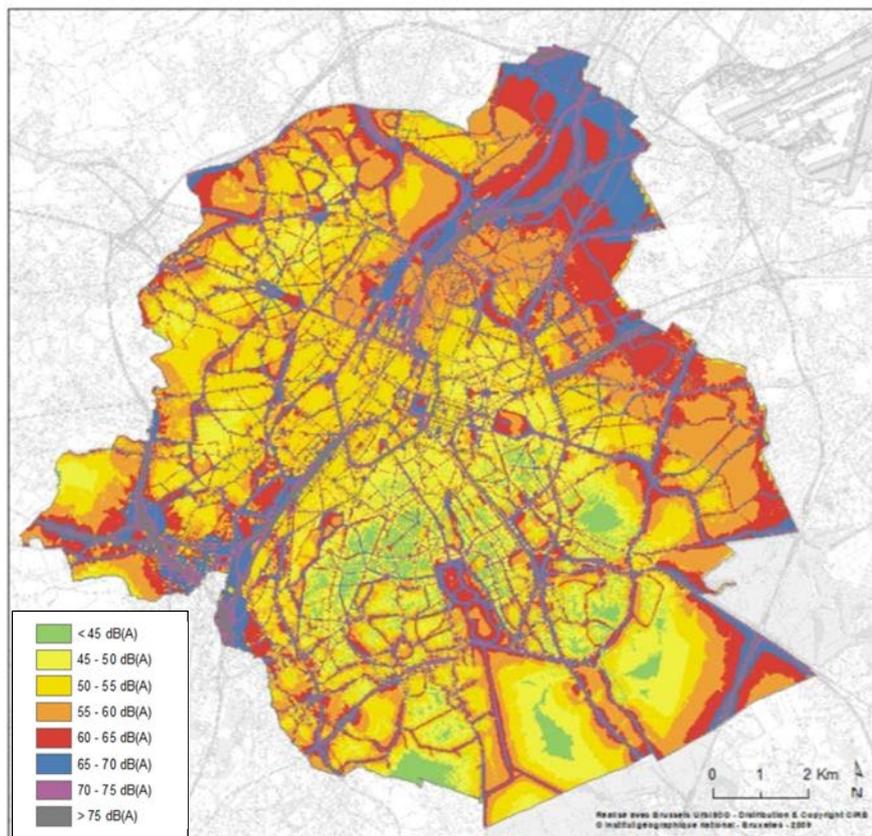


Figure 13 : Carte représentant le cadastre du bruit multi-exposition de 2006, Indicateur Lden. (Source www.ibgebim.be, http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Bruit_atlas_Cartographie_2010.PDF)

3.2.2. Adapter le plan masse aux sources de bruit

L'implantation des bâtiments, les uns par rapport aux autres, joue un rôle acoustique important. Afin de garantir une propagation ou un impact minimum du bruit, plusieurs solutions peuvent être envisagées, comme par exemple disposer de fronts continus (façades mitoyennes) ou d'un retrait par rapport à l'alignement²⁴. Ces dispositifs permettent de dégager des espaces calmes à l'arrière du bâtiment et de diminuer le niveau sonore en façade (voir norme NBN S 01-400-2, annexe E).

La hauteur des bâtiments doit également être adaptée aux conditions de propagation du bruit (bâtiments écrans). Des bâtiments plus élevés et affectés à des fonctions moins sensibles en bordure d'une source de bruit, comme une autoroute, constituent un moyen efficace de protéger des bâtiments moins hauts et plus sensibles à l'arrière (comme les écoles), ces derniers étant par voie de conséquence plus éloignés de la source de bruit. De même, l'orientation des bâtiments est importante à prendre en considération. Il faudra veiller par exemple, dans une rue en U, à ne pas implanter un bâtiment parallèlement à la voirie pour éviter les effets de réflexion. Cette disposition doit s'accompagner d'une étude précise concernant la distribution interne des locaux et la forme du bâtiment.

3.2.3. Organiser le plan et le volume des locaux

L'isolation acoustique d'une nouvelle école se gère dès le premier trait de crayon, notamment lors de la programmation et de la disposition des locaux. Ainsi, il faut éviter de placer les locaux bruyants (réfectoire, salle de sports, salle de musique) à côté ou au-dessus des pièces plus calmes comme les salles de classe ou les salles de repos. La création de zones tampons (couloirs, vestiaires, sanitaires, locaux de stockage...) entre les locaux bruyants et les autres locaux d'enseignement est une autre solution.

²⁴ Bruxelles Environnement, Fiche 11. Aménagement urbanistiques et bruit ambiant en Région de Bruxelles-Capitale, 2011, 13p.



La géométrie des locaux influence également l'ambiance sonore. En fonction de la destination du local, il existe des proportions qui influencent favorablement l'acoustique. Une géométrie régulière peut avoir des conséquences désagréables sur un espace. Il est par conséquent important de bien choisir les rapports entre Hauteur/Longueur/Largeur. Les grandes surfaces réfléchissantes parallèles sont également à éviter. Celles-ci engendrent de sévères problèmes d'échos, souvent rencontrés dans les salles de sports ou gymnases.

3.2.4. Faire référence à la norme

En octobre 2012, une nouvelle norme belge, la NBN S 01-400-2 « Critères acoustiques pour les établissements scolaires »²⁵, a été publiée. La nouvelle norme consacrée aux écoles s'inscrit dans l'adaptation progressive de la normalisation belge concernant l'acoustique du bâtiment et remplace les anciennes exigences à ce sujet.

Cette norme stipule les méthodes de caractérisation de l'isolation aux bruits aériens et aux bruits de choc, du bruit des équipements de service du bâtiment et de la réverbération dans les bâtiments scolaires. Elle définit également les exigences auxquelles doivent répondre les nouveaux bâtiments scolaires en matière d'isolation aux bruits aériens, d'isolation aux bruits de choc, d'isolation des façades, limitation des bruits produits par les équipements techniques et de la réduction de la réverbération dans certains locaux. Les performances acoustiques requises dans cette norme s'appliquent en tant que règles de bonne pratique pour les bâtiments scolaires nouvellement construits ou les parties de bâtiments scolaires à rénover pour lesquels un permis d'urbanisme est nécessaire.

Cette norme, si elle est suivie, permet de garantir un certain confort acoustique dans votre école. Dans le cadre d'une construction neuve ou d'une rénovation, faites-y référence dans votre contrat avec l'architecte ou dans le cahier des charges pour l'entrepreneur. Elle devient dès lors contraignante et implique une obligation de résultat.

3.2.5. Anticiper pour réduire les coûts

Pour optimiser le coût et le confort acoustique d'un bâtiment, il est important d'intégrer la notion d'acoustique aussi tôt que possible lors de la conception d'un établissement scolaire. Le coût de l'isolation acoustique est fonction des surfaces à traiter et du prix des matériaux choisis. La prise en compte préventive des enjeux acoustiques occasionne moins de 5 % de surcoût. Par contre, lorsqu'il faut intervenir pour corriger des situations mal pensées, cela engendre, en général, un surcoût de 15 à 30% par rapport au budget affecté aux travaux réalisés.

3.3. LES BÂTIMENTS EXISTANTS

3.3.1. Déterminer le type de bruit à supprimer

Avant de vous lancer dans des travaux, établissez un diagnostic des sources de bruits qui dérangent les élèves et les professeurs ainsi que des faiblesses de votre bâtiment scolaire. Il s'agit, notamment, de distinguer si les bruits gênants sont extérieurs (voitures, avions, trains) ou intérieurs (élèves, équipements) et si les vibrations se propagent dans l'air (bavardage, musique, sonnerie) ou par contact direct (bruit de pas sur le plancher).

Les **murs extérieurs et les toitures** jouent le rôle de porte d'entrée pour les bruits routiers et ferroviaires. Les éléments faibles des façades, d'un point de vue acoustique, sont les éléments les plus légers comme les trous, les fentes, les brèches, les vitrages, les châssis, les portes, les grilles de ventilation... Vérifiez donc qu'il n'y ait pas de « trous » dans les façades, que vos fenêtres soient étanches au son et composées d'un vitrage approprié, que vos grilles de ventilation soient bien placées, et, surtout, que vos châssis soient en bon état.

C'est de l'**intérieur du bâtiment** que proviennent et se propagent les bruits émis par les élèves, les pas, les équipements... Dans un premier lieu, analysez si le bruit provient d'un local situé au même niveau, au niveau supérieur ou inférieur. Cela permettra de cibler s'il faut agir sur les cloisons, les plafonds ou les planchers. Si la gêne provient d'équipements divers, vérifiez que ceux-ci fonctionnent de manière normale. Les nuisances sonores de ce genre d'équipement proviennent souvent de problèmes techniques, de mauvais réglages ou de défaut d'entretien.

²⁵ NBN S 01-400-2 : Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires, 2012, 37p.



3.3.2. Combiner isolation acoustique et thermique

Le bilan énergétique 2009 de la Région de Bruxelles-Capitale relève que les écoles représentent 6% de la consommation totale du secteur tertiaire. Dans ce cadre, la Région de Bruxelles-Capitale a lancé un appel à projets auprès des représentants des réseaux de l'enseignement obligatoire pour les inviter à mettre en œuvre un Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique (PLAGE)²⁶.

