

Acoustique du bâtiment

Évolutions ressenties au cours des quinze dernières années

Mathias Meisser

103, avenue Philippe Auguste

75013 Paris

Tél. : 01 43 73 19 54

Fax : 01 43 71 11 36

E-mail : meisser@noos.fr



Quand on baigne dans un domaine tous les jours, on ne le voit pas évoluer. Pourtant en cherchant bien on constate que des secteurs sont marqués par des progrès sensibles et que d'autres n'ont pas bougé.

Pour pouvoir terminer sur une note optimiste, je préfère commencer sur ce qui n'a malheureusement pas évolué et réserver les progrès réalisés à la fin.

Ce qui ne s'est pas amélioré

Dans le domaine de la conception d'un bâtiment

Les outils mis à la disposition des concepteurs pour prévoir les prestations à mettre en œuvre afin d'obtenir les résultats acoustiques escomptés sont trop souvent utilisés sans prendre garde à leur domaine de validité. Ces domaines de validité ne sont d'ailleurs pas mis en évidence dans les modes d'emploi des outils. Jusqu'aux années 90, la seule méthode de prévision d'un isolement acoustique était basée sur un calcul de la transmission directe par la paroi de séparation et sur une évaluation forfaitaire de la perte d'isolement acoustique due aux transmissions par les parois latérales. Cette évaluation forfaitaire avait été établie après une exploitation statistique d'un grand nombre de résultats de mesures réalisées dans des bâtiments dans lesquels les parois de séparations entre logements étaient lourdes et non équipées de complexes de doublages. Or, la méthode de prévision simplifiée a été souvent utilisée dans des cas de parois de séparation légères ou de murs lourds doublés. Il en résultait des résultats de mesures *a posteriori* nettement inférieurs à ceux qui étaient prévus. Le concepteur sûr de sa conception mettait alors la responsabilité des écarts sur le dos de la mise en œuvre. Notons que la méthode simplifiée de prévision des isollements acoustiques est encore utilisée actuellement, bien ou mal, par ceux qui n'ont pas souhaité se doter des moyens de prévision actuels, suffisamment complexes pour qu'on soit amené à se servir de logiciels informatiques.

Certains concepteurs sont encore peu formés dans le domaine de l'acoustique du bâtiment. Certains autres ne se sentent pas concernés par ce domaine ; lors des très nombreuses discussions qui ont permis d'aboutir à la nouvelle réglementation acoustique (NRA) en 1994, les seuls architectes participants étaient des architectes acousticiens.

Il en résulte que de nombreux projets sont faits sans souci particulier d'acoustique et *a fortiori* sans bureau d'étude acoustique. Ainsi, l'obligation de respecter la réglementation acoustique est mise en objectif dans les pièces écrites et ce sont les entreprises qui ont la charge de prévoir et mettre en œuvre les prestations qui permettront d'y parvenir. Il arrive que ce soit ces entreprises qui fassent appel à un bureau d'étude spécialisé, lorsqu'elles sont conscientes de leur manque de dextérité dans le maniement des décibels.

"Tout le monde dit qu'il faut intégrer l'acoustique le plus en amont possible lors de l'élaboration d'un projet, mais ce n'est que rarement suivi d'effet."

Mais ce n'est pas parce qu'un bureau d'étude acoustique est consulté par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre que tout va bien. En effet, dans certains projets, généralement de grande envergure, il y a trop souvent un amalgame qui est fait entre une obligation de résultats et une obligation de moyens.

Dans la notice acoustique d'un projet, on peut trouver un chapitre précisant les résultats à atteindre dans les domaines de l'isolation acoustique interne ou externe, de la correction acoustique des locaux, des bruits de chocs, des bruits d'équipements, et un autre chapitre décrivant des moyens déclarés qui permettent de satisfaire les obligations de ces résultats.

Dans certains cas trop fréquents, cet ensemble est complété par les phrases suivantes :

“Les entreprises doivent obtenir les résultats du premier chapitre (obligation de résultat), elles doivent également mettre en œuvre les moyens décrits dans le deuxième chapitre (obligation de moyens). Si l'entreprise estime que les moyens décrits ne sont pas susceptibles de satisfaire les exigences acoustiques, elle devra améliorer les moyens. Si l'entreprise constate que les moyens décrits sont susceptibles de donner des résultats supérieurs aux exigences, elle devra mettre en œuvre les moyens”.

Dans ce contexte, l'entreprise qui ne fait pas vérifier par un autre acousticien qu'il y a une bonne adéquation entre les résultats imposés et les moyens décrits et qui décide d'appliquer ces moyens prend le risque d'obtenir, en fin de chantier des résultats inférieurs aux objectifs et de se voir accusée d'avoir mal mis en œuvre les prestations. Si, par contre, les résultats sont très supérieurs aux exigences, c'est l'acousticien du projet qui prend le risque de se voir reprocher par le maître d'ouvrage d'avoir prévu des prestations plus coûteuses que celles qui auraient été nécessaires.

Il est même arrivé qu'en cours de chantier, on s'aperçoit de l'inutilité de certaines prestations importantes et que l'entreprise ait à les réaliser sous prétexte qu'elle s'était engagée à satisfaire les exigences et à mettre en œuvre les moyens décrits dans la notice acoustique.

