



Etude perceptive de la prise en compte des basses fréquences dans les indices de performance acoustique

S. Bailhache et C. Guigou Carter
CSTB, 24 Rue Joseph Fourier, 38400 Saint Martin D'Hères, France
simon.bailhache@cstb.fr

Aux niveaux européen et international, des propositions d'harmonisation des indices de performance acoustique des bâtiments sont actuellement à l'étude (projets de normes ISO 16717-1 et -2). Dans ce contexte, des questions ont notamment été soulevées sur le choix de ces indices et sur la prise en compte dans leur calcul des basses fréquences (tiers d'octave 50, 63 et 80 Hz). Les laboratoires et institutions impliquées dans la normalisation en acoustique du bâtiment au niveau français ont décidé de travailler ensemble afin d'évaluer la pertinence des indicateurs proposés par l'ISO et éventuellement d'en proposer de nouveaux. En effet, la définition de nouveaux indices acoustiques doit permettre d'évaluer de façon plus fidèle le confort pour les occupants des bâtiments. Les travaux présentés dans cet article s'attacheront à caractériser, par le biais de tests d'écoute, la relation entre différents indices de performance acoustique et le ressenti des occupants dans les bâtiments d'habitation. Des sources de bruit aérien présentes à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment seront sélectionnées de façon à représenter les principales sources de plaintes des habitants, mais aussi de manière à ce que leur contenu fréquentiel soit différent. Des extraits sonores seront préparés sur la base d'une modélisation de la transmission à travers différents types de façades et de cloisons ou planchers séparatifs représentatifs des systèmes couramment utilisés. Les participants aux tests devront alors associer à chaque extrait une note sur une échelle de gêne. Les résultats de ces tests menés sur un panel d'une vingtaine de personnes seront présentés et commentés.

1 Introduction

Dans le cadre de la révision des normes NF EN ISO 717 [1] et les projets de norme ISO 16717 concernant l'évaluation des indices globaux de performance acoustique, le groupe de normalisation S30F a lancé des études d'applicabilité pour évaluer la pertinence de l'intégration des basses fréquences (tiers d'octave 50, 63 et 80 Hz) dans les indices de performance. Cette réflexion vient compléter les nombreuses études menées à l'étranger visant à faire émerger des indicateurs harmonisés pour mieux refléter la gêne ressentie par les occupants des bâtiments. Certaines de ces études se basent sur des mesures sur site couplées à des questionnaires adressés aux occupants, comme celui développé au cours de l'action COST TU0901 [2] et utilisé notamment dans le cadre des projets Acoubois en France [3] et Akulite [4] en Suède. D'autres travaux font appel à des tests d'écoute en laboratoire, visant à analyser le lien entre gêne et indices de performance dans des situations données [5][6].

Les tests d'écoute présentés dans cet article concernent les performances acoustiques vis-à-vis des bruits aériens générés par des sources intérieures ou extérieures au bâtiment et tiennent compte des systèmes constructifs couramment rencontrés en France. La méthode de test et les configurations sélectionnées sont d'abord décrites, puis les résultats sont présentés et commentés.

2 Méthodologie

De nombreux types de tests d'écoute sont proposés dans la littérature, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients propres. La méthode adoptée dans cette étude s'inspire du travail mené en Finlande par Hongisto *et al.*[5].

2.1 Principe des tests

Le test mis en place consiste à présenter des extraits sonores aux participants, qui doivent alors leur attribuer une note reflétant la gêne ressentie. Chaque extrait reproduit le bruit généré dans une pièce de vie d'un logement par une source sonore se trouvant dans un logement voisin ou dans l'environnement extérieur. Différentes solutions constructives (parois séparatives ou façades) aux performances acoustiques variées sont utilisées afin d'analyser le lien entre les indices de performances et la gêne. Différentes sources de bruit sont également considérées.

L'expérience a lieu dans un local d'environ 20 m² meublé comme un séjour. Le TR moyen dans le local vaut 0.5 s et le niveau du bruit de fond est d'environ 32 dB(A). Le participant prend place dans un canapé, doit préalablement remplir un court questionnaire et prendre connaissance des instructions. Il effectue ensuite le test en autonomie à l'aide d'un ordinateur. Les extraits sont groupés en séries, chaque série correspondant à une même source sonore combinée aux différentes solutions constructives testées. Afin de prévenir tout effet d'ordre sur les réponses des participants, les différentes séries d'extraits sont présentées dans un ordre aléatoire, différent pour chaque participant. Au sein d'une même série, l'ordre des extraits est également aléatoire. Le participant peut écouter chaque extrait de la série et modifier sa note autant de fois que nécessaire, avant de valider ses réponses pour toute la série et passer à la série suivante.

