

La problématique acoustique des espaces publics bâtis

Les espaces publics bâtis sont couramment grands, disproportionnés et réverbérants, ce qui leur confère des propriétés acoustiques spécifiques, particulièrement défavorables pour la sonorisation qui doit alors être étudiée avec soin. La modélisation informatique peut fournir une aide précieuse pour concevoir la sonorisation d'un tel espace, à condition cependant que cet outil soit utilisé avec précautions, a fortiori lorsque le lieu présente un contexte acoustique difficile. Elle est également un moyen de communiquer les résultats d'une étude à des interlocuteurs pour lesquels les critères physiques n'évoquent rien.

Agnès Lambin,

Aménagement Recherche Pôles d'Échanges (AREP),
163 bis, avenue de Clichy,
Impasse Chalabre,
75017 Paris,
tél. : 01 56 33 44 08,
fax : 01 56 33 48 63,
e-mail : agnes.lambin@arep.fr

Les gares, aérogares, centres commerciaux, halls d'exposition, patinoires, lieux de culte... sont des espaces systématiquement sonorisés, et particulièrement complexes du point de vue acoustique : les grandes halles du XIXe siècle, les volumes longs, plats, les espaces ouverts sur l'extérieur ou sur d'autres espaces contigus, déploient des volumes gigantesques et disproportionnés propres à de nombreux établissements publics couverts. Les grandes dimensions et les parois de pierre, de verre, de métal ou de béton conduisent à des réverbérations couramment élevées et des décroissances spatiales faibles. Le principe de « lisibilité » de l'espace dans sa totalité, fréquemment suivi par les architectes, impose des ouvertures entre les volumes, ce qui génère des phénomènes de couplage. Par ailleurs, la fonction d'accueil du public et l'activité propre au site lui confèrent une ambiance aisément bruyante, dont le niveau est amplifié par la réverbération. Tous ces éléments augmentent sensiblement la difficulté de sonoriser de tels espaces, dans lesquels il est particulièrement délicat de prédire avec précision l'efficacité d'un système de sonorisation donné.

Ces espaces très particuliers sont l'objet de phénomènes propres, malheureusement encore peu décrits. Et pourtant ces propriétés acoustiques ont une influence non négligeable sur les critères usuels d'acoustique des salles, comme par exemple l'intelligibilité de la parole, critère de qualité privilégié pour les espaces sonorisés. Ce critère a fait l'objet de nombreuses études, dans le

cas des systèmes de télécommunication (Fletcher, French et Steinberg...) ou dans le cas de salles variées du type auditorium, salle de conférence, théâtre, salle de classe... Or la fonction même de ces salles impose une certaine maîtrise de la réponse acoustique du lieu, et au vu des spécificités des volumes atypiques, il apparaît clairement que ceux-ci sont exclus de ces domaines d'études. Les conclusions de ces travaux sont donc à appliquer avec prudence dans la majorité des ERP, notamment lorsque les auteurs fournissent des courbes de correspondance entre scores d'intelligibilité et critères objectifs.

Le contexte acoustique des espaces publics bâtis

L'expérience montre qu'il est possible d'identifier un certain nombre de caractéristiques acoustiques propres aux volumes atypiques :

- Une décroissance sonore temporelle non linéaire : ce phénomène apparaît dès que la distribution des surfaces absorbantes est fortement inhomogène, et également lorsque se produisent des couplages entre plusieurs espaces d'un volume disproportionné. Une décroissance non linéaire rend difficile, voire impossible, l'estimation du temps de réverbération (TR), car le coefficient de régression linéaire de la décroissance est très faible et la pente de cette droite perd toute signification (fig. 1).

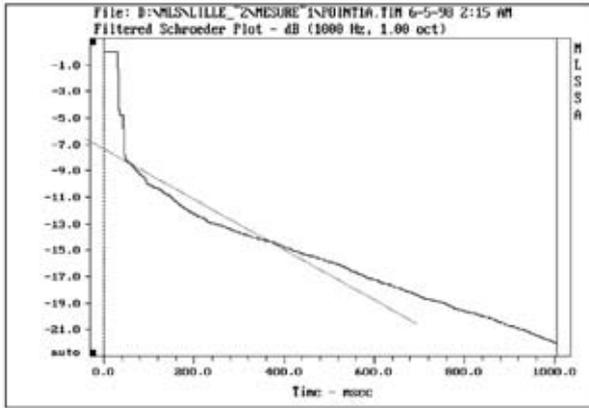


Fig. 1 : Décroissance temporelle « atypique » : gare de Lille-Flandres, récepteur à 4 m de la source omnidirectionnelle : exemple d'une régression linéaire entre - 5 et - 20 dB (calcul du T15)