Le but d'un PLAGE est de dépasser une gestion attentiste de l'énergie, de passer à l'action, et ce, au bénéfice des finances et de l'environnement²⁷. Dans ce cadre, les 6 réseaux d'enseignement actifs en Région de Bruxelles-Capitale ont engagé des responsables énergies afin de réduire leur consommation d'énergie par des interventions à coût nul ou faible. Les résultats sont encourageants, avec une baisse de la consommation en combustibles de près de 18% sur l'ensemble des écoles participantes. Le but est que, progressivement, les quelque 600 écoles de l'enseignement obligatoire de la Région deviennent également des pionnières en matière d'économies d'énergie.

Bien que le PLAGE se concentre sur la thématique énergétique, il peut s'avérer intéressant et économique de coupler l'audit énergétique d'un tel projet avec un audit acoustique. En effet, la plupart des matériaux absorbants acoustiques sont aussi des isolants thermiques. Par contre, les isolants thermiques rigides à cellules fermées peuvent, dans certaines applications, dégrader la performance acoustique de la paroi qu'ils isolent. De plus, des actions prises au niveau des équipements comme les chaudières, les tuyaux, la ventilation (vérification, capotage, isolation...) peuvent être rentables en termes d'économie en énergie thermique tout en diminuant fortement le bruit émis par ces machines.

Le saviez-vous ?

Une bonne isolation acoustique contribuera généralement à une meilleure isolation thermique. Inversement, une meilleure isolation thermique n'entraînera pas nécessairement une amélioration de l'isolation acoustique. En effet, la plupart des produits d'isolation sont trop légers, trop rigides ou à cellules fermées pour pouvoir faire office de paroi acoustique simple.

3.4. DERNIERS CONSEILS

3.4.1. Intégrer tous les critères de confort

Même si le bruit est de loin le problème le plus important dans les établissements scolaires, d'autres facteurs doivent être pris en compte pour garantir une école performante, qui offre aux élèves et à l'ensemble de la communauté scolaire, un environnement adapté à leur bien-être, leur santé et leur apprentissage.

Les écoles doivent offrir un maximum de confort fonctionnel pour aujourd'hui et pour le futur. Les éléments majeurs du confort sont la lumière, l'air, l'énergie et le son. Ces quatre éléments sont des éléments clés pour créer un bon environnement, dans lequel les élèves et les professeurs obtiennent le niveau de confort qu'ils méritent.

De plus, les matériaux de construction et autres produits utilisés dans les établissements scolaires doivent répondre à plusieurs exigences comme par exemple, respecter la santé des élèves et des professeurs et contribuer à un climat ambiant sain. Les matériaux doivent aussi offrir un cadre agréable et harmonieux où les individus se sentent bien, tout en étant polyvalent (adéquation à différentes activités : musique, salle d'étude, travail individuel, travaux de groupe...) et flexible (les bâtiments existants doivent pouvoir s'adapter à de nouveaux besoins et de nouvelles exigences)²⁸.

3.4.2. Choisir des matériaux performants

Lors du choix d'un matériau d'isolation, il ne faut pas se baser uniquement sur ses performances acoustiques. D'autres critères ont au moins autant d'importance comme ses **propriétés techniques** (performance d'isolation thermique, résistance au feu, résistance mécanique, forme, besoin d'entretien, durabilité ...) et son impact sur **l'environnement et la santé** (impact environnemental lors de l'extraction de la matière première, de sa production, de sa fabrication, de sa distribution et de son élimination, de son recyclage et de son impact sur la

²⁶ Bruxelles Environnement, PLAGE-écoles 2009-2013, 2013, 6p.

²⁷ Bruxelles Environnement, PLAGE, http://www.environnement.brussels/school?view_school=1

²⁸ Rockfon, Assurer de bonnes conditions d'enseignement. Construire et rénover les établissements scolaires d'aujourd'hui, 2011.



santé)²⁹. En effet, les matériaux de construction sont souvent exposés à des dégradations et à une usure extrême. De plus, ils doivent répondre à des exigences de sécurité très sévères et doivent être faciles à entretenir.

Essayez d'éviter toute utilisation de matériel inutile et préférez des matériaux sains, issus de ressources renouvelables et respectueux de l'environnement. Un grand nombre de matériaux écologiques sont de très bons absorbants acoustiques (la cellulose, le chanvre, le lin, la laine de bois ou de mouton ...). De plus, les matériaux naturels et renouvelables ont la propriété d'être ouverts à l'air et d'agir comme régulateurs de l'humidité. Grâce à leur bonne capacité d'accumulation calorifique, ces matériaux préviennent les surchauffes durant les mois d'été, et assurent une température intérieure plus agréable. Le recours à un système d'air conditionné devient dès lors superflu, ce qui réduira considérablement votre facture d'électricité.

3.4.3. Faire appel à des spécialistes

Une dernière recommandation pour garantir un environnement sonore de qualité dans les écoles est de faire suivre le projet par un **acousticien**. Dans la majorité des cas, cela permettra d'éviter les erreurs de conception et de pouvoir intégrer au mieux les recommandations.

Pour une intervention efficace lors d'une construction ou d'une rénovation, l'acousticien doit intervenir dès les plans de l'avant-projet. Le maître d'ouvrage peut alors, soit déterminer les performances acoustiques à atteindre, laissant toute latitude à l'entrepreneur de choisir les matériaux, soit faire effectuer ce choix par l'architecte qui le prescrit à l'entrepreneur.

Le saviez-vous ?

Le moindre défaut dans l'isolation acoustique, la moindre fuite, peut ruiner tous les efforts investis. Veillez à ce que le travail soit réalisé par une entreprise qualifiée et expérimentée dans l'isolation acoustique. Au besoin, faites assister votre architecte par un bureau d'experts en acoustique, et faites vérifier l'exécution des travaux. On n'est jamais trop prudent !

29 Bruxelles Environnement, Guide bâtiments durables, G_MAT01 Le cycle de vie de la matière : analyse, sources d'information et outils d'aide au choix (voir : <http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be/fr/g-mat01-le-cycle-de-vie-de-la-matiere-analyse-sources-d-information-et-outils-d-aide-au-choix.html?IDC=1048&IDD=6030>).



CHAPITRE 4. EXEMPLES TYPES

4.1. FICHE-CONSEIL 1 : A CHAQUE LOCAL, UNE SOLUTION

Des solutions techniques et des systèmes constructifs peuvent répondre aux problèmes acoustiques fréquemment rencontrés dans les écoles. En effet, les acousticiens et les architectes sont en mesure de résoudre les nombreux problèmes liés au bruit. Pour y procéder, ils mettent en œuvre des matériaux absorbants, réfléchissants ou isolants dans un élément structurel ou dans un espace donné.

Dans l'idéal, les solutions appropriées sont apportées dès la conception du bâtiment. Lorsque ce n'est pas le cas, une mauvaise acoustique peut être améliorée par l'ajout de plafonds et autres matériaux acoustiques.

La norme NBN S 01-400-2 s'articule en 5 parties, faisant chacune référence à un type de bruit particulier : l'isolation aux bruits aériens, l'isolation aux bruits de choc, l'isolation de façade, le bruit des équipements de service et le temps de réverbération et l'absorption acoustique. Les exigences de la norme s'adaptent en fonction des locaux, de leur production de bruit et de leur sensibilité acoustique (voir tableau 2). Ainsi, des exigences/solutions adaptées et spécifiques pourront être mises en place pour assurer le confort acoustique dans l'ensemble des locaux composant l'établissement scolaire, tout en gardant une architecture simple et fonctionnelle. Les différentes fiches-conseils de ce chapitre illustrent les problèmes et solutions rencontrés dans certains locaux scolaires.

Type d'espace	Production		Sensibilité acoustique
	Bruits d'impacts	Bruits aériens	
Salle de classe ordinaire	normale	normale	élevée
Salle de sports	très élevée	élevée	normale
Zone de récréation intérieure	très élevée	très élevée	faible
Salle d'étude	normale	faible	élevée
Espace polyvalent	élevée	élevée	élevée
Réfectoire	élevée	élevée	faible

Tableau 2 : Production de bruits et sensibilité acoustique de certains espaces dans les bâtiments scolaires (adapté de la norme NBN S 01-400-2).

Le schéma suivant reprend l'ensemble des pièces étudiées par Bruxelles Environnement durant ses campagnes de mesures (salle de sports, salle polyvalente, préau, salle de classe et réfectoire), les valeurs des mesures, les problèmes relevés, les objectifs et les solutions afin d'obtenir une ambiance sonore plus adaptée à l'activité visée. Il résume l'état acoustique des locaux en région bruxelloise et évoque certaines pistes générales à emprunter. Chacune des fiches-conseils qui suivent s'attaque à un problème particulier.



4. Salle polyvalente

Mesures : 79 dB(A) et 4,3 s

Problème relevé : problème de réverbération et problème d'isolation (bruit aérien et de choc).

Ambiance sonore : bruit de pas, des chaises, bruits d'impact, musiques, cris, discussions, sonneries, travaux extérieurs

Objectif : confort et intelligibilité. Conjuguer facilité de compréhension de la parole et ambiance sonore agréable lors de rassemblements divers et variés.