“Les entreprises devraient, avant la signature des marchés, demander au maître d'ouvrage de choisir entre l'obligation de résultats et l'obligation de moyens.”

Dans le domaine de la prise en compte des autres fonctions d'un bâtiment

Il s'agit là d'un autre problème lié à la conception qu'on aurait pu traiter dans le chapitre précédent. Mais ce problème de compatibilité entre les différentes fonctions d'un bâtiment est suffisamment important pour qu'il mérite un chapitre à lui tout seul.

On ne peut pas dire que ce domaine n'a pas évolué, car de plus en plus de constructeurs savent qu'il peut y avoir incompatibilité entre l'isolation thermique et l'isolation acoustique. Mais il s'agit d'un petit nombre si on considère toute la population qui devrait se poser le problème. De plus, il n'y a pas que la thermique et l'acoustique, il faut également se préoccuper de la ventilation des locaux, de la protection contre l'incendie...

Voyons d'abord les fonctions acoustiques et thermiques :

- La masse surfacique des parois simples, très utilisée en acoustique, n'est pas toujours compatible avec une bonne isolation thermique. À moins d'utiliser des bétons cellulaires ou des briques creuses de type “monomur” de fortes épaisseurs, il est difficile de concilier les deux domaines.
- Il y a peu de temps, les isolants thermiques les plus utilisés étaient des plastiques alvéolaires de type polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyuréthane rigide. Malheureusement, les complexes d'isolation à base de ces matériaux ont la fâcheuse tendance à diminuer le pouvoir d'isolation acoustique de la paroi support. La perte



d'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi munie de son complexe d'isolation thermique par rapport à la paroi nue est d'autant plus forte que l'isolant entrant dans la composition du complexe est plus rigide (polystyrène extrudé ou polyuréthane rigide). Or, en thermique, les produits rigides cités ci-dessus ont un pouvoir d'isolation supérieur. On a donc tendance à les utiliser lorsqu'on cherche à diminuer l'épaisseur du complexe d'isolation thermique.

Les isolants thermiques équipent principalement les façades des immeubles, et, le plus souvent ils sont placés du côté intérieur du bâtiment. Comme nous l'avons vu ci-dessus, les isolants rigides dégradent la performance acoustique. Cette dégradation a généralement peu d'importance quand on s'intéresse à l'isolation acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs, sauf éventuellement dans le cas où l'isolement acoustique demandé est particulièrement élevé. En effet, la fenêtre, les entrées d'air, les coffres de volets roulants sont habituellement les points faibles qui commandent le résultat global. Par contre, les façades sont des éléments de transmissions latérales dans les problèmes d'isolement acoustique entre locaux voisins adossés à cette façade. Une perte de performance de cette paroi latérale peut entraîner une diminution de l'isolement acoustique entre locaux. Les problèmes de ce type se posent d'autant plus que l'isolement acoustique exigé est fort. Il faut les maîtriser dans le cas des logements, voire des hôtels et il y a moins d'incidence dans les cas des bâtiments d'enseignement ou dans les hôpitaux. Dans le premier cas les isolements acoustiques exigés sont compris entre 50 et 55 dB, dans le second, ils sont compris entre 40 et 45 dB. Lorsqu'il y a risque d'incompatibilité entre l'isolation thermique et l'isolation acoustique, une solution consiste à remplacer ces isolants rigides par des produits dits thermo-acoustiques, qui, au lieu de dégrader la performance acoustique du support, sont neutres ou l'améliorent.

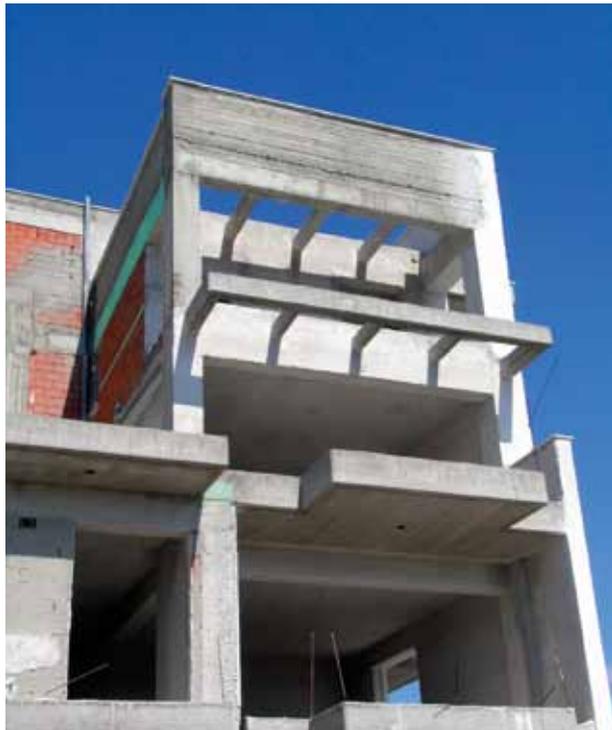
Un autre domaine dans lequel on ne se pose pas toujours le problème de compatibilité est celui de la relation entre la qualité acoustique d'une façade et l'aération suffisante des locaux. En acoustique, on choisit les performances des fenêtres et des parties opaques de façade de façon à obtenir les exigences d'isolements acoustiques vis-à-vis des bruits extérieurs. Puis, pour assurer une aération suffisante, on place dans la façade des entrées d'air qui sont en fait des trous dans la paroi, sources de transmissions parasites. Ce problème commence à être relativement bien maîtrisé dans les immeubles d'habitation. Mais pour ces immeubles les besoins en renouvellement d'air sont assez faibles. Par contre, dans une salle de classe d'un établissement d'enseignement, il faut introduire 18 m³/h par élève, ce qui conduit à 450 m³/h s'il y a 25 élèves. Autrement dit, il faut placer en façade 10 grilles d'entrée d'air de 45 m³/h. Si l'isolement acoustique normalisé pour un bruit routier à l'émission d'une seule entrée d'air est de 45 dB, l'isolement acoustique normalisé global pour les 10 grilles n'est plus que de 35 dB. Dans le cas d'une recherche d'isolement fort vis-à-vis des bruits routiers, il peut y avoir incompatibilité. On sera alors conduit à étudier une ventilation mécanique de type double flux (insufflation et extraction d'air dans les pièces par gaines). Le coût de cette solution est partiellement compensé par le fait qu'il

