

Diagnostic acoustique des bâtiments anciens : Quelques aspects des enjeux acoustiques

Aline Gaulupeau¹, Marc Asselineau¹

¹Peutz & Associés, 10 B rue des Messageries, F-75010 Paris, a.gaulupeau@peutz.fr

²Peutz & Associés, 10 B rue des Messageries, F-75010 Paris, m.asselineau@peutz.fr

Dans le cadre d'opérations de restructuration du tissu urbain, les opérations de réhabilitation peuvent souvent apparaître attractives pour les maîtres d'ouvrages, dans la mesure où elles permettent souvent de bénéficier d'un coefficient d'occupation des sols plus important que pour une construction neuve, et réduisent souvent l'ampleur des démarches administratives à effectuer puisque le bâtiment est existant. Toutefois, pour être réussies, de telles opérations supposent que les performances acoustiques du bâtiment soient correctement appréhendées. Cela nécessite donc la réalisation d'un diagnostic acoustique du bâtiment. Quels sont les enjeux d'un tel diagnostic, et les difficultés, notamment métrologiques, qui y sont associées ? A travers quelques exemples, le présent article se propose d'aborder ces questions.

1 Introduction

La réhabilitation ou la restructuration d'un bâtiment ancien est souvent envisagée dans le cadre d'opérations urbanisme. En effet, elle permet de conserver une uniformité du bâti ancien et de pérenniser ainsi l'allure d'un quartier. A ce titre, il peut être tentant pour les autorités municipales de conserver une image d'un passé marquant en conservant, par exemple, un bâtiment iconique de certaines activités.



Figure 1 : Les anciens abattoirs de Belfort, emblématiques de la zone industrielle, reconvertis en complexe cinématographique

Mais l'usage de la réhabilitation ne se limite pas à la conservation du tissu urbain existant. Pour un maître d'ouvrage avec des délais serrés, l'acte de réhabiliter peut constituer un moyen de gagner un temps précieux car souvent les formalités administratives sont réduites, pouvant même aller jusqu'à un simple permis d'aménagement. De plus, le bâtiment est généralement hors

d'eau et hors d'air, ce qui permet d'attaquer directement les travaux d'aménagement. Autre aspect non négligeable, le coefficient d'occupation des sols alloué aux bâtiments anciens est généralement plus élevé qu'aujourd'hui, ce qui permet d'envisager à terme une meilleure rentabilité financière de l'opération que pour un bâtiment neuf

Mais tout cela suppose que le bâti existant soit réellement compatible avec l'usage futur qui en est requis [1]. Et une intervention lourde n'est pas toujours possible, par exemple si les façades sont classées. Il est donc nécessaire d'évaluer son potentiel [2], tant en ce qui concerne les aspects liés à la structure du bâtiment (en particulier les charges statiques acceptées) qu'en ce qui concerne les aspects thermiques et acoustiques. Il est donc nécessaire de réaliser un diagnostic, en particulier acoustique, et de croiser les résultats obtenus par les divers spécialistes avant de procéder à une quelconque esquisse.

2 Le diagnostic acoustique

2.1 Généralités

Le diagnostic acoustique vise à établir les performances acoustiques du bâtiment. Leur connaissance est certes nécessaire pour vérifier la compatibilité du bâti existant avec l'usage futur des locaux.

Mais il est également nécessaire à des fins juridiques. En effet, la jurisprudence indique que les travaux de rénovation ne doivent pas dégrader les performances acoustiques de l'existant [3], et la réalisation d'un tel diagnostic s'avère souvent très utile lors de l'inévitable expertise dans le cadre d'un litige avec un nouvel occupant mécontent de ses locaux.

Un autre intérêt du diagnostic acoustique avant travaux vise à se prémunir contre d'éventuelles plaintes des utilisateurs des locaux rénovés qui, à tort ou à raison, sont enclins à affirmer que l'acoustique était meilleure avant. L'existence d'un référentiel initial tel que celui apporté par un diagnostic exhaustif de l'existant permet bien souvent de lever cet écueil.

Enfin, l'existence d'un diagnostic avant travaux permet, à la fin du chantier, aux concepteurs et aux constructeurs d'évaluer l'évolution des performances réellement obtenues et d'en tirer les conséquences quant à l'optimisation des prescriptions et de la méthodologie de travaux : il s'agit à la fois d'un retour d'expérience et d'une pression réglementaire [4].