Solution : Pose de matériaux acoustiques absorbants sur le plafond, les murs et le plancher. Ces matériaux devront être si possible résistants aux chocs et lavables.

3. Réfectoire

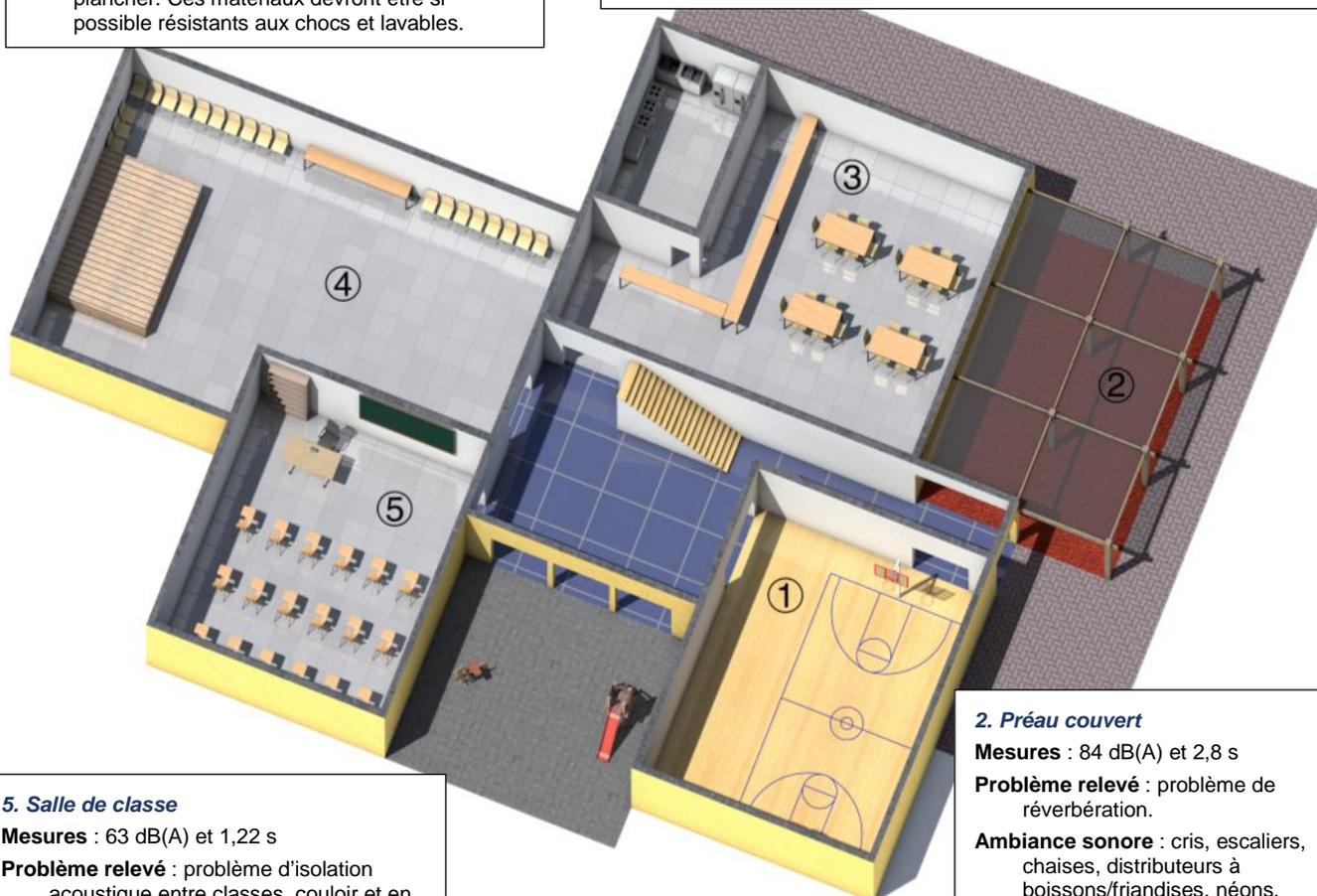
Mesures : 80 dB(A) et 1,78 s

Problème relevé : problème de réverbération et bruit d'équipement.

Ambiance sonore : cris, chaises, distributeurs à boissons/friandises, néons, couverts/assiettes, conversations, ventilation.

Objectif : ambiance maîtrisée. Eviter l'effet cocktail pour un environnement confortable et pour se faire entendre d'un voisin, sans avoir à forcer la voix.

Solution : Pose de matériaux acoustiques absorbants sur le plafond et/ou les murs. Ces matériaux devront être si possible résistants aux chocs. Remplacer les distributeurs, les ventilateurs et les convecteurs par des machines moins bruyantes ou capoter chaque appareil.



5. Salle de classe

Mesures : 63 dB(A) et 1,22 s

Problème relevé : problème d'isolation acoustique entre classes, couloir et en façades.

Ambiance sonore : leçons orales, films, professeur qui parle, avions, enfants qui jouent.

Objectif : intelligibilité. Le message de l'enseignant est clair et compréhensible par l'ensemble des élèves.

Solution : Renforcer les jonctions des cloisons avec le plafond que ce soit entre classes ou entre classes et couloir. Prolonger les cloisons entre les classes et le couloir jusqu'à la dalle de sol supérieure et assurer une étanchéité parfaite à cette jonction.

1. Salle de sports

Mesures : 84 dB(A) et 2,55 s

Problème relevé : problème de réverbération.

Ambiance sonore : cris, jeux de ballons, sifflets, conversations.

Objectif : confort et intelligibilité. Assurer à la fois la bonne compréhension des consignes et le confort des spectateurs lors de manifestations sportives.

Solution : Pose de matériaux acoustiques absorbants sur le plafond et/ou les murs. Ces matériaux devront être résistants aux chocs.

2. Préau couvert

Mesures : 84 dB(A) et 2,8 s

Problème relevé : problème de réverbération.

Ambiance sonore : cris, escaliers, chaises, distributeurs à boissons/friandises, néons, conversations.

Objectif : confort et intelligibilité. Conjuguer facilité de compréhension de la parole et ambiance sonore agréable lors de rassemblements divers et variés.

Solution : Pose de matériaux acoustiques absorbants sur le plafond et/ou les murs. Ces matériaux devront être si possible résistants aux chocs et lavables. Remplacer le distributeur par une machine moins bruyante ou bien le placer dans un couloir.

Figure 14 : Résumé de l'état acoustique des locaux en région bruxelloise. Certaines pistes générales à emprunter sont évoquées afin d'obtenir une ambiance sonore plus adaptée à l'activité visée.



4.2. FICHE-CONSEIL 2 : RÉFECTOIRE, SALLE DE SPORTS OU POLYVALENTE, PRÉAU FERMÉ

Situation : Réverbération du bruit dans la pièce



Photo 7 : Les salles de sports, avec leurs hauts plafonds et grands volumes, détiennent souvent une acoustique de mauvaise qualité. (Source photo : CEDIA)

Diagnostic acoustique : Ces espaces sont souvent dotés de surfaces acoustiquement dures. Il en résulte des environnements acoustiques de mauvaise qualité. L'espace est si grand et les plafonds si hauts qu'une absorption acoustique élevée est essentielle pour créer un environnement acoustique acceptable.

Recommandations pratiques : L'état de la surface et la composition des parois (murs, plafond, sol) d'une salle déterminent, en grande partie, ses caractéristiques acoustiques. Afin de diminuer la réverbération d'un lieu, on placera des parois absorbantes (par exemple une contre-cloison perforée avec absorbant) sur les murs et/ou plafonds. Pour éviter un effet « ping-pong » entre deux murs parallèles réfléchissants, on applique un matériau absorbant sur l'un d'eux. Outre le travail sur les parois, certains accessoires ont pour effet de réduire la réverbération : tissus (moquette, plafond tendu,...), mais également le mobilier.

Coefficient d'absorption acoustique

La norme stipule que pour assurer l'intelligibilité de la parole et éviter une réverbération excessive, des exigences pour la conception sont définies (dépendant du type de l'espace) pour la valeur moyenne surfacique de l'indice d'absorption acoustique pondéré α_w . Le coefficient d'absorption acoustique α est le ratio de l'énergie sonore absorbée sur l'énergie sonore incidente. Il dépend de la fréquence. Il en résulte un coefficient entre 0 et 1 où 1 signifie que tout le son est absorbé et 0 signifie qu'aucun son n'est absorbé, au contraire tous les sons sont alors réfléchis (pour la bande de fréquence considérée)³⁰ (voir tableau 3).

Matériaux	Coefficient d'absorption pondéré
	α_w
Vitres	0,05
Béton coulé non peint	0,00
Bois verni	0,05
Laine minérale (100kg/m ³)	0,85
Carrelage	0,10
Moquette	0,25
Linoleum	0,10

Tableau 3 : Coefficient d'absorption pondéré de certains matériaux (Source : CEDIA).

³⁰ Rockfon, Acoustique, La science du son, Absorption acoustique, www.rockfon.fr/



Afin de limiter la réverbération et ainsi réduire le niveau du bruit ambiant (voir chapitre 2), plusieurs solutions peuvent être envisagées.