n'y a plus d'entrées d'air en façade, par la possibilité de récupérer de la chaleur sur le réseau d'air extrait, et par la diminution des performances des vitrages équipant les fenêtres.

Les deux domaines de compatibilité évoqués ci-dessus montrent **qu'il ne faut pas se contenter d'étudier une fonction du bâtiment, sans se préoccuper des incidences sur les autres fonctions.** Il y a des incompatibilités entre domaines, mais il existe également des solutions compatibles. Encore faut-il se poser le problème.

Pour illustrer encore une fois cette nécessité d'examiner toutes les fonctions du bâtiment, nous évoquerons un cas récent d'un immeuble d'habitation. L'étude thermique avait été faite en considérant des complexes d'isolation thermique par l'intérieur à base de polystyrène expansé standard de 8 à 10 cm, suivant la localisation. L'étude acoustique a été faite en prenant en compte le résultat de l'étude thermique et a défini la nature et l'épaisseur des planchers, des murs et des cloisons qui étaient nécessaires pour obtenir les 53 dB d'isolement acoustique standardisé demandés par la réglementation. Ni le thermicien, ni l'acousticien n'étaient conviés aux réunions de chantier. Au cours d'une de ces réunions un des participants a proposé de remplacer le polystyrène expansé standard par un polystyrène extrudé de conductivité plus faible, ce qui permettait, à résistance thermique égale, de diminuer l'épaisseur du complexe d'isolation de 2 cm. La variante a été immédiatement acceptée. En fin de chantier, les mesures acoustiques de réception ont montré des non-conformités d'isolements acoustiques entre pièces superposées de logements différents, notamment lorsque ces pièces étaient en pignon de l'immeuble. Il s'est avéré que ces non-conformités étaient essentiellement dues au remplacement de l'isolant thermique sans se poser le problème de sa compatibilité avec l'acoustique.





Dans le domaine des incertitudes liées aux méthodes de prévision et aux mesures en laboratoire ou in situ

En ce qui concerne les méthodes de prévision, en supposant que le modèle utilisé soit correct, la précision de l'évaluation d'un isolement acoustique ou d'un niveau de bruit de choc dépend essentiellement de la précision des données d'entrée : performances des produits mesurés en laboratoire, durées de réverbération structurelles... La norme EN 12 354-1 : "Calcul des performances acoustiques des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie I : Isolement acoustique aux bruits

aériens entre des locaux" indique que la prévision est correcte en moyenne, avec des écarts type "prévision – mesure finale" de 1,5 à 2,5 dB.

Par contre, ni les normes françaises décrivant les méthodes de mesure en laboratoire, ni celles relatives aux mesures *in situ* n'évoquent la notion de précision. En attendant que cet oubli soit réparé, la réglementation applicable aux bâtiments d'habitation et une circulaire parue au journal officiel visant les bâtiments tertiaires précisent qu'une incertitude de 3 dB est admise lors de l'interprétation des résultats de mesure *in situ*.

Notons qu'une des sources d'incertitude vient de la pratique consistant à arrondir les résultats de mesure calculés au dixième de décibel vers le décibel le plus proche. Si le résultat calculé se termine par 0,5 dB, on arrondit au décibel le plus proche favorable à l'ouvrage. Ainsi le résultat d'une mesure d'isolement de 52,5 dB sera arrondi à 53 dB et un résultat de 52,4 dB sera arrondi à 52 dB, soit 1 dB d'écart pour 0,1 dB mesuré.

Dans le domaine des bâtiments existants

Il n'y a toujours pas de réglementation fixant des exigences minimales à appliquer lorsqu'on réhabilite un bâtiment existant aussi bien dans le secteur résidentiel que dans le secteur tertiaire. Les règlements donnent les performances à obtenir dans les bâtiments neufs. Plus ces performances augmentent, plus les écarts avec les bâtiments existants se creusent.

Divers

Tous les textes prévus par la loi Bruit, qui a plus de 12 ans, ne sont pas encore parus. En particulier l'arrêté qui devrait traiter des caractéristiques des bâtiments à usage de sport est en cours d'étude depuis plus de cinq ans et il n'existe pas encore de projet de texte suffisamment élaboré pour être soumis aux différents organismes devant donner leur avis.