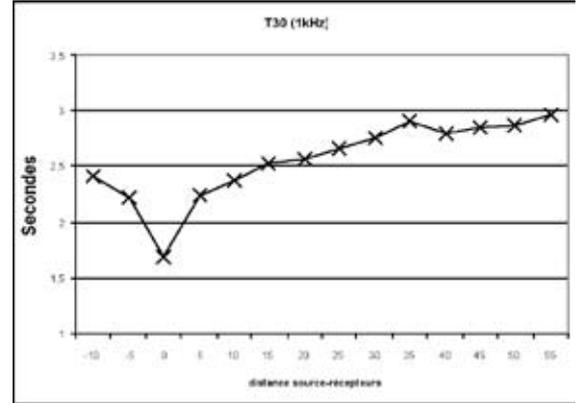


Fig. 3 : Dépendance spatiale de la durée de réverbération : valeurs du T30 sur une ligne de récepteurs, quai de la gare Eole Magenta

- Une durée de réverbération initiale (EDT) sensiblement plus courte que le TR : pour les mêmes raisons que la propriété précédente.
- Une durée de réverbération élevée : par exemple, de l'ordre de 6 s entre 500 Hz et 2 kHz dans le hall de la gare de Rouen pour un volume de 17 000 m³.
- Une forte dépendance fréquentielle et spatiale du TR : il est courant de constater un TR fortement variable avec la fréquence (fig. 2). D'autre part, la dépendance spatiale du TR est frappante dans certains volumes disproportionnés comme les longs volumes (fig. 3).

- Une faible densité de réflexions dans la partie précoce de la décroissance temporelle : a fortiori lorsque le récepteur et la source se trouvent loin des parois, un grand nombre de premières réflexions peuvent parvenir au récepteur extrêmement tardivement (grandes distances à parcourir) par rapport au champ direct et relativement espacées entre elles dans le temps.
- Des fortes réflexions et des échos : les matériaux étant majoritairement réfléchissants, il est fréquent d'obtenir de fortes réflexions, quelquefois plus fortes que le champ direct. Les flutter echos ne sont pas rares non plus entre les parois parallèles et réfléchissantes.
- Une faible décroissance spatiale : par exemple, sur le quai latéral de la gare RER E Eole Magenta à Paris, elle est de l'ordre de 2 à 3 dB (lin) par doublement de distance entre 5 et 20 m.
- La présence d'un bruit ambiant significatif : le bruit ambiant des espaces publics est composé de toutes sortes de sources (pas, voix, activité...), mobiles ou fixes, fluctuantes dans le temps et pouvant atteindre des valeurs élevées. À titre d'exemple un niveau moyen obtenu sur une période d'affluence de 3 heures sur le quai transversal de la gare de Paris Saint-Lazare près de l'accueil, a été mesuré à 75 dB (A) (fig. 4).

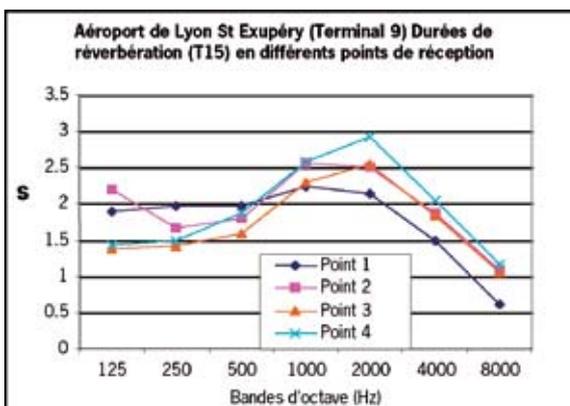
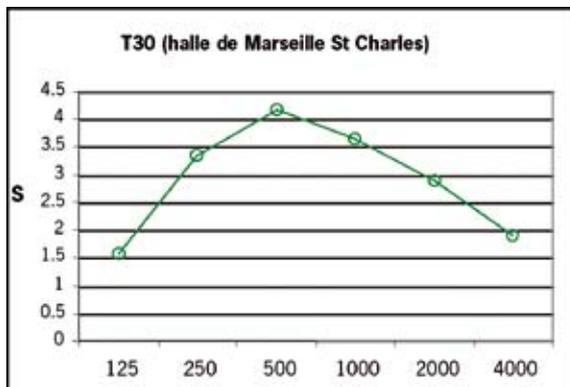