Il sera donc nécessaire de procéder à une vaste campagne de mesurage, portant sur l'isolement au bruit aérien entre espaces du bâtiment et vis-à-vis de l'environnement extérieur, sur les niveaux de bruit de choc transmis entre espaces du bâtiment, sur la durée de réverbération dans les locaux et sur les niveaux de bruit générés par les installations techniques du bâtiment.

Dernier point, il sera aussi utile d'évaluer le bruit résiduel sur le site avant travaux, cette valeur permettant ultérieurement de fixer les objectifs de bruit émis par les équipements techniques.

2.2 De la théorie à la pratique

Le mesurage de l'isolement au bruit aérien entre locaux, du bruit de choc transmis entre espaces du bâtiment, et de l'isolement de façade, a fait l'objet de normes [5,6,7] qui décrivent les emplacements et les conditions de mesure in situ.

La stricte application de ces normes suppose toutefois que l'acousticien dispose de locaux fermés et en bon état. Ce n'est pas toujours le cas lorsque le chantier est déjà entamé, par exemple pour éviter d'endommager les portes les ouvrants définitifs ou à conserver ne sont installés qu'à la fin des travaux. Du reste, le bruit des activités de chantier va crescendo avec le déroulement du chantier et il devient parfois problématique de trouver une période exempte de bruit parasitant les mesurages. Pour ce qui est du diagnostic initial, de nombreux petits problèmes se posent : accessibilité des locaux, le bâtiment étant soit vide et soumis à un accès restreint, soit occupé avec des contraintes d'occupation ne permettant pas de mener le diagnostic dans des conditions aisées. Dans tous les cas, les contraintes de bruit de fond sont souvent difficiles à satisfaire.

Il n'est pas rare que pour des questions pratiques d'accessibilité au bâtiment récemment vidé de ses occupants, une visite de diagnostic soit organisée simultanément pour les différents spécialistes. Une telle approche est souvent intéressante s'il ne s'agit bien que d'une visite préliminaire, dans la mesure où les différents spécialistes peuvent s'accorder sur les zones à plus particulièrement examiner et au contraintes qui leurs sont propres. Mais la plus grande vigilance doit être exercée en ce qui concerne le planning des sondages destructifs et des mesurages. En effet les examens pratiqués par les ingénieurs structure laissent rarement un local clos en état de subir un mesurage acoustique !

Autre point délicat, les opérations de rénovation ne portent pas toujours sur des bâtiments postérieurs à 1970, dans lesquels les dimensions géométriques et la nature des structures du bâtiment sont généralement réputées connues.

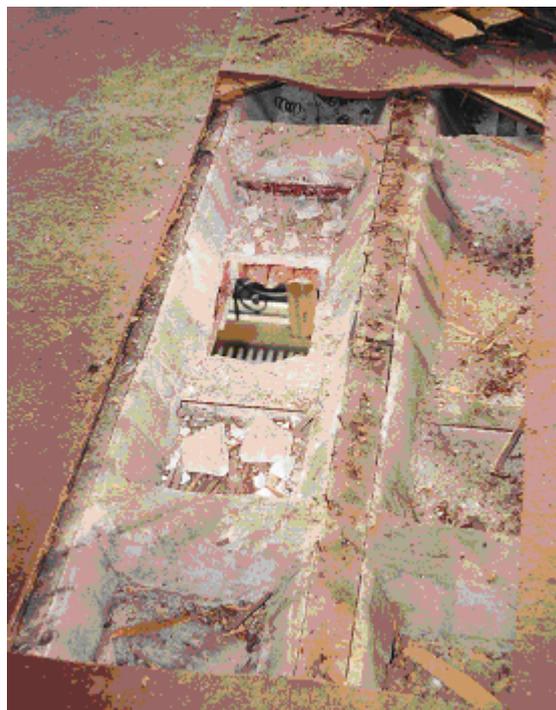


Figure 2 : Exemple de plancher ancien après sondage destructif réalisé par l'ingénieur structure

Sur des immeubles plus anciens, surtout s'ils ont fait l'objet de remaniements au cours de leur vie antérieure, il est rare de disposer de plans fiables, et la nature des éléments structurels peut varier d'un étage à l'autre, quand ce n'est pas d'une partie d'un étage à une autre. Une reconnaissance préalable des locaux en compagnie d'une personne familière des lieux est donc indispensable avant de planifier toute campagne de mesure.