Ce qui a évolué

Adaptation des modes de calcul des isolements acoustiques et des niveaux de bruits de choc aux règles européennes

Depuis le 1^{er} janvier 2000, toutes les réglementations acoustiques et les expressions des résultats doivent être conformes aux dispositions des normes ISO 717 : "Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction". La partie I de cette norme est relative à l'isolement aux bruits aériens et la partie II à la protection contre les bruits de choc.

Cas des isolements aux bruits aériens

En France, jusqu'en 2000, les isolements acoustiques entre locaux ou entre l'espace extérieur et un local étaient calculés et exprimés en dB (A) pour deux types de bruits-émissions : le bruit rose et le bruit routier. Compte tenu de l'isolement acoustique mesuré par intervalles de



fréquences (tiers d'octave en laboratoire et octave *in situ*), on calculait le niveau en dB (A) d'un bruit rose ou d'un bruit routier à l'émission et on lui retranchait le niveau calculé en dB (A) mesuré à la réception. Cette pratique est tout à fait conforme à l'image qu'on se fait de l'isolement aux bruits aériens, c'est-à-dire de la différence entre un niveau émis et un niveau reçu.

Dans la plupart des autres pays européens, la valeur unique caractérisant un isolement acoustique était obtenue en comparant la courbe de l'isolement par intervalles de fréquence à une courbe de référence. On obtenait ainsi un isolement acoustique pondéré, exprimé en dB.

Notons que la méthode française de l'isolement acoustique en dB (A) semble mieux adaptée au contexte d'obligation de résultat imposé par la réglementation.

Comme il était exclu de laisser subsister deux méthodes très différentes, il était prévisible que seule la méthode de l'isolement acoustique pondéré par la courbe de référence subsisterait. Cela supposait une refonte profonde des méthodes d'approche utilisées par les constructeurs français, qui s'étaient formés à leur utilisation.

Heureusement qu'un jour, un des participants aux discussions a eu l'idée d'accoupler aux valeurs uniques pondérées D_w ou R_w deux termes C et C_{tr} , appelés "termes d'adaptation", qui, ajoutés aux valeurs pondérées permettaient d'obtenir les isolements ou indices en dB (A) pour un bruit-émission rose (C), ou pour un bruit-émission de trafic (C_{tr}). Ainsi, la France pouvait continuer à raisonner en dB (A).

Il y a cependant quatre modifications à prendre en compte par rapport aux anciennes méthodes françaises :

- Les intervalles de fréquences utilisés lors des mesures en tiers d'octave vont de l'intervalle centré sur 100 Hz à l'intervalle centré sur 3 150 Hz. Pour les mesures en octaves, les intervalles vont de 125 Hz à 2 000 Hz. En France, avant le 1^{er} janvier 2000, on faisait les mesures de 100 à 5 000 Hz en tiers d'octave et de 125 à 4 000 Hz en octave. Une des conséquences est qu'un bruit rose calculé en dB (A) de 125 à 2 000 Hz a une valeur de 1 dB (A) inférieure au même bruit rose calculé de 125 à 4 000 Hz. Par contre, le bruit routier, devenu bruit de trafic a la même valeur qu'il soit calculé jusqu'à 2 000 ou 4 000 Hz. En outre, les spectres des bruits à la réception correspondent le plus souvent à la même valeur en dB (A) qu'on utilise ou non l'octave 4 000 Hz. Il en résulte qu'un isolement acoustique exprimé en dB (A) pour un bruit rose à l'émission en conformité avec les règles européennes est de 1 dB (A) inférieur à celui qu'on utilisait en France avant l'harmonisation.

- Le vocabulaire a changé : pour faire abstraction des caractéristiques acoustiques des locaux de réception dues aux revêtements de parois et au mobilier, on est amené à calculer les isolements qu'on aurait mesurés si ces locaux avaient eu des caractéristiques de référence. L'acoustique interne d'un local peut être caractérisée, soit par son aire d'absorption équivalente A (représentative de la quantité d'absorbants qu'il contient), soit par sa durée de réverbération T. L'Europe impose d'appeler "isolement

acoustique normalisé" l'isolement obtenu lorsque la caractéristique de référence est l'aire d'absorption équivalente et "isolement acoustique standardisé" lorsque la caractéristique est la durée de réverbération.

Or, en France, avant le 1^{er} janvier 2000, la notion d'isolement acoustique avec une correction de durée de réverbération était appelée "isolement acoustique normalisé". Calculé en dB (A), il était noté D_{nAT} . Depuis le 1^{er} janvier 2000, il a fallu prendre l'habitude d'appeler cet isolement "isolement acoustique standardisé". Lorsqu'on utilise les termes d'adaptation C et C_{tr} , cités ci-dessus, les valeurs uniques des isolements acoustiques standardisés sont notées D_{nTA} ou $D_{nTA, tr}$.