Fig. 2 : Dépendance fréquentielle de la durée de réverbération

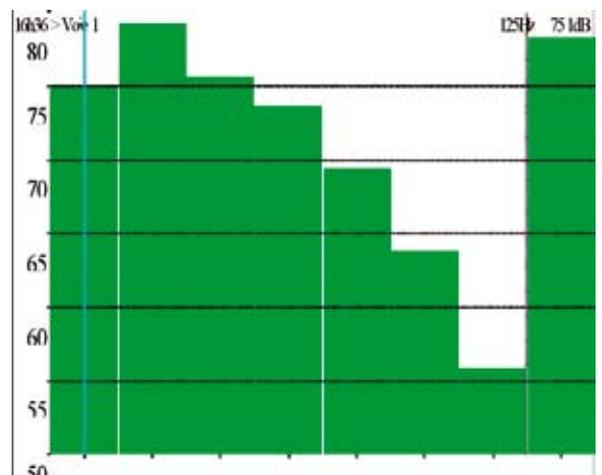


Fig. 4 : Spectre caractéristique de l'ambiance sonore SPL sur le quai transversal de la gare de Paris Saint-Lazare (heure d'affluence)

Modéliser les espaces publics bâtis

En phase de conception de la sonorisation d'un espace, l'acousticien dispose d'outils qui lui permettent au minimum de comparer, au mieux de prédire l'efficacité des solutions électroacoustiques imaginées : la modélisation informatique est un moyen, si les algorithmes de calcul sont suffisamment élaborés, de calculer les critères acoustiques physiques de façon très précise et parfois très proche de la réalité, lorsque les données d'entrée (caractéristiques acoustiques des matériaux en absorption et en diffusion, caractéristiques de rayonnement des sources) sont elles-mêmes réalistes.

Néanmoins, manier cet outil de modélisation est une affaire de spécialiste avisé : Certains paramètres influents, parfois insoupçonnés, sont à maîtriser, comme le nombre de rayons issus des sources sonores, la dimension des facettes du modèle, l'hétérogénéité de la répartition de l'absorption des surfaces... De plus, les espaces difficiles à sonoriser, par leurs grandes dimensions et leur manque d'absorption, sont également difficiles à modéliser : ce sont justement les coefficients d'absorption des surfaces réfléchissantes (verre, métal, béton, marbre...) qui sont particulièrement méconnus. Pourtant, c'est lorsque l'absorption moyenne du local est faible que les valeurs des coefficients doivent être renseignées avec une plus grande précision : un écart de quelques millièmes sur le coefficient d'absorption d'une salle en béton nue, telle qu'une salle réverbérante, peut entraîner un écart supérieur à 1 s sur le TR calculé. Les coefficients d'absorption plus élevés sont plus souvent accessibles lorsqu'ils sont mesurés en champ diffus, mais peuvent s'avérer très imprécis lorsqu'ils sont appliqués par exemple dans des volumes longs dans lesquels les angles d'incidence importants sont privilégiés, la mesure en champ diffus ne reflétant que la variation du coefficient d'absorption en fonction de l'angle d'incidence.

À cela s'ajoute la méconnaissance des coefficients de diffusion des matériaux, tandis qu'ils ont une influence plus importante lorsque les volumes sont grands et que les surfaces qui les composent sont peu absorbantes [1, 2]. La précision de la figure de directivité des sources sonores est un facteur tout aussi déterminant, surtout lorsque celles-ci ne sont pas assimilables à des sources ponctuelles, dont la figure de directivité dépend alors de la distance. Malheureusement les données des constructeurs sont souvent inutilisables lorsqu'elles ont été communiquées dans un but uniquement commercial. La rigueur technique d'un protocole de mesure strict, comme celui de la norme NF EN 60268 [3], n'est généralement pas respectée et devrait idéalement être imposée par les prescripteurs, comme c'est plus couramment le cas pour les mesures d'absorption acoustique en chambre réverbérante qui respectent généralement la norme NF EN 20354 [4].

Les résultats de calculs, souvent présentés sous la forme de cartographies couleurs de critères physiques (SPL, STI, C80...), peuvent également être « écoutés » grâce à la technique d'auralisation : un message est enregistré en chambre sourde (anéchoïque), de façon à l'affranchir de tout effet de salle parasite. La réponse impulsienne

calculée est ensuite convoluée avec ce message de manière à prendre en compte l'effet de la salle étudiée, en un point donné. La diffusion dans la salle d'un signal audio de référence (annonce parlée, instrument de musique...) est ainsi simulée, hors bruit ambiant. Cette dernière représentation auditive, bien qu'à manier avec précautions, est un excellent moyen de communiquer les résultats et d'en faire prendre la mesure aux architectes et maîtres d'ouvrage qui peuvent ainsi plus facilement faire le lien entre la représentation graphique du bâti et la sonorité associée.

Références bibliographiques

[1] Kurt Heutschi, Monte-Carlo analysis in rectangular rooms concerning the sensitivity of ray tracing simulations to the degree of diffusion, Acta Acustica, 505-510, déc. 1994

[2] Murray Hodgson, On the prediction of sound fields in large empty rooms, 1998

[3] Norme NF EN 20354, Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante, sept.1993

[4] Norme NF EN 60268 – 5, Équipements pour système électroacoustiques – haut-parleurs, déc. 1996