Action sur les plafonds

Le traitement acoustique des plafonds permet une forte diminution de la réverbération. Cette solution est la plus facile à mettre en œuvre parce que les matériaux, situés en hauteur, risquent peu d'être dégradés, à l'exception toutefois des plafonds des préaux et salles de sport qui peuvent être abîmés par des ballons. Dans ce cas, on protège les matériaux absorbants. Les matériaux absorbants en plafond peuvent être posés contre le plancher haut ou être suspendus (voir fig. 14). Selon le cas, leurs performances acoustiques seront différentes.

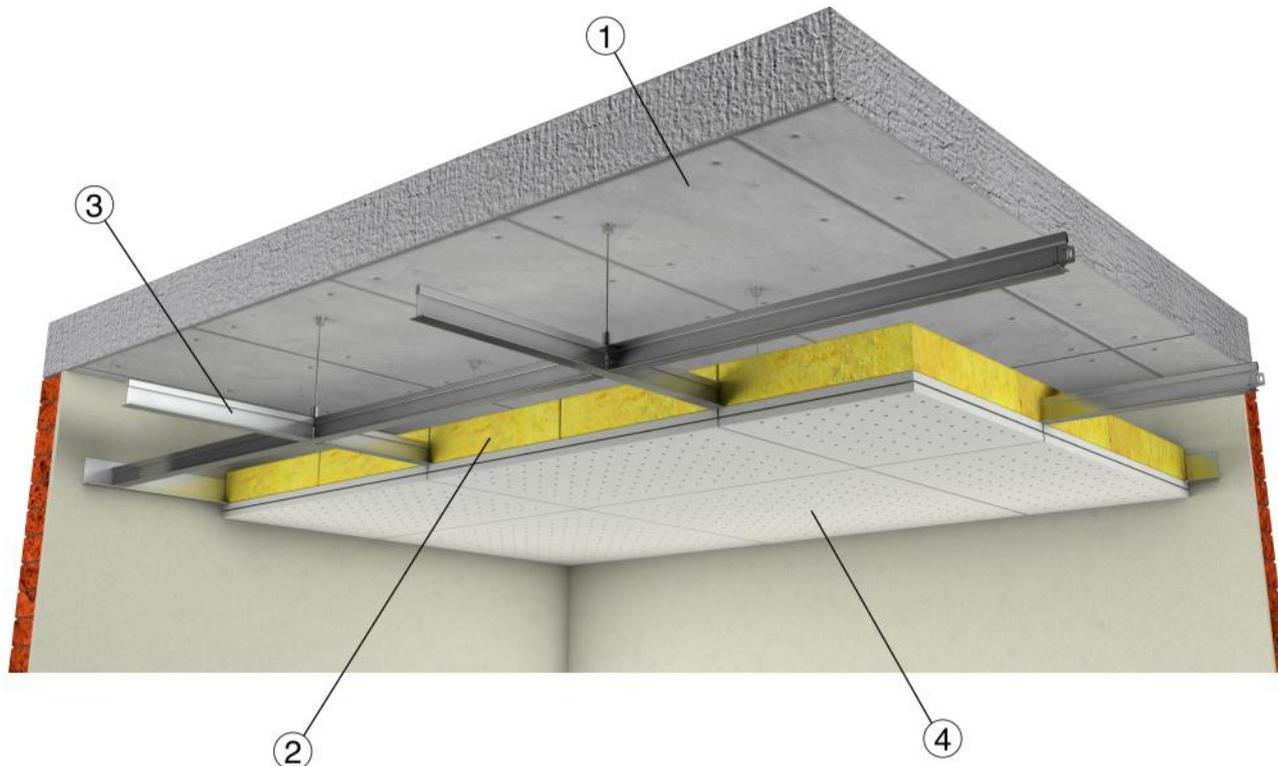


Figure 15 : La pose d'absorbant sous le plancher est une solution efficace pour réduire les problèmes liés à la réverbération d'un local. Le schéma est composé : 1. Plancher (pièce supérieure), 2. Isolant, 3. Structure métallique (afin de suspendre le plafond) et 4. Plafond (plaque de plâtre perforée).

Bon à savoir

Les performances acoustiques du plafond absorbant accroissent avec la hauteur du plénum (l'espace entre la dalle du niveau supérieur et le faux plafond), l'épaisseur de l'isolant (si possible écologique) et la perforation (ou l'écartement) entre les lames



A part les plafonds absorbants, de multiples solutions existent pour assurer un confort acoustique dans les locaux bruyants comme, par exemple, la pose de baffles ou d'îlots acoustiques. Les baffles sont des éléments absorbants verticaux suspendus en partie supérieure des locaux qui permettent d'abaisser le niveau sonore ambiant, en réduisant la durée de réverbération du local. L'ensemble des baffles est constitué d'un matériau absorbant entoilé et revêtu d'un tissu ou parement perforé. Les baffles sont ensuite introduits dans un caisson et espacés judicieusement entre eux. Que ce soit pour les plafonds ou les baffles, différentes « options » existent, comme par exemple, la visibilité des ossatures, la couleur, la couche de finition (lavable ou non), la résistance aux chocs...



Photo 8 : Locaux d'écoles disposants de plafonds acoustiques (Source : CEDIA et le Bureau d'urbanisme, d'architecture et d'arts associés de Liège).

Action sur les murs

Parfois, couvrir l'ensemble des plafonds avec des matériaux absorbants n'est pas acoustiquement suffisant. Dans certains locaux scolaires, le problème n'est pas uniquement le temps de réverbération, mais également la réduction du niveau de pression acoustique dans son ensemble. Il faut alors augmenter la surface d'absorbant en couvrant les murs. Ces revêtements sont posés avec ou sans ossatures visibles : plusieurs niveaux de finition sont disponibles pour des applications variées où la recherche d'une bonne acoustique est déterminante. Dans ce cas, les matériaux absorbants doivent être protégés contre les dégradations.

Action sur le mobilier

Le mobilier et la décoration de la pièce (chaises, armoires, tableaux, rideaux...) sont de bons outils pour corriger les problèmes d'acoustique d'un local car ils agissent comme des panneaux diffusants ou absorbants. Dans la mesure du possible le mobilier doit être rigide et plutôt « massif » pour ne pas entrer en vibration à la moindre sollicitation sonore.

Action sur les revêtements de sol

Bien que la pose d'un revêtement de sol absorbant (tapis, moquette...) ne permettra pas de diminuer la réverbération de la salle de façon drastique (et uniquement dans les hautes fréquences), le bruit des chaises et des pas seront, quant à eux, fortement atténués (diminution du bruit d'impact et ambiant). Il faudra toutefois veiller à la bonne adéquation entre un tel revêtement et les activités effectuées dans la pièce.



4.3. FICHE-CONSEIL 3 : SALLE DE CLASSE

Situation : Mauvaise isolation entre deux locaux

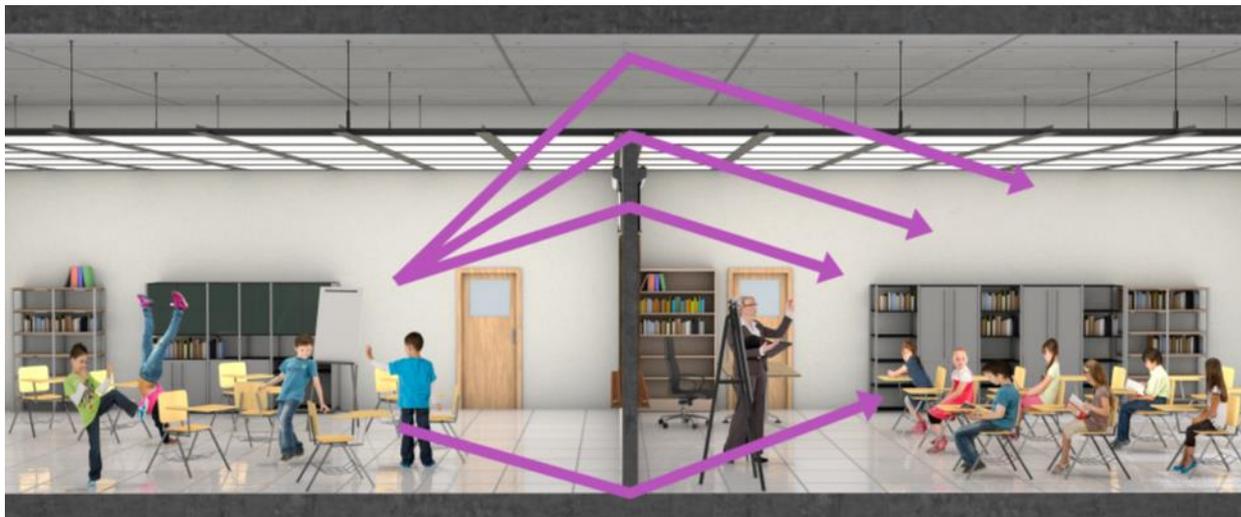


Figure 16 : Une mauvaise isolation entre les locaux peut entraîner de sérieux problèmes de bruit dans les écoles.

Diagnostic acoustique : Dans les salles de classe, les élèves ont besoin de calme pour se concentrer et pour écouter le professeur. De même, le professeur ne peut pas enseigner sa matière dans un endroit bruyant. Ainsi, il est très important que les salles de classe disposent d'une bonne acoustique. En outre, il est primordial que les salles de classe ou d'étude soient protégées des bruits extérieurs (couloirs, locaux voisins...). Une bonne isolation acoustique est donc à préconiser.