- Bien que les termes d'adaptation C et C_{tr} soient calculés en faisant la différence entre l'isolement acoustique calculé en dB (A) et la valeur unique pondérée par la courbe de référence exprimée en dB, la norme ISO 717 exprime tous les résultats en dB. En conséquence, un isolement standardisé D_{nTA} correspond effectivement à un calcul d'isolement acoustique en dB (A) pour un bruit rose à l'émission, mais son résultat doit être exprimé en dB. Indépendamment des intervalles de fréquences utilisés lors des mesures, le spectre du bruit de trafic n'est pas tout à fait le même que le spectre du bruit routier utilisé en France avant l'harmonisation européenne.

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
France avant 2000 (dB)	+6	+5	+1	0	-2	-8
Europe (dB)	+6	+3	0	0	-3	

Protection contre le bruit de choc

En France, jusqu'en 2000, les niveaux de bruits de chocs, obtenus dans le local de réception lorsqu'une machine à chocs normalisée fonctionne sur le sol du local d'émission, étaient exprimés en dB (A). On appelait "niveau de bruit de choc normalisé L_{nAT} ", la valeur en dB (A) calculée à partir du spectre du bruit corrigé pour l'amener à celui qu'on aurait mesuré si la durée de réverbération du local de réception avait été de 0,5 seconde à toutes les fréquences.

Dans la plupart des autres pays européens, la valeur unique caractérisant un niveau de bruit de choc était obtenue en comparant le spectre du bruit à la réception à une courbe de référence. On obtenait ainsi un niveau de bruit de choc pondéré exprimé en dB.

C'est cette technique de la courbe de référence qui est à utiliser dans le cadre de l'harmonisation européenne. Contrairement au cas des isolements aux bruits aériens, il n'a pas été question d'introduire un terme d'adaptation permettant de passer du niveau pondéré au niveau en dB (A). Or les écarts entre les deux expressions sont loin d'être constants.

Depuis 5 ans, les mesures de niveaux de bruits de chocs en laboratoire sont réalisées en tiers d'octave de 100 Hz à 3 150 Hz. Elles sont corrigées pour déterminer les niveaux qu'on aurait mesurés si l'aire d'absorption équivalente du local de réception avait été de 10 m². La valeur unique est le niveau de pression pondéré de bruit de choc normalisé $L_{n,w}$ exprimée en dB, calculée en comparaison avec un spectre de référence.

En France, les mesures *in situ* se font par intervalles d'octave de 125 à 2 000 Hz. Le spectre est corrigé pour déterminer le résultat qu'on aurait eu si la durée de réverbération avait été de 0.5 seconde à toutes les fréquences. La valeur unique est le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé $L'_{nT,w}$ exprimée en dB et déterminée par comparaison avec un spectre de référence. Le signe "prime" est là pour montrer que les mesures ont été faites en présence de transmissions latérales.

Évolution des réglementations

Dans les bâtiments d'habitation

Le premier texte réglementaire fixant des exigences acoustiques applicables à toute construction d'habitation neuve date du 14 juin 1969. Il traitait des bruits aériens, des bruits de chocs et des bruits d'équipements émis à l'intérieur de l'immeuble et perçus dans les pièces principales ou les pièces de service d'un logement. Ce texte avait subi une légère modification le 22 décembre 1975.

Un arrêté du 10 février 1972 prévoyait la possibilité de prévoir des performances supérieures aux exigences minimales réglementaires dans le cadre d'une démarche volontaire du maître d'ouvrage. Lorsque ces performances étaient obtenues, les constructions réalisées avec l'aide financière de l'État pouvaient bénéficier de prêts complémentaires. Ils obtenaient également la reconnaissance de la qualité acoustique de leur opération par l'attribution d'un label acoustique, agrémenté d'une, deux ou trois étoiles suivant que les performances du label étaient totalement ou partiellement atteintes, et, évidemment à condition que toutes les exigences réglementaires soient satisfaites.

Pour la protection des logements vis-à-vis des bruits extérieurs de circulation routière, ferroviaire ou aérienne (les avions), l'arrêté du 6 octobre 1978 fixait des valeurs minimales d'isollements acoustiques de façade à respecter en fonction de la position du logement par rapport à la source de bruit extérieur (distances, hauteur, présence ou non d'écran...). Cet arrêté a été modifié le 23 février 1983 afin de mieux l'adapter aux possibilités déterminées grâce à l'expérience acquise par l'application du texte précédent.

En 1990, la presse professionnelle a largement diffusé les résultats d'un sondage montrant que près des deux tiers des Français n'étaient pas satisfaits de la qualité acoustique de leur logement. Malgré le fait que rien ne permettait de faire la part entre les logements qui avaient été soumis à la réglementation de 1969 et les logements plus anciens qui n'avaient aucune règle acoustique à respecter lors de leur construction, il a été décidé de durcir la réglementation applicable aux logements neufs. Après de nombreuses discussions auxquelles participaient les représentants de presque tous les intervenants dans la construction – maîtres d'ouvrage, bureaux d'études et ingénieurs acousticiens, laboratoires, industriels, entreprises, contrôleurs techniques, quelques architectes acousticiens – et après un certain nombre d'opérations expérimentales, ce qu'on a appelé la nouvelle

réglementation acoustique (NRA) est parue sous la forme de l'arrêté du 28 octobre 1994, applicable à partir du 1^{er} janvier 1996. Ce texte augmentait les isollements acoustiques entre locaux de l'immeuble de 3 dB (A), diminuait le niveau maximal de bruit de choc et le niveau maximal de bruit d'équipement individuel de 5 dB (A) et introduisait des exigences nouvelles comme les niveaux de bruits d'équipements de logements à l'intérieur de ces logements, une isolation minimale vis-à-vis des bruits extérieurs de circulation terrestre et une correction acoustique minimale des circulations communes.