Figure 3 : Un exemple de bâtiment souvent remanié : le Palais d'Iéna à Paris comporte, selon les zones, des parties datant de 1870 à 1920

Sur des bâtiments anciens, il n'est pas rare que tout ou partie de la façade fasse l'objet d'un classement ou d'une inscription à l'inventaire des monuments historiques. Dans ces conditions, les huisseries extérieures sont généralement remises en l'état sans qu'une amélioration puisse leur être apportée, et il est indispensable non seulement d'évaluer leurs performances d'affaiblissement acoustique mais également d'examiner la faisabilité de construction d'une double fenêtre.

2.3 La problématique des avoisinants

Les avoisinants constituent un problème qui ne doit pas être occulté dans le cadre d'un diagnostic.

Tout d'abord, la réalisation des travaux de réhabilitation sera sans doute à l'origine de plaintes du voisinage liées au bruit du chantier. A cet égard, les textes réglementaires [8] ne se basent pas sur l'émergence du bruit de chantier par rapport au bruit résiduel, mais font néanmoins état d'un « comportement anormalement bruyant » qui peut laisser la porte ouverte à bien des interprétations. Le diagnostic devra donc s'efforcer d'évaluer les risques de gêne liée au bruit du chantier, par exemple en évaluant les niveaux de pression acoustique susceptibles d'être générés au cours des différentes phases de travaux. A cette occasion, sur la base de ce diagnostic il sera possible de guider la maîtrise d'œuvre quant au choix des équipements et de la méthodologie de travaux.

Ensuite, le fonctionnement du bâtiment nouvellement réhabilité est susceptible d'induire une gêne de voisinage, en particulier si ce bâtiment n'était plus occupé depuis des années. Cette gêne peut avoir pour origine le bruit des activités se déroulant dans les locaux et transmis à travers les parois mitoyennes ou les façades, ainsi que par l'intermédiaire des structures bâties, mais aussi le bruit des équipements techniques du bâtiment. Il sera donc nécessaire d'évaluer les performances d'isolement acoustique entre les espaces du projet et les bâtiments riverains.

De même, il pourra être nécessaire de se prémunir contre les bruits provenant des bâtiments riverains, ce qui suppose donc d'évaluer les performances d'isolement au bruit aérien et de transmission de bruit de choc provenant de ces bâtiments, mais aussi de repérer à cette occasion les éventuelles sources de nuisances sonores potentielles telle que porte de garage automatisée, rideau de fer de magasin, etc.

3 Mode opératoire

D'une manière générale, se pose le problème du rapport signal sur bruit dans les locaux étudiés. Les mesurages sont donc – normalement – effectués hors activité de chantier.

3.1 Isolement de façade

L'isolement de façade peut – théoriquement - se mesurer soit en utilisant le bruit généré par le trafic routier, soit au moyen d'une source sonore de bruit rose [9]. Chacune de ces approches possède ses avantages et inconvénients : l'utilisation du bruit de trafic routier limite la mise en œuvre d'un équipement lourd mais n'est généralement possible que pour de faibles isolements, et ce à condition que le bruit provenant de l'extérieur soit suffisant (typiquement $L_{Aeq} > 70$ dB(A) en façade). Le recours à la source sonore peut nécessiter une source sonore

de forte puissance pour bénéficier d'un rapport signal sur bruit satisfaisant à l'intérieur des locaux étudiés, mais ce au risque de sérieusement incommoder le voisinage ! En outre, pour un mesurage aux étages élevés, il est souvent difficile (voire impossible) de disposer d'un recul suffisant pour satisfaire les conditions requises par la norme [4]. Le recours à une plate-forme élévatrice est donc souvent nécessaire, avec tous les inconvénients que cela procure (personnel autorisé à la manœuvre, empiètement sur la voie publique, etc.).

L'attention est attirée sur le fait qu'à l'occasion d'une rénovation, la façade est susceptible de subir une mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique [10], il faudra donc examiner avec soin et en étroite coopération avec l'ingénieur thermicien les caractéristiques de l'existant. Du reste, il n'est pas rare que la façade existante soit conservée, ce qui nécessite sa prise en compte en complément d'une future façade intérieure à créer.