La notation utilise une échelle discrète de 0 à 10 conformément aux recommandations de l'ISO 15666 [7]. La note 0 est associée à la qualification « pas du tout gênant » et la note 10 à « extrêmement gênant ». Aucune indication n'est donnée pour les notes intermédiaires.

Une fois tous les extraits notés, les résultats obtenus par un même extrait pour tous les participants sont moyennés et confrontés à la performance de l'élément de construction considéré, exprimée sous forme de différents indices uniques. Une étude statistique est menée sur l'ensemble des extraits sonores, conformément à la méthode proposée par Park et Bradley [8].

A l'issue du test, chaque participant se voit récompensé par un chèque-cadeau d'une valeur de 10 €.

2.2 Production des stimuli

Les extraits sonores sont générés à partir de la banque de sons utilisés dans le logiciel Acoubat Sound. Ceux-ci représentent le bruit généré dans le local d'émission ou à l'extérieur du bâtiment (niveau de pression acoustique L_1). Ils sont ensuite filtrés en tiers d'octave avec l'indice d'affaiblissement acoustique R en dB des planchers et murs séparatifs ou des façades considérés pour obtenir le bruit généré dans le local de réception. Ainsi, pour chaque bande de fréquence, le niveau de pression acoustique L_2 généré dans le local de réception vaut :

$$L_2 = L_1 - R \quad (1)$$

Cette méthode suit l'hypothèse d'une transmission par le chemin direct uniquement, les chemins latéraux étant

négligés. Le filtrage des extraits initiaux utilise des performances mesurées en laboratoire ou calculées, dans la gamme de fréquences 50-5000 Hz. Aucune donnée n'étant disponible en-deçà et au-delà de cette gamme, le contenu des signaux à ces fréquences est filtré (filtres passe-bas et passe-haut).

Les extraits ainsi obtenus sont diffusés dans le local d'écoute par le biais de deux enceintes placées sur le haut d'une étagère et cachées derrière un rideau en tissus de faible épaisseur. La réponse fréquentielle du système de reproduction sonore n'étant pas parfaitement plate, une phase de calibration est nécessaire. Des gains sont appliqués aux extraits par tiers d'octave de façon à ce que le spectre de pression acoustique dans le local corresponde au spectre attendu. A l'issue de cette phase de calibration, des mesures du niveau de pression dans le local montrent que les écarts entre niveau théorique et niveau réel sont de 3 dB au maximum par tiers d'octave.

3 Descripteurs étudiés

Douze indices uniques de performance acoustique sont comparés dans cette étude, parmi lesquels figurent les indices actuellement utilisés pour les parois (en cohérence avec ceux pour l'ouvrage dans la réglementation française) pour les bruits intérieurs et extérieurs, respectivement :

- $R_w + C_{100-3150}$;
- $R_w + C_{tr,100-3150}$.

Ces deux indices sont évalués selon la norme ISO 717-1 [1] par comparaison de l'indice d'affaiblissement avec la courbe de référence donnée pour le bruit aérien, et application du terme d'adaptation C ou C_{tr} dans la gamme 100-3150 Hz.

Les nouveaux indices proposés dans le projet de norme ISO/CD 16717-1 sont également étudiés :

- $R_{living,50}$ est l'indice dédié aux bruits intérieurs. Il est évalué entre 50 Hz et 5000 Hz et utilise la pondération A avec une excitation de type bruit rose ;
- De même, $R_{traffic,50}$ est l'indice dédié aux bruits extérieurs. Il est évalué entre 50 Hz et 5000 Hz et utilise la pondération A avec une excitation de type bruit routier.

Ces deux indices sont très similaires à ceux qu'utilise la réglementation française, la différence principale résidant dans la gamme de fréquences considérée.