En 1995, l'arrêté du 30 mai a fixé de nouvelles exigences d'isollements acoustiques de façades. Il a notamment resserré les classes d'isollements, donné des valeurs d'isolement en fonction de cinq catégories de voies routières, et considéré que le seul critère à retenir quant à la localisation du logement à protéger est la distance de la façade de ce logement à la voie de circulation. Les préfets étaient chargés de procéder au classement des voies pour les répartir dans les cinq catégories prévues. Notons que ce classement a souvent pris quelques années.

Il se trouve que les textes de 1990 et de 1995 ont été réalisés avant que l'harmonisation européenne ne devienne obligatoire. Lorsqu'il a été connu que cette harmonisation devait prendre effet le 1^{er} janvier 2000, il a été nécessaire de modifier ces textes pour les traduire en langage européen. C'est ainsi que l'arrêté du 28 octobre 1994 a été remplacé par l'arrêté du 30 juin 1999, applicable à partir du 1^{er} janvier 2000 : les isollements acoustiques normalisés D_{nAT} en dB (A) ont été remplacés par des isollements acoustiques standardisés D_{nTA} en dB avec une diminution de 1 dB pour tenir compte de la modification de l'intervalle de fréquences utilisé, les niveaux de pression acoustiques normalisés de bruit de choc L_{nAT} ont été remplacés par leur "équivalent", niveau de pression pondéré de bruit de choc standardisé $L'_{nT,w}$ et l'isolement de façade $D_{nAT,route}$ par l'isolement acoustique standardisé $D_{nTA,tr}$. Quant au texte de 1995, relatif aux isollements acoustiques de façade, il n'a pas encore été modifié, sous le prétexte que les valeurs des $D_{nAT,route}$ et des $D_{nTA,tr}$ sont les mêmes pour les mêmes prestations.

Dans les bâtiments du secteur tertiaire

Dans ce secteur, le seul texte réglementaire existant avant 1995 était celui visant les hôtels : arrêté du 14 février 1982 relatif à la procédure de classement des hôtels et résidences de tourisme. Il renvoyait à la réglementation relative aux immeubles de logements. Autrement dit une chambre d'hôtel devait bénéficier de la même qualité acoustique minimale qu'un logement. L'application de cet arrêté était peu ou pas contrôlée et il était donc rare qu'il soit pris en compte lors de la construction de nouveaux établissements.

Avant 1992, les établissements d'enseignement, les établissements de santé et les locaux à usage de sport étaient dotés de recommandations émanant de leurs ministères de tutelle respectifs. Le caractère non obligatoire de ces recommandations n'incitait pas les constructeurs à s'en préoccuper.

En 1992, la loi du 31 décembre a prévu un décret devant donner la liste des bâtiments autres que d'habitation qui

devraient être soumis à des caractéristiques acoustiques. Il s'agit du décret du 9 janvier 1995 qui demande que des arrêtés soient pris pour fixer la limitation des bruits dans les établissements d'enseignement, de santé, de soins, d'action sociale, de loisirs et de sports, ainsi que dans les hôtels et établissements d'hébergement à caractère touristique.

Actuellement seuls les arrêtés relatifs aux établissements d'enseignement, de santé et aux hôtels sont parus.

En 1995, le secteur qui a inauguré la série de textes est celui des établissements d'enseignement – arrêté du 9 janvier 1995.

En 2003, le 25 avril, trois arrêtés et une circulaire, parue en même temps que les arrêtés au journal officiel, ont fixé les exigences acoustiques minimales à appliquer dans les établissements d'enseignement (remplacement de l'arrêté du 9 janvier 1995 pour tenir compte de l'harmonisation européenne et de l'expérience acquise après quelques années d'application du texte précédent), dans les établissements de santé et dans les hôtels. La circulaire commune aux trois arrêtés indique les méthodes de mesures, précise qu'une incertitude de 3 dB est admise lors de l'interprétation des résultats de mesures de contrôle *a posteriori* et donne quelques conseils pour chaque type d'établissements. Elle précise en outre que les niveaux d'exigences sont des minimums et que dans des situations particulières, il est fortement conseillé de les augmenter.

Les contrôles de la réglementation

On aurait pu placer ce chapitre dans les rubriques de ce qui ne s'est pas amélioré, ou même créer un chapitre spécifique traitant des domaines qui ont subi une forte dégradation.

Dans les années 70, il y a eu de très nombreux contrôles d'opérations de logements, soit pour vérifier l'application du règlement de la construction, soit pour contrôler les performances obtenues dans les opérations ayant opté pour le label acoustique, soit à l'initiative des particuliers entrant dans des logements neufs qui avaient connaissance d'une possibilité de subvention pour couvrir partiellement le coût des mesures. Cette subvention était gérée par l'Institut National de la Consommation.