3.2 Isolement entre locaux

Plus la valeur de l'isolement à mesurer est importante, et plus la puissance acoustique de la source sonore devra être importante. En admettant les problèmes de manutention et d'alimentation de cette source résolus, il n'en demeure pas moins que l'utilisation d'une telle source sera de nature à incommoder le voisinage. Il est toutefois possible, même si cette méthode n'est pas encore normalisée – ce qui la limite donc à un usage d'ingénierie - de recourir à un mesurage MLS [11, 12] qui ne nécessite pas un rapport signal sur bruit élevé. L'application de cette méthode conduit toutefois à des durées de mesurage très importantes (30 mn n'étant pas rare).

La question de la précision des mesures peut fréquemment se poser. En admettant que le rapport signal sur bruit soit raisonnable, on découvre vite que les trois décibels de tolérance figurant dans la réglementation acoustique applicable aux logements [13] correspondent bien à une réalité pratique ! Du reste, la précision en laboratoire peut déjà laisser à désirer [14], il conviendra donc d'être vigilant quant aux positions de mesure et aux procédures utilisées.

3.3 Bruit de choc

Les normes en vigueur en Europe font usage de la machine à chocs normalisée [3]. Toutefois, il peut être intéressant de recourir à la machine à boule souple [15] qui permet de mieux rendre compte les basses fréquences telles que celles générées par une personne marchant pieds nus.

Un problème pratique se pose souvent lorsque le revêtement minéral existant doit être conservé : l'utilisation, conformément à la norme, d'une machine à chocs à marteaux métalliques, laisse fréquemment des traces. Dans ces conditions, il peut être intéressant de recourir à une feuille protectrice (polyane par exemple) de caractéristiques connues. Toutefois cette approche ne permet alors pas de caractériser le bruit de sonorité à la marche.

Autre problème, si la machine à chocs ou la machine à boule permettent de rendre compte du comportement du plancher excité par un marcheur, elle ne permet pas de caractériser le comportement de ce plancher soumis à une excitation lourde, telle que celle d'une personne sautant par exemple. En l'absence de méthode de mesurage normalisée, il est possible de faire appel soit à des chocs de madrier sur le sol (avec éventuellement un embout caoutchouc), soit

même à un pied de mouton vibrant (mais dans ce dernier cas le revêtement de sol n'en ressortira évidemment pas indemne).

Un cas particulier est constitué par le bruit d'impact de la pluie sur les planchers ou toitures. Ceci est particulièrement important dans le cas d'une verrière qui doit être conservée. En l'absence de norme spécifique de mesurage in situ, le mesureur en est souvent réduit à attendre l'occasion propice – en espérant que les bruits d'écoulement des eaux pluviales ne perturbent pas la mesure.

3.4 Cas particulier des basses fréquences

Le mesurage des basses fréquences donne lieu à bien des soucis : tout d'abord, la mesure des performances d'affaiblissement acoustique en laboratoire est complexe et pas toujours très précise [16], in situ plusieurs questions se posent : où doit se situer le point de mesure (voire un ensemble de points de mesure), sur quelle durée doit s'effectuer le moyennage spatio temporel. Autre question, que doit on mesurer : le choix de la source sonore n'est pas forcément évident, et nécessite souvent une installation de sonorisation digne d'une salle de musiques actuelles, quant au choix du signal utilisé, il y a là aussi matière à discussion.

Dans le cas d'une source sonore existante non identifiée, dont l'existence du bruit doit toutefois figurer dans le rapport de diagnostic acoustique aux fins d'information du preneur et de la maîtrise d'œuvre, il est généralement très difficile de faire mieux que de quantifier les niveaux sonores correspondants. A titre illustratif, lors d'un tel diagnostic mené sur un appartement de fonction où de fortes émergences se produisaient dans la bande d'octave de 31 Hz, il avait été possible de procéder à des mesures et d'éliminer le bruit provenant des ventilateurs d'un institut voisin [17]. C'est toutefois par hasard que l'origine de ces bruits fut trouvée deux ans plus tard : il s'agissait du bruit rayonné par le viaduc du métro aérien à plusieurs centaines de mètres des locaux !