Recommandations pratiques : Isoler les locaux entre eux (très important pour une bonne compréhension dans les salles de classe). Les murs et les cloisons doivent être épais avec des matériaux massifs. Il faudra limiter les transmissions parasites en évitant fissures, passages de gaines, joints et châssis. Les portes et les fenêtres devront être conçues et placées afin de réduire au maximum le passage de bruit. Une bonne isolation aux bruits aériens suppose nécessairement une bonne étanchéité à l'air.

Capacité d'isolation d'un matériau

La performance en isolation acoustique de la construction (cloisons, plafonds, sols et les liaisons entre ces éléments) est exprimée par l'isolement acoustique standardisé pondéré D_A (voir tableau 4) Les exigences pour l'isolement acoustique entre deux locaux D_A sont les valeurs minimales qui doivent être atteintes. Celles-ci sont spécifiées dans le tableau ci-dessous pour quelques combinaisons courantes de fonctions dans les bâtiments scolaires. Quand des exigences acoustiques plus sévères s'appliquent, les exigences doivent être augmentées de 4 dB (par exemple, dans le cas où le local de réception doit être utilisé par des enfants ayant des limitations de communication ou d'audition).

D_A	Local d'émission			
	Local de réception	Salle de cours	Salle d'étude	Salle de sports
Salle de cours		44	(1)	56
Salle d'étude		48	40	60
Salle de sports		(1)	(1)	32

Tableau 4 : Isolement acoustique standardisé pondéré D_A minimum requis entre des locaux courants de bâtiments scolaires (Source : norme NBN S 01-400-2). ⁽¹⁾ Pour cette combinaison de fonctions, l'exigence est donnée dans l'autre direction.



L'indice d'affaiblissement pondéré R_w (mesuré en laboratoire) est utilisé pour caractériser l'isolation des bruits aériens. Il caractérise l'aptitude d'un matériau ou d'une paroi à atténuer la transmission directe du bruit. Les matériaux sont d'autant plus performants aux bruits aériens que l'indice R_w est élevé (voir tableau 5).

Matériaux	Valeurs indicatives R_w
Murs (brique pleine de 9 cm d'épaisseur)	40-45 dB
Murs (voile de béton de 19 cm d'épaisseur)	60 dB
Vitrage simple ou double	31-39 dB
Porte extérieure ordinaire	25 dB
Porte extérieure spéciale	42 dB
Paroi légère	34 dB
Paroi légère isolée	44-59 dB

Tableau 5 : Valeurs indicatives R_w pour certains matériaux (Source : CEDIA et Guide pratique, Rénovation acoustique, Bruxelles Environnement, 2004).

Créer de la masse

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

Appliquer le système masse-ressort-masse

Les constructions massives ne sont pas toujours possibles car elles exigent généralement des fondations et une construction principale renforcée. Dans de tels cas, le principe masse-ressort-masse qui repose sur la désolidarisation acoustique de deux parois au moyen d'un « ressort », constitué le plus souvent d'air ou d'un matériau présentant une grande capacité d'absorption, peut s'appliquer (voir fig. 15).

Dans la pratique, le découplage entre les masses s'opère en interposant un matériau souple de désolidarisation et en utilisant, le cas échéant, des éléments structurels dont la flexibilité assure un effet ressort (comme une ossature métallique légère). Plus le ressort est souple, plus le système est efficace.

Le système masse-ressort-masse peut s'appliquer partout : les masses sont constituées, selon les systèmes, de maçonneries, de panneaux de bois, de plâtre ou d'un autre matériau ayant une masse volumique élevée. Plus les masses sont grandes et plus la distance entre elles est importante, plus le système est efficace.

La présence d'un matériau absorbant, comme par exemple un isolant souple à cellules ouvertes, est nécessaire dans la plupart des systèmes. Il ne constitue pas un isolant acoustique à lui seul mais contribue à l'amortissement du son dans le système et empêche un phénomène de résonance entre les masses qui dégraderait les performances du système.

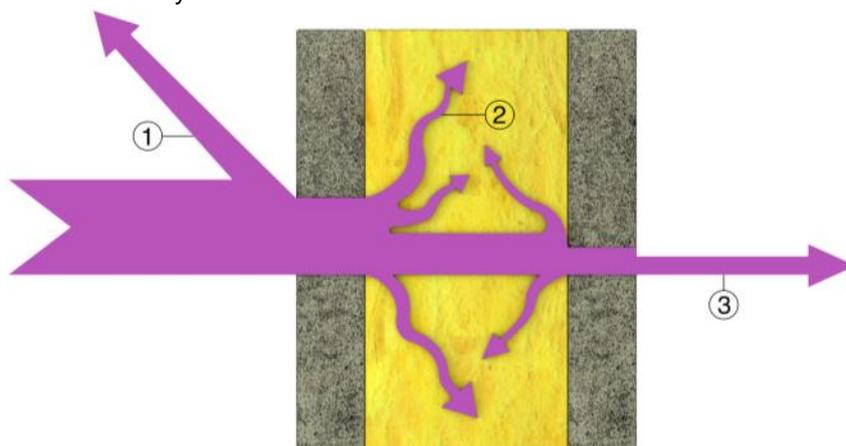


Figure 17 : Schéma représentant le principe masse-ressort-masse. L'onde sonore est scindée en trois parties : (1) réfléchie dans la pièce émettrice, (2) absorbée par l'isolant et (3) transmise dans la pièce voisine.



Bon à savoir

Un niveau élevé d'isolation peut être atteint avec le principe intitulé « La boîte dans la boîte ». Pour ce faire, on procède au doublage acoustique de toutes les parois (murs, sol et plafond) de façon à ce que les nouvelles finitions n'aient aucun contact rigide directe ou indirecte (comme par exemple une canalisation) avec le bâtiment. C'est de cette façon que sont réalisés les studios d'enregistrement

Étanchéfier

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

Bon à savoir

L'étanchéité acoustique va au-delà de l'étanchéité à l'air. En effet, des fissures remplies de mousse à cellules fermées seront étanches à l'air mais non au bruit. Lors de vos travaux, il est important de choisir un matériau de rebouchage qui garantit une étanchéité acoustique (utilisation de matériaux absorbants acoustiques).

Action sur les portes

Si une porte est située dans le mur ou la cloison, on vérifiera sa performance acoustique. Il faudra veiller à avoir une menuiserie de qualité ainsi que des joints d'étanchéité de qualité.

Action sur les murs

Vérifiez s'il n'y a pas de trous évidents ou cachés dans la cloison. Par exemple, deux interrupteurs placés dos à dos constituent une faiblesse importante. Dans ce cas, il sera nécessaire de déplacer un des deux interrupteurs et de combler la place vacante par un resserrage au mortier ou au plâtre sur toute l'épaisseur laissée libre. Des saignées pour les gaines électriques peuvent aussi constituer une faiblesse importante si elles sont faites sur une grande partie de l'épaisseur de la cloison. Il faudra colmater la saignée par du plâtre ou du mortier. Vérifiez l'état des joints de maçonnerie. Sont-ils continus, sont-ils réalisés sur toute l'épaisseur ? Si vous avez le moindre doute, réalisez un enduisage supplémentaire de la cloison par un plafonnage par exemple. Des briques ou des blocs de béton nus, même lourds, présentent une certaine porosité. Une solution est de réaliser un plafonnage sur au moins une face.



4.4. FICHE-CONSEIL 4 : ELEMENTS DE FAÇADES

Situation : Propagation du bruit au travers des murs extérieurs (façade)



Figure 18 : Les bruits extérieurs (avion, trafic routier...) peuvent s'infiltrer dans le bâtiment si la façade est mal isolée.

Diagnostic acoustique : Circulation routière, bruit d'avions ou des récréations : toutes ces nuisances viennent de l'extérieur. Une bonne isolation acoustique de la façade est essentielle afin de garder le bruit dehors et le calme dans les classes.

Recommandations pratiques : La performance acoustique globale d'une façade est déterminée par ses éléments les plus faibles qui sont bien souvent les entrées d'air, les défauts d'étanchéité à l'air des portes et des châssis ou encore des grilles de ventilation non-acoustiques (en cas de ventilation naturelle).

Action sur les châssis

Les défauts d'étanchéité, en particulier des châssis, constituent généralement le point déficient de la façade. La pose de vitrages acoustiques performants a peu d'intérêt si les châssis ne sont pas bien étanches ou si la liaison entre le châssis et la maçonnerie est légère ou perméable à l'air. La réfection de l'étanchéité à l'air des châssis est donc la première mesure à envisager. Renforcer l'étanchéité à l'air d'un châssis peut, dans certains cas, suffire à atteindre un niveau d'isolation satisfaisant par rapport aux bruits extérieurs. Comme une bonne étanchéité à l'air ne garantit pas une étanchéité acoustique, des mousses à cellules ouvertes ou des laines absorbantes sont recommandées pour la jonction châssis-maçonnerie. Cette amélioration est généralement de faible coût, facile à mettre en œuvre et apporte également une amélioration de l'isolation thermique.