L'exploitation des nombreux résultats de mesures confrontés aux plans et descriptifs des opérations concernées a permis d'une part de déceler les secteurs dans lesquels les non-conformités étaient les plus nombreuses et d'autre part de conforter ou de mettre à mal les approches prévisionnelles. On peut considérer que ces contrôles ont permis de faire de grands progrès en acoustique du bâtiment, notamment grâce à la prise de conscience que la réglementation existait, qu'il fallait la respecter et qu'en cas de non-conformités des sanctions étaient prises.

Durant ces dix dernières années, les contrôles par l'administration ont été très peu nombreux (on parle d'à peine un ou deux contrôles par département et par an) et les constructeurs ne se sentent pas surveillés.

"Lorsqu'un règlement n'est pas contrôlé, c'est comme s'il n'existait pas."

Heureusement, que certains maîtres d'ouvrage et certaines entreprises réalisent presque systématiquement des autocontrôles en demandant à un bureau de contrôle ou à un bureau d'études acoustiques de réaliser des mesures en fin de chantier. Malheureusement ces contrôles étant diffus, une exploitation globale des résultats est quasiment impossible et les enseignements qui auraient pu en être extraits sont absents.

Les méthodes de prévision

Depuis plus de quinze ans des groupes de travail du comité technique CEN/TC 126 étudient la mise au point de normes européennes relatives au calcul des performances des bâtiments à partir de la performance des éléments.

Actuellement trois parties sont parues en 2000 :

"Partie I – Isolement acoustique aux bruits aériens entre des locaux"

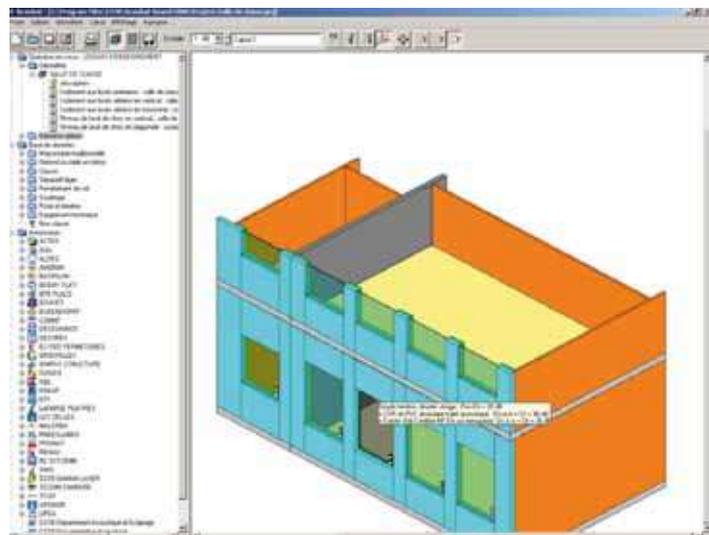
"Partie II – Isolement acoustique au bruit de choc entre des locaux"

"Partie III – Isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur"

D'autres parties sont en cours d'élaboration : *"Isolement au bruit aérien de l'extérieur vers l'intérieur"*, *"Correction acoustique des locaux"* et *"Bruits d'équipements"*.

Chaque partie comporte une méthode de prévision issue de la bonne théorie actuelle et des annexes informatives proposant notamment des types de modèles applicables. Ces annexes informatives méritent souvent d'être affinées, ce qui sera possible lorsque de nombreux résultats de mesures en laboratoire ou *in situ* seront disponibles.

Néanmoins, on ne peut que constater la grande complexité des méthodes de prévision. À titre d'exemple, la liste des symboles utilisés dans le corps de la norme comprend 113 éléments et occupe six pages. On peut utiliser la norme pour prévoir un isolement entre un logement et la





pièce principale du logement voisin, mais si on fait les calculs "à la main", il faut presque consacrer une demi-journée pour un isolement y compris la recherche des données à utiliser. Il est évident que le mieux est de mettre au point des logiciels basés sur la méthode exposée dans cette norme. Pour réaliser les calculs correspondant aux trois parties déjà parues, il existe deux ou trois logiciels. Certains ont pris en compte toute la norme, y compris ses annexes informatives données à titre indicatif. Un autre, ACOUBAT, réalisé par le CSTB utilise la méthode figurant dans le corps de la norme, et a adapté les modèles des annexes suite à l'exploitation des résultats de mesures complémentaires effectuées. Un autre intérêt de ces logiciels est qu'ils sont le plus souvent couplés à une base de données des caractéristiques des produits les plus fréquemment utilisés.

L'utilisation intensive de l'informatique

Il existe actuellement un grand nombre de logiciels qu'ils soient produits et diffusés largement par des organismes ou sociétés, ou réalisés par les bureaux d'études pour leur propre besoin.

Ces logiciels permettent de traiter des problèmes d'isolement entre locaux, de niveaux de bruits d'impacts (voir ci-dessus), de correction acoustique de salles, de prévision de niveaux de bruits extérieurs de circulation...