3.5 Réverbération et absorption

Il n'est pas rare que dans des édifices anciens le maître d'ouvrage décide de conserver des espaces à caractère monumental tels que des halls. Du reste, dans des édifices anciens il n'est pas rare non plus que l'architecte des monuments historiques décide de conserver une partie importante du décor. Il est nécessaire de caractériser de tels espaces car généralement les possibilités ultérieures de traitement acoustique sont limitées ; cependant la réglementation relative à l'accessibilité aux personnes handicapées [18] impose un minimum d'absorption acoustique, il est donc nécessaire de savoir ce qui devra être apporté compte tenu de ce qui existe. D'autre part, la forme des locaux peut plus ou moins bien se prêter à leur utilisation future, il faudra donc examiner avec soin le bâti en fonction des projets d'aménagement. Enfin, des mesurages de décroissance spatiale pourront s'avérer utiles en fonction de l'usage pressenti des locaux.

La connaissance du projet d'aménagement permettra de dégager des pistes quant au choix des points de mesure utilisables ou souhaitables. En l'absence d'un tel projet, il est possible de se baser sur les recommandations des normes ISO 3382 et 14257 [19, 20] pour localiser de manière optimale les points de mesure.

Les salles de spectacles constituent un cas particulier pour de tels diagnostics : la magie des lieux conduit souvent les spectateurs, mais aussi les artistes, à s'imaginer que c'était mieux avant ! A tel point qu'il n'est pas rare qu'un exploitant demande à ce que les caractéristiques acoustiques d'une salle, y compris dans ses mauvais aspects, soient reconduites à l'identique [21]. Il est donc nécessaire de prendre connaissance a minima de la durée de réverbération (y compris EDT), mais aussi de la décroissance spatiale et de la clarté, en définissant précisément la localisation des points de mesure [22] aux fins de comparaison avec d'autres salles ou plus simplement de comparaison avec la situation obtenue après travaux [23]. Au cours d'un tel diagnostic, il est également utile d'examiner la manière de travailler des différents intervenants, du régisseur au machiniste.

Les bureaux constituent également un cas particulier : il s'agit certes de déterminer la qualité du traitement acoustique interne des espaces [24], mais également de pouvoir ultérieurement prouver qu'il n'y a pas eu dégradation des performances acoustiques de l'existant. Plusieurs méthodologies de mesure existent actuellement [24,25] et permettent de s'assurer de la répétabilité des résultats, ainsi que de la vérification des performances acoustiques mesurées au regard des recommandations des normes.

3.6 Equipements techniques

Les équipements techniques offrent un sérieux challenge au mesureur : tout d'abord, sur un bâtiment qui n'est plus occupé, il est généralement nécessaire d'effectuer une remise en service, qui nécessite du personnel qualifié à cet effet. Il n'est pas toujours facile de connaître le point de fonctionnement (pression et vitesse) des circulateurs et des terminaux du réseau. D'autre part, il n'est pas rare qu'à l'occasion du déménagement des précédents occupants certains éléments des réseaux aient été démontés, ce qui peut conduire à un fonctionnement pas très représentatif. Enfin, il est souvent difficile d'obtenir un rapport signal sur bruit satisfaisant pour effectuer des mesurages représentatifs.

Que mesurer et où le mesurer ? En l'absence de plan d'aménagement des locaux rénovés, il est souvent utile de prévoir des mesurages d'une part dans les locaux techniques (surtout si les équipements sont conservés), et d'autre part en des points représentatifs tels qu'à 1 m de l'enveloppe des locaux techniques et sous les terminaux. Mais la représentativité implique également de disposer des informations relatives au point de fonctionnement des équipements, à cet égard la présence du technicien responsable de la maintenance de ces réseaux n'est souvent pas suffisante et il est souhaitable que l'acousticien soit à même de manipuler un anémomètre. La procédure de mesure peut être basée sur la norme ISO 10052 [26].

Compte tenu de son caractère souvent riche en basses fréquences, le bruit des équipements techniques est souvent fortement affecté par divers événements sonores. Il est donc très important de pouvoir mener le diagnostic acoustique en l'absence non seulement d'activité de chantier mais aussi de présence perturbatrice (à commencer par les inévitables conversations des accompagnateurs !).

3.7 Vibrations

La problématique des vibrations peut certes concerner l'installation ultérieure d'équipements sensibles. Mais elle concerne également le bruit généré par l'enveloppe des locaux du fait de ces vibrations.