Action sur les vitrages

Pour s'isoler des bruits extérieurs, un double ou triple vitrage standard (c'est-à-dire avec des épaisseurs de verre identiques) est moins efficace qu'un simple vitrage de même épaisseur à cause, notamment, d'un phénomène de réverbération. Ce problème peut être contré en utilisant un double ou triple vitrage asymétrique (verres d'épaisseurs différentes) ou, plus efficace, un verre acoustiquement feuilleté. Un gaz lourd, mis en



remplacement de l'air à l'intérieur du vitrage, ne change pratiquement pas l'indice d'affaiblissement acoustique par rapport aux bruits du trafic.

En agissant sur vos vitrages, les exigences acoustiques et thermiques peuvent facilement être combinées. N'oubliez pas de vérifier l'étanchéité de vos fenêtres. Le raccord du vitrage au châssis doit être parfaitement étanche et il en va de même pour la jonction châssis-maçonnerie.

Action sur les portes

L'amélioration des propriétés acoustiques d'une porte extérieure peut se faire par sa réparation ou son remplacement. La réparation se réalise notamment en alourdissant la porte, en assurant l'étanchéité du châssis et en plaçant un seuil étanche. Le défaut d'étanchéité dû à l'absence de batée de seuil constitue une voie privilégiée de transmission du bruit. Les sollicitations lors de l'utilisation courante de la porte peuvent entraîner une déformation de celle-ci ou de ses charnières, ou encore un endommagement de la liaison maçonnerie/chambranle, ce qui peut détériorer l'étanchéité périphérique de l'ensemble. Au besoin, consolidez l'ensemble. Les accessoires équipant la porte (serrure, poignée, ferme-porte, boîte aux lettres...) sont susceptibles de créer des fuites acoustiques. Les charnières doivent, sans se déformer, assurer l'écrasement correct des joints de frappe. Renforcer l'étanchéité à l'air de la porte est peu coûteux et suffit parfois pour atteindre un niveau de confort satisfaisant vis-à-vis du bruit extérieur. Cette intervention apporte aussi une amélioration thermique.

Bon à savoir

C'est très bien de tout étanchéifier mais il faut aussi que le bâtiment respire. Pour cela, veillez à ménager quelques entrées d'air traitées acoustiquement, c'est-à-dire munies d'absorbants acoustiques.



4.5. FICHE-CONSEIL 5 : LOCAUX SUPERPOSÉS

Situation : Propagation des bruits de choc

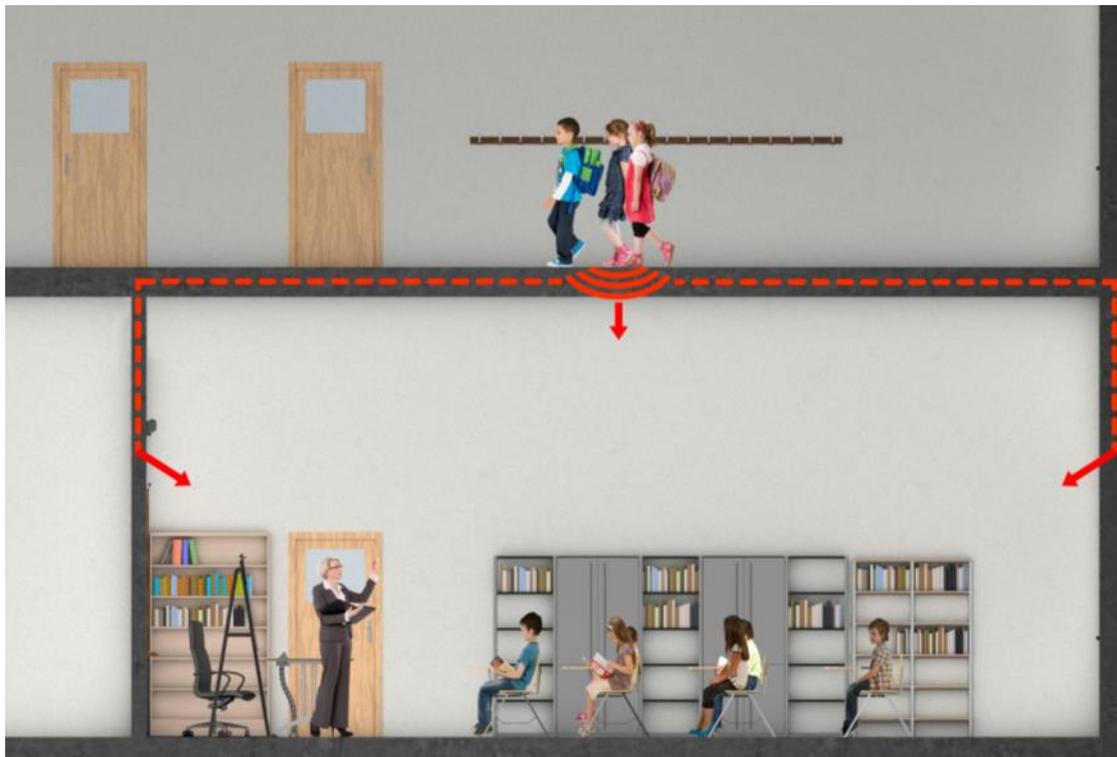


Figure 19 : Le bruit des étages supérieurs peut souvent gêner les élèves ou les enseignants.

Diagnostic acoustique : Dans les bâtiments neufs et anciens, le bruit des pas ou des chaises sur les sols durs se transmet à l'étage inférieur si aucune mesure n'est prise.

Recommandations pratiques : Pour régler ce problème, il faut étudier la performance en isolation acoustique de la construction de séparation entre les étages et du plafond qui se trouve en dessous. Au niveau des planchers et des murs, les bruits de contact s'ajoutent aux bruits aériens. Afin de les réduire au maximum, il est important de bien concevoir les planchers.

Capacité d'isolation aux bruits de choc

La performance en isolation aux bruits de choc est exprimée par le niveau de pression du bruit de choc standardisé pondéré L'_1 (voir tableau 6). Ces exigences constituent des valeurs maximales permises qui ne peuvent pas être dépassées. Celles-ci sont spécifiées dans le tableau ci-dessous pour quelques combinaisons courantes de fonctions dans les bâtiments scolaires. Quand des exigences acoustiques plus sévères s'appliquent, les valeurs doivent être diminuées de 4 dB (par exemple, dans le cas où le local de réception doit être utilisé par des enfants ayant des limitations de communication ou d'audition).

L'_1 Local de réception	Local d'émission		
	Salle de cours	Salle d'étude	Salle de sports
Salle d'études	55	60	45 (situation à éviter)
Salle de cours	60	65	45 (situation à éviter)
Salle de sports	65	pas d'exigence	60

Tableau 6 : Niveau de pression acoustique du bruit de choc standardisé pondéré L'_1 maximum permis entre locaux courants de bâtiments scolaires (Source : norme NBN S 01-400-2).



Désolidariser – Coupure entre locaux

La désolidarisation des différents éléments (cloison/plancher, mur/plancher, canalisation/mur...), au moyen de joints souples, doit être maximale. Ces coupures peuvent, par exemple, être réalisées à l'aide de joints de dilatation, « plots antivibratoires » (voir fig). On pourra également isoler les espaces sensibles selon le principe de la « boîte dans la boîte » (voir plus haut).

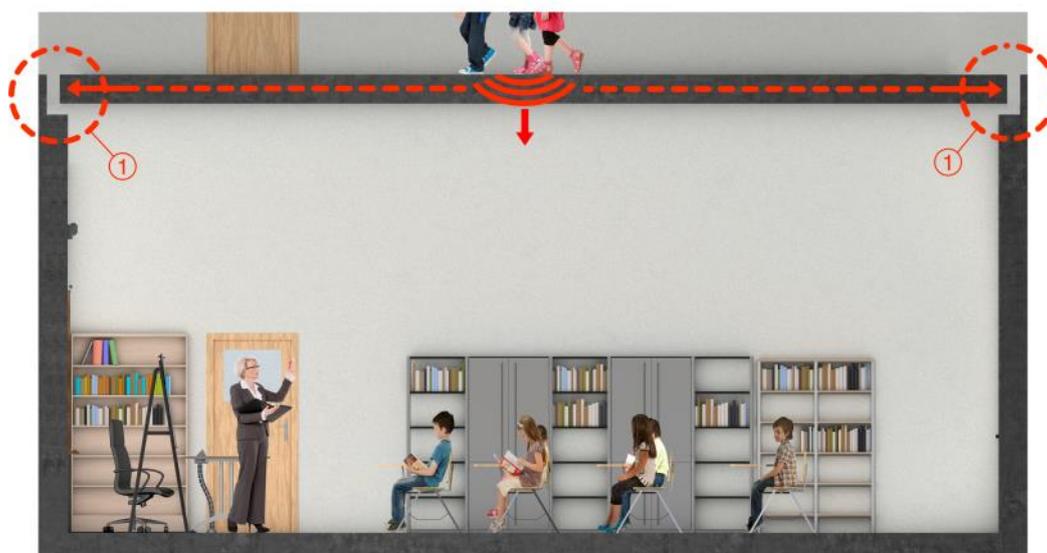


Figure 20 : La désolidarisation (1) permet la coupure entre locaux et réduit ainsi la transmission des bruits de choc dans le bâtiment.