Si on considère les logiciels de traitement acoustique de salles, ils permettent de faire un travail impossible à réaliser "à la main". Après avoir modélisé le local et lui avoir appliqué les revêtements de parois avec leurs caractéristiques, le logiciel permet de lancer 20 000 ou 30 000 rayons à partir d'un point source qui vont se

réfléchir sur les parois avec une atténuation plus ou moins forte suivant l'absorption. On peut ainsi obtenir le niveau de pression acoustique qui sera perçu en un point-réception de la salle, examiner la répartition du niveau sonore sur l'ensemble d'un auditoire, évaluer la durée de réverbération du local, déterminer les indices d'intelligibilité... Et tout cela en moins de deux minutes avec un microordinateur rapide.

Parmi les logiciels "maison", il y a souvent des outils de calculs des bruits d'une installation de ventilation ou de conditionnement d'air. Ils permettent le calcul des atténuations par les réseaux, les régénérations de bruits par les accidents de ces réseaux, et la consommation d'énergie par le local de réception.

On trouve également des logiciels de dépouillement de résultats de mesures, des outils de calcul des valeurs uniques des indices d'affaiblissement acoustique, des isollements, des niveaux de bruits de chocs...

"Mais attention ! Il faut garder l'esprit critique vis-à-vis des résultats obtenus à l'aide d'un logiciel. Une erreur dans l'introduction, souvent rapide, d'une donnée peut conduire à un résultat absurde. En cas de doute, il ne faut pas hésiter, lorsque c'est possible, à refaire le calcul manuellement."

Les moyens de mesures in situ

L'électronique de plus en plus sophistiquée combinée avec des moyens de dépouillement informatiques a permis de grands progrès dans la mesure acoustique. Mais, compte tenu du grand choix de possibilités de mesures avec le

même appareil, le technicien doit être bien formé pour éviter les erreurs.

L'augmentation des capacités de stockage des données permet de faire des mesures de longue durée, sans interruptions.

Il est actuellement possible de réaliser la surveillance à distance par exemple d'un bruit de chantier. Le technicien, dans son bureau, est alerté automatiquement dès qu'un événement dépassant un seuil prédéfini se produit sur le chantier.

Nota : Je ne suis pas suffisamment au fait de ces techniques nouvelles pour les développer plus.

Les produits du bâtiment

On peut noter deux tendances :

- L'utilisation bien maîtrisée de matériaux existants depuis longtemps, en vue d'obtenir des performances très élevées : l'exemple type est la constitution de parois de grande hauteur, à base de plaques de plâtre et de laine minérale, mises en œuvre pour séparer des salles de complexes de cinémas ;

- La création de nouveaux produits : l'exemple type est la mise au point des polystyrènes élastifiés. Nous avons vu plus haut qu'une paroi équipée d'un complexe d'isolation thermique à base d'une plaque de plâtre associée à un polystyrène expansé standard ou à une mousse rigide a une performance d'isolation acoustique plus faible que celle de la paroi support. La compression d'un bloc de polystyrène jusqu'à ce que les billes expansées éclatent, puis la décharge du bloc permettent d'obtenir un produit plus souple qui, lorsqu'il remplace le polystyrène standard du complexe précédent, permet d'obtenir une augmentation de la performance acoustique par rapport à celle du support seul. Si, en plus, on modifie la composition du produit de base du polystyrène, et si on fabrique du polystyrène élastifié avec ce nouveau produit, on obtient un produit (de couleur grise) qui améliore encore plus la performance acoustique (la couleur est le signe que le produit de base est différent et n'intervient pas dans la performance acoustique).

Il est très important de noter que dans, ce cas, la performance acoustique améliorée s'accompagne d'une amélioration de la performance thermique :

- Le polystyrène standard est actuellement appelé Th 38, avec un coefficient de conductivité de 0,038 W/m.K.
- Le polystyrène élastifié obtenu à partir du polystyrène standard est appelé Th 35, avec un coefficient de conductivité de 0,035 W/m.K
- Le nouveau polystyrène élastifié gris est appelé Th32, avec un coefficient de conductivité de 0,032 W/m.K.

Ce produit est arrivé juste à temps pour permettre une combinaison harmonieuse entre la réglementation thermique RT 2000, et la réglementation acoustique.

Conclusion

En acoustique, on a la chance, ou la malchance, de pouvoir réaliser des mesures de contrôle des performances lorsque les ouvrages sont terminés. Il y a peu de domaines pour lesquels ces mesures *a posteriori* sont possibles : en thermique, on ne dispose pas encore de méthode de mesure quantitative, en protection incendie, il faudrait un essai destructif consistant à mettre le feu.

C'est une malchance lorsqu'on sait qu'on a fait des impasses ou lorsqu'on n'est pas très sûr des méthodes utilisées lors des prévisions. Dans ce cas, on attend les résultats de mesures avec une certaine anxiété.

Par contre c'est une grande chance car les mesures permettent les comparaisons "prévisions - résultats de mesure" et lorsqu'on constate des écarts significatifs, défavorables ou favorables, la recherche de la raison des écarts est pleine d'enseignements. Il arrive même qu'on soit amené à remettre en cause la théorie utilisée dans les méthodes de prévision, si dans une configuration donnée, les écarts sont quasiment systématiques.

Ce qui précède n'est certainement pas exhaustif. Je n'ai fait qu'évoquer les points qui m'ont le plus marqué. Je serais satisfait si des lecteurs me signalaient des oublis fâcheux, cela pourrait alimenter d'autres articles dans Acoustique & Techniques, tout au moins au début des dix prochaines années. ■