Dans la mesure où le traitement a posteriori d'un bâtiment est extrêmement délicat, il est souvent tentant de traiter à la source. Encore faut-il pouvoir l'identifier ! A titre illustratif des difficultés rencontrées dans le cadre d'un tel diagnostic, lors d'une importante opération de réhabilitation concernant une salle de spectacles ainsi que des logements et bureaux de standing dans le centre ville Parisien, de forts bruits d'origine ferroviaire avaient été perçus dans l'existant [21]. Une campagne de mesurage des vibrations dans divers locaux avait donc été planifiée afin d'évaluer le gain nécessaire au niveau des voies ferrées incriminées. Celles-ci étaient au nombre de trois, et devant le sérieux coût des travaux ferroviaires il était nécessaire de déterminer laquelle de ces lignes présentait une contribution prépondérante. Or l'exploitant ne pouvait pas fournir l'heure précise des départs et arrivées de ses rames, il a donc été nécessaire de dépêcher sur chaque ligne un mesureur chargé de noter l'heure exacte d'arrivée et de départ en station et de repérer d'éventuels défauts du matériel roulant tels que des méplats.

Les difficultés ne sont pas moindres dans le cas de bruit d'origine solidienne provenant d'un équipement non identifié. Une fois la liste des sources potentielles dressée, il ne reste qu'à déterminer la signature vibratoire des différents équipements incriminés et à tenter de la retrouver dans les locaux étudiés. Ce type de recherche n'est pas toujours simple lorsque les équipements sont identifiés (groupes froids par exemple) mais qu'il n'est pas possible de les arrêter [27], et devient très problématique lorsque l'équipement est inconnu.

Dans le cas où une source vibratoire potentielle (future voie ferrée par exemple) doit être implantée à proximité du bâtiment, il peut être avantageux de vérifier dans quelle mesure il existe un risque de propagation vibratoire jusqu'à l'enveloppe des locaux considérés. Se posent donc les problèmes de choix d'une excitation vibratoire (la dameuse étant souvent mise à contribution en pareil cas), mais aussi de localisation des points d'excitation et de mesure, sans compter les traditionnelles difficultés liées à l'obtention d'un rapport signal sur bruit acceptable.

3.8 Bruit résiduel

Le bruit résiduel est souvent le grand oublié d'une opération de diagnostic. Or, il conditionne les objectifs de bruit émis dans l'environnement, tant du fait des équipements techniques rénovés ou nouvellement implantés que du fait des activités se déroulant dans le bâtiment. La norme NF S31.010 [28] indique la procédure à suivre en pareil cas, en particulier en ce qui concerne la localisation des points de mesure et la durée des mesurages, mais il convient d'insister sur le fait que pour que les résultats soient exploitables il ne suffit pas de faire un mesurage à l'aveuglette.

Il convient de prêter attention au fait que la détermination du bruit résiduel ne constitue pas seulement un référentiel légal, mais aussi la base des calculs d'ingénierie qui seront menés pour le dimensionnement des protections acoustiques et des équipements techniques. Il est donc nécessaire de connaître ses origines (bruit de trafic

roulier par exemple) afin de pouvoir tenir compte ultérieurement d'éventuels changements induits par le projet.

3.9 Bruit ambiant

Si le bruit résiduel est un grand oublié, le bruit ambiant est généralement un grand absent, dans la mesure où il ne relève pas, à première vue, des performances acoustiques du bâtiment existant. Néanmoins, c'est ce bruit que vivent les usagers du bâtiment, et c'est à celui-ci qu'ils se référeront après rénovation pour exprimer leur insatisfaction devant les résultats obtenus. Il n'est donc pas inutile, aux fins de comparaisons ultérieures, d'en effectuer un mesurage, et ce plus particulièrement dans le cas de bâtiments d'activités industrielles ou tertiaires (et en particulier restaurant d'entreprise).

Un tel mesurage ne peut pas être mené indépendamment : il est nécessaire d'en connaître le contexte, par exemple nombre de personnes présentes dans les locaux au moment du mesurage, nature de leur activité, et le cas échéant valeur d'un indicateur de production (pouvant aller du tonnage produit au nombre de repas servis selon le contexte).

4 Conclusion

Un diagnostic acoustique d'un bâtiment existant ne s'improvise pas ! Il se prépare, à la lumière des connaissances disponibles sur le bâti ainsi qu'au regard du projet d'aménagement futur.

Inévitablement, la réalisation d'un bon diagnostic nécessite du temps et de l'argent.