Outre l'importante diminution des bruits de choc, cette situation présente l'avantage de résoudre les problèmes posés entre locaux par les bruits d'équipement et d'améliorer, sous certaines conditions, l'isolation vis-à-vis des bruits aériens.



Revêtement de sol associé au plancher support

Pour réduire le bruit solidien³¹, la solution est d'arrêter la transmission des vibrations par l'interposition d'une couche résiliente ou antivibratoire. Le premier remède consistera à placer une moquette ou un tapis épais (caoutchouc) dans une pièce où se produisent les impacts. L'idéal est de placer ce tapis (ou moquette) sur une sous-couche de liège ou de mousse, ce qui augmentera la performance. Ceci est surtout valable pour les sols durs en hourdis ou dalles de béton.

Bon à savoir

Le matériau antivibratoire que l'on va placer doit garder ses propriétés élastiques même lorsqu'il est sous une charge (les pas d'une personne). La couche antivibratoire doit donc présenter une épaisseur adaptée aux charges.

Sol flottant associé au plancher support

Parmi les sols flottants, on différencie les chapes et les dalles flottantes à base de liant hydraulique, les chapes sèches et les parquets flottants.

1. Chapes et dalles flottantes à base de liant hydraulique

Ce sont des ouvrages complètement désolidarisés des parois verticales et du plancher support sur lequel ils reposent par l'intermédiaire d'une sous-couche en matériaux résilients (voir fig. 17).

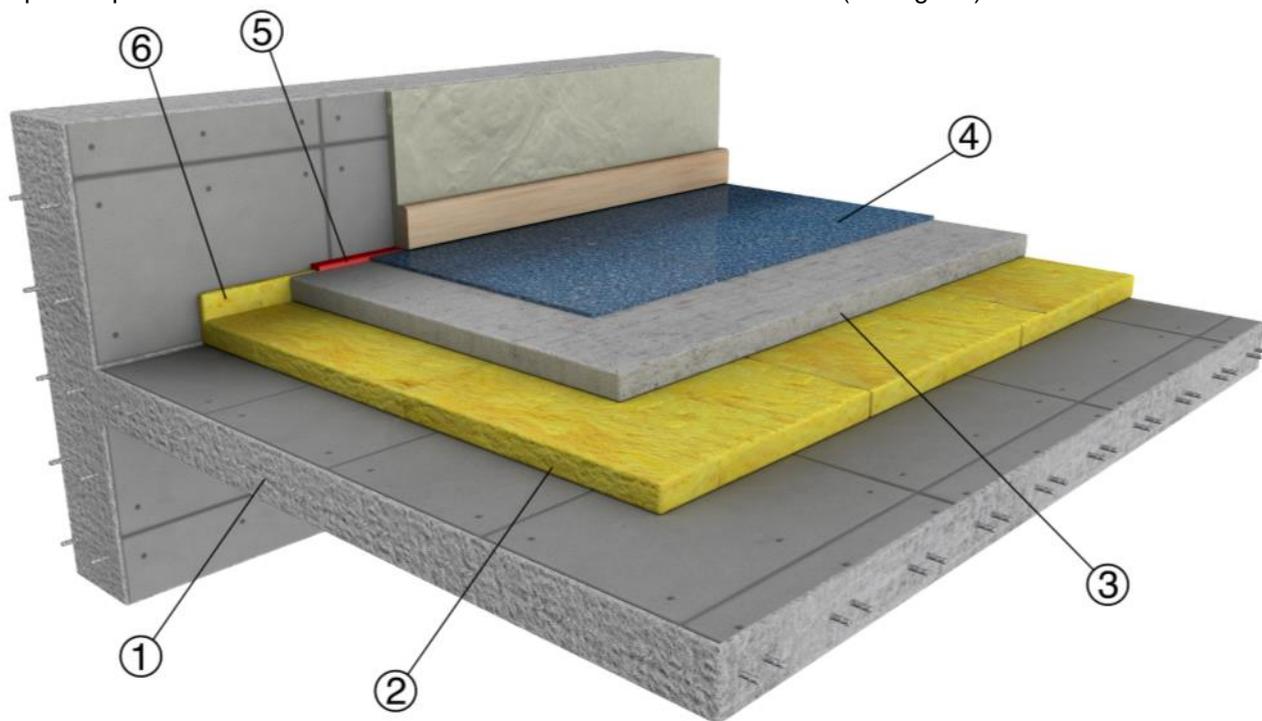


Figure 21 : La mise en œuvre d'une chape flottante est une solution efficace pour réduire les problèmes liés à la propagation des bruits de choc. Le schéma est composé : 1. Plancher support, 2. Isolant, 3. Chape ou dalle flottante, 4. Revêtement de sol, 5. Joint souple et 6. Relevé périphérique résilient.

2. Chape sèche

Elle consiste en l'assemblage de panneaux désolidarisés du plancher support par l'intermédiaire d'une sous-couche résiliente.

³¹ Les bruits solidiens sont transmis par mise en vibration de la structure et des parois du bâtiment (planchers ou murs) et par les parois latérales. Ils comprennent les bruits d'impact (bruits de pas, déplacement de meubles, chutes d'objets...) et les bruits d'équipement (ascenseur, chaufferie, chasse d'eau...).



3. Parquet flottant

Un parquet posé directement sur une dalle pleine ou sur un plancher à corps creux ne permet pas une isolation acoustique aux bruits de choc suffisante. Afin d'obtenir une performance correspondant au minimum à la réglementation, on peut utiliser des parquets flottants.

Le plafond suspendu associé au plancher

Cette solution consiste à doubler le plancher par un plafond suspendu étanche avec incorporation d'un isolant dans le plénum³². Elle ne peut être employée vis-à-vis des bruits de choc que si les transmissions latérales s'effectuant par l'intermédiaire des cloisons et des doublages sont faibles ou maîtrisées. En effet, cette solution de « secours » est bien moins efficace contre la transmission des bruits d'impact qu'une dalle flottante (traitement à la source) vu qu'elle ne bloque pas les transmissions latérales des parois porteuses.

³² Le plénum est l'espace entre la dalle du niveau supérieur et le faux-plafond.



4.6. FICHE-CONSEIL 6 : ESPACES DE CIRCULATION ET LOCAUX TECHNIQUES

Situation : Bruits de choc, aériens et d'équipements

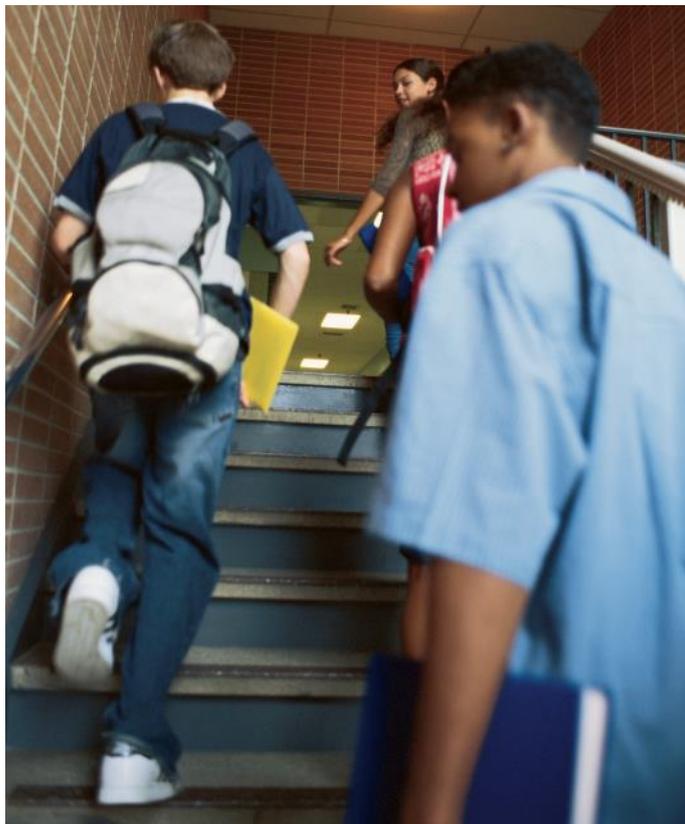


Photo 9 : Les escaliers sont souvent des endroits très bruyants (bavardages des élèves, bruits de choc...). (Source photo : Bruxelles Environnement).

Diagnostic acoustique : Les escaliers et les couloirs sont des lieux de circulation empruntés plusieurs fois par jour par les élèves et les professeurs. Les locaux techniques, indispensables au bon fonctionnement d'une école, contiennent chaudières, systèmes de ventilation et autres machines. Ces espaces de circulation et locaux techniques sont malheureusement souvent très bruyants et peuvent causer une gêne dans l'ensemble du bâtiment scolaire.

Recommandations pratiques : Pour les espaces de circulation, outre l'action sur les comportements des élèves (conversations, cris...), des solutions plus structurelles (mais plus lourdes) pourront être mises en œuvre. Pour les locaux techniques, des actions sur le choix des appareils ou sur leurs emplacements seront à préconiser.

Eloignement

Si possible, on doit éloigner l'escalier des pièces sensibles au bruit (les salles de classe). Cette solution, du fait de l'architecture imposée par l'école, n'est pas toujours envisageable. Une autre solution est de désolidariser l'escalier.

Choix de l'escalier et de son revêtement de sol

Si votre escalier est en bois, vous pouvez le remplacer par un escalier en béton, moins bruyant. La pose d'un revêtement de sol adapté permettra également de diminuer le bruit.



Matériaux absorbants

Le bruit dans les escaliers et les couloirs cause souvent des gênes dans les locaux voisins. Il est donc important que la réverbération dans de tels lieux soit la plus faible possible afin de permettre une ambiance sonore saine. Pour ce faire, les murs et/ou plafonds des couloirs et cages d'escaliers doivent être traités avec des matériaux absorbants acoustiques (voir Fiche-Conseil 2 et chapitre 9 de la norme NBN S 01-400-2).

Les équipements techniques

Source de bruit non négligeable, la plupart des équipements (chaudière, pompe, distributeurs de boissons/nourriture, ventilateur, toilettes...) sont indispensables pour le bon fonctionnement d'une école.

Afin que le bruit à l'intérieur du bâtiment scolaire soit limité, la norme NBN S 01-400-2 exige des valeurs spécifiques pour le bruit émis par de tels équipements (valeurs maximales permises, voir chapitre 8 de la norme). Elle souligne également le fait que le bruit des équipements de service peut provenir des équipements techniques du bâtiment scolaire intérieurs ou extérieurs au local considéré. En effet, les équipements provoquent des bruits qui se transmettent de façon directe ou indirecte par l'air et sous forme de bruits de contact par vibration des parois. Une machine située à une certaine distance d'une salle de classe (ou placée sur un autre étage) peut, dès lors, gêner le bon déroulement du cours.

Afin de diminuer l'impact sonore des équipements dans le bâtiment scolaire, plusieurs solutions peuvent être envisagées.

1. Puissance sonore

Pour réduire le bruit à la source, il est nécessaire de choisir le matériel le moins bruyant possible. La puissance sonore (aérienne) d'un équipement est exprimée par un indice L_w . Plus l'indice est bas, moins l'appareil est bruyant. Il faudra, par exemple, choisir des systèmes de ventilation les plus silencieux possible (L_w bas). Connaître le spectre de bruit produit par les ventilateurs (ou autres équipements) permet également de déterminer les moyens susceptibles de protéger les classes sensibles.

2. Eloignement avec les pièces calmes

Les pièces comprenant des équipements bruyants doivent être séparées des pièces plus calmes par des zones tampons (couloir, vestiaire...) et/ou être aménagées avec des parois lourdes (voir Fiche-Conseil 2). Par exemple, la chaufferie sera placée en sous-sol afin de protéger les locaux plus sensibles situés aux étages du bâtiment.

3. Capotage ou support résilient

Le bruit émis par certains équipements peut être réduit à la source en l'entourant de panneaux absorbants. Ceux-ci sont généralement des cassettes métalliques ou en matière plastique composées d'un matériau hautement absorbant dont la face côté source de bruit est perforée (capotage). L'épaisseur de l'isolant et le type de perforation peuvent être adaptés en fonction des fréquences à absorber.

Pour éviter la propagation des vibrations, les appareils bruyants peuvent également être placés sur des supports résilients (tapis de caoutchouc) absorbant les vibrations ou être fixés élastiquement au support.

Concernant les circuits de ventilation, ceux-ci peuvent être dimensionnés, en plaçant des silencieux. Cela permettra d'éviter un court-circuit acoustique dans les gaines ou conduits de ventilation qui traversent les différents locaux.



REFERENCES

1. BRUXELLES ENVIRONNEMENT

Fiche 11. Aménagement urbanistiques et bruit ambiant en Région de Bruxelles-Capitale (2011), 13p.

Fiche 34. Exposition au bruit dans les écoles (2012). Les données de l'IBGE « Le bruit à Bruxelles - Données de base pour le plan ». 11p.

Fiche 37. Les valeurs acoustiques et vibratoires utilisées en Région Bruxelloise (2010). Les données de l'IBGE « Le bruit à Bruxelles - Données de base pour le plan », 12p.

L'exposition des écoliers au bruit (1999). Rapport réalisé par le laboratoire de recherche en environnement (Cellule Bruit), 17p.

Cellule d'étude et de développement en ingénierie acoustique (CEDIA) (2010). Rapport de mesure après travaux dans une école à Berchem-Sainte-Agathe, 4p.

Evaluation des impacts acoustiques liés à la réalisation des travaux d'aménagement du réfectoire d'une école à Berchem-Sainte-Agathe (2010), Rapport interne, Service Données Bruit, 11 p.

Décibelle et Groboucan, les chasseurs de bruit (2007). Dossier pédagogique – niveau primaire, 36p.

Vivre au calme à Bruxelles, 100 conseils pour se protéger du bruit...et ne pas en provoquer (2013), 39p.

Empreintes ASBL, 2009. « Rencontre Jeunes et Bruit, Rapport Final Phase 2 des rencontres « Jeunes et Bruit », 98 p.

(http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Rapport_RencontresJeuneEtBruit_2009_FR.PDF)

Cartographie stratégique en Région de Bruxelles-Capitale (2010), Bruit des transports, 60p.

Bâtiments exemplaires, (www.bruxellesenvironnement.be/batimentsexemplaires)

Guide bâtiments durables, G_WEL01 Assurer le confort acoustique
(<http://ibge.developpement.defimedia.be/fr/g-wel01-assurer-le-confort-acoustique.html?IDC=1048&IDD=6179>).

Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique PLAGE-écoles 2009-2013 (2013), Dpt. Energie, 6p.

PLAGE, (<http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=32601>)

Guide bâtiments durables, G_MAT01 Le cycle de vie de la matière : analyse, sources d'information et outils d'aide au choix (<http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be/fr/g-mat01-le-cycle-de-vie-de-la-matiere-analyse-sources-d-information-et-outils-d-aide-au-choix.html?IDC=1048&IDD=6030>).

Prévention et lutte contre le bruit et les vibrations en milieu urbain en Région de Bruxelles-Capitale - Plan 2008-2013 (2009) (http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/PlanBruit_2008_2013_FR.PDF)

En particulier :

- Prescription 33. Assurer l'information du jeune public des effets du bruit sur la santé
- Prescription 44. Améliorer le confort acoustique des cantines, des salles de classe et des crèches

Ordonnance du 17 juillet 1997 relative à la lutte contre le bruit en milieu urbain, modifiée par l'ordonnance du 1^{er} avril 2004.



2. AUTRES

Norme NBN S 01-400-2 : Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires (2012), 37p.

OMS, 2001. « Le bruit à l'école » (n°38 dans la collection de brochures Collectivités locales, environnement et santé), 24 p.

Les cahiers de l'IBSA, n°2 (juin 2010). Impact de l'essor démographique sur la population scolaire en Région Bruxelles-Capitale
(http://www.ibsa.irisnet.be/fichiers/publications/cahiers-de-ibsa/cahiers_de_l_ibsa_n_2_juin_2010.pdf).

Réussir l'acoustique d'un bâtiment (2ème édition, 2006). Loïc Hamayon, édition Le Moniteur, 234p.

Who (1999). « Guidelines for community noise », Geneva, 159 p.
(<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>)

Ministère de l'environnement français (octobre 1993) « Confort acoustique dans les locaux de restauration scolaire - approche technique à l'usage des collectivités territoriales »

Journal officiel de la république française (28 mai 2003). « Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement ». (<http://admi.net/jo/20030528/DEVP0320066A.html>)

Directive 2002/49/CE du Parlement Européen et du Conseil (25 juin 2002) relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.

BRUITPARIF (2009), Campagne de sensibilisation et de mesure de bruit au sein de 20 lycées de la Région Ile-de-France, présentation Power Point - 25 diapositives.

Dr Billeau, Service de santé publique de la mairie de Bordeaux, communication personnelle [dans OMS, 2001. « Le bruit à l'école » (n°38 dans la collection de brochures Collectivités locales, environnement et santé), 24 p].

Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) (2007), La voix, ses troubles chez les enseignants (une expertise collective de l'Inserm), 8p.

Simberg S, Laine A, Sala E, Ronnema AM (2000), Prevalence of voice disorders among future teachers, J Voice, 14(2) :231-235.

Rockfon (2011), Assurer de bonnes conditions d'enseignement. Construire et rénover les établissements scolaires d'aujourd'hui.

Rockfon, Acoustique, La science du son, Absorption acoustique, www.rockfon.fr/

Rockwool (2009), Guide acoustique, maîtriser l'énergie sonore (isoler les bâtiments), 179p.

Hopkins C et al. (2004), Acoustic design of schools, a design guide, Department for education and skills, 205p.



INFOS



02 775 75 75
www.bruxellesenvironnement.be

Rédaction :

Comité de lecture :

Editeurs responsables :

Autres renseignements :

- *Illustrations :*
- *Photos :*

Gwendoline Clotuche – Bruxelles Environnement

F. Saelmackers, M. Poupé, C. Lecointre – Bruxelles Environnement
CEDIA, CSTC

F. Fontaine & R. Peeters – Gulledelle 100 – 1200 Bruxelles

Rodrigo J Pizarro

Bruxelles Environnement, CEDIA & Centre Urbain