Le diagnostic acoustique constitue à la fois un outil d'ingénierie, permettant de servir de base au projet de rénovation, et un référentiel légal sur lequel seront basés les objectifs acoustiques et les éventuelles plaintes.

Références

- [1] M. Asselineau, "The challenge of heavy rehabilitation projects – case studies". ICSV13, Vienne, (2006)
- [2] S. Viollon, M. Asselineau, ; J. Ojalvo., "Quelques problèmes liés à la réhabilitation". CFA 2006, Tours, (2006)
- [3] Cour de Cassation, 3ème chambre civile, n° 95-10928 (1997)
- [4] R.J.M. Craik, A. McPherson, A.W.M. Somerville, "The relationship between post-construction testing and sound insulation performance". *Applied Acoustics*, 57, 79-87 (1999).
- [5] NF EN ISO 140-4 "Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 4 : mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces.", *Afnor* (Décembre 1998)
- [6] NF EN ISO 140-7 "Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 7 : mesurage in situ de la transmission des bruits de choc par les planchers", *Afnor* (Décembre 1998)

- [7] NF EN ISO 140-5 “Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 5 : mesurages in situ de la transmission des bruits aériens par les éléments de façade et les façades “ *Afnor* (Décembre 1998)
- [8] “Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires) “ , JORF n°202 du 1 septembre 2006 page 13042
- [9] K.A. Mullholland, “Method for measuring the sound insulation of facades: factors to be considered”. *Applied Acoustics*, 4, 279-286 (1971).
- [10] “Décret 2006-592 du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions”, JO du 25 mai 2006
- [11] M. Vorländer, M. Kob, “Practical aspects of MLS measurements in buildings”. *Applied Acoustics*, 52, 239-258 (1997).
- [12] Peutz & Associés, “Mesurage des isolements et atténuations par la méthode MLS”, manuel interne (2006)
- [13] “Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation“, JO du 17 juillet 1999 page 10658
- [14] J. Lang, “A round robin on sound insulation in buildings”. *Applied Acoustics*, 52, 225-238 (1997).
- [15] M. Villot, J.B. Chene, S. Houssain, “Testing floor coverings mounted on lightweight floors using ISO FDIS 140-11“, *ICA 2007*, Madrid (2007)
- [16] D. B. Pedersen, J. Roland, G. Raabe, W. Maysenhölder, “Measurement of the low frequency sound insulation of building components”. *Acustica*, 86, 495-505 (2000).
- [17] Peutz & Associés, “Mesures d'un bruit en basses fréquences en vue de son identification dans un appartement de fonction de la Maison de Santé des Gardiens de la Paix“, rapport de diagnostic GL7001, 1993
- [18] “Arrêté du 1er août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19 à R. 111-19-3 et R. 111-19-6 du code de la construction et de l'habitation relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création“, JORF n°195 du 24 août 2006 page 12459
- [19] NF EN ISO 3382-1 “Acoustique - Mesurage de la durée de réverbération des salles en référence à d'autres paramètres acoustiques “ *Afnor* (Mai 2000)
- [20] NF EN ISO 14257 “Acoustique - Mesurage et description paramétrique des courbes de décroissance sonore spatiale dans les locaux de travail en vue de l'évaluation de leur performance acoustique “ *Afnor* (Janvier 2002)
- [21] Peutz & Associés, “Mesures de bruit et de vibrations dans les espaces de l'Olympia et de l'Ilot Edouard VII “, rapport de diagnostic G7610, 1996
- [22] NF EN ISO 3382-1 “Acoustique - Mesurage des paramètres acoustiques des salles - Partie 1 : salles de spectacles “ *Afnor* (Avril 2007))
- [23] Peutz & Associés, “Mesurage des caractéristiques acoustiques des salles de spectacle ”, manuel interne (2008)
- [24] NF S31.080 “Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace “ *Afnor* (Janvier 2006)
- [25] NF EN ISO 3382-3 “Acoustique - Mesurage des paramètres acoustiques des salles - Partie 3 : espaces découisonnés “ *Afnor* (Avril 2010))
- [26] NF EN ISO 10052 “Acoustique – Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens et de la transmission des bruits de choc ainsi que du bruit des équipements “ *Afnor* (Septembre 2005)
- [27] Peutz & Associés, “Mesures du bruit et des vibrations provenant de la centrale Climespace“, rapport de diagnostic F7110, 2006
- [28] NF S31.010 “Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage “ *Afnor* (Décembre 1996)