Deux indices retirés du projet de norme sont également considérés :

- R_{speech} est évalué entre 200 et 5000 Hz et représente la discrétion de la parole ;
- $R_{living,85\%,50}$ est une variante de l'indice $R_{living,50}$ utilisant un spectre de référence alternatif, supposé valide pour 85% des sources de bruit intérieur.

Les autres indices à l'étude sont les suivants :

- R_w est évalué selon la norme ISO 717-1 [1] par comparaison de l'indice d'affaiblissement avec la courbe de référence donnée pour le bruit aérien, sans addition d'un quelconque terme d'adaptation ;

- $R_{100-5000 - dB(A)}$ est évalué en appliquant la pondération A dans la gamme 100-5000 Hz ;
- $R_{100-5000 - ISO226-40Phon}$ est évalué dans la gamme 100-5000 Hz en appliquant une pondération correspondant à la courbe 40 Phon définie dans la norme ISO 226 [9] ;
- $R_{100-5000 - ISO226-30Phon}$ est évalué dans la gamme 100-5000 Hz en appliquant une pondération correspondant à la courbe 30 Phon définie dans la norme ISO 226 [9] ;
- $R_{50-5000 - ISO226-40Phon}$ est évalué dans la gamme 50-5000 Hz en appliquant une pondération correspondant à la courbe 40 Phon définie dans la norme ISO 226 [9] ;
- $R_{50-5000 - ISO226-30Phon}$ est évalué dans la gamme 50-5000 Hz en appliquant une pondération correspondant à la courbe 30 Phon définie dans la norme ISO 226 [9].

Les 4 derniers indices sont basés sur les lignes isosoniques de 30 Phon et 40 Phon, supposées représenter la sensibilité du système auditif humain de façon plus fidèle que la pondération A pour des niveaux de bruit typiques des niveaux rencontrés à l'intérieur d'un logement.

4 Systèmes considérés

Plusieurs solutions constructives aux performances acoustiques différentes sont sélectionnées afin de produire les extraits sonores. Les éléments retenus doivent être représentatifs des systèmes couramment utilisés en France.

4.1 Bruits intérieurs

Les éléments séparatifs retenus incluent 5 cloisons verticales et 3 planchers, dont la description est donnée dans le Tableau 1. Les indices d'affaiblissement acoustique (mesurés) de ces éléments sont représentés en Figure 1.

Tableau 1 : Eléments séparatifs sélectionnés

Séparatif n°	Description
1	Cloison légère en plaques de plâtre sur double ossature métallique $R_w + C = 64$ dB
2	Mur en blocs de béton creux de 20 cm $R_w + C = 54$ dB
3	Cloison légère en plaques de plâtre sur double ossature bois avec contreventement intérieur $R_w + C = 49$ dB
4	Cloison légère en plaques de plâtre sur double ossature bois avec contreventement extérieur $R_w + C = 53$ dB
5	Cloison légère en plaques de plâtre sur simple ossature bois avec contre-cloison indépendante $R_w + C = 58$ dB
6	Dalle de béton de 20 cm $R_w + C = 62$ dB
7	Plancher bois avec plafond suspendu et revêtement de sol plastique $R_w + C = 54$ dB
8	Plancher bois avec plafond suspendu et parquet $R_w + C = 54$ dB

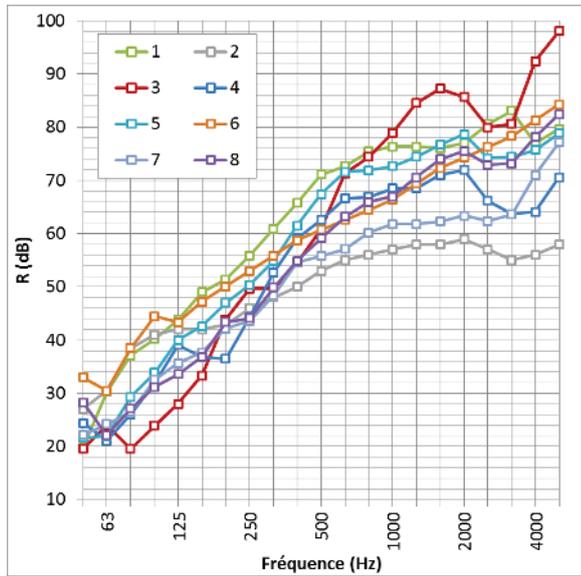


Figure 1 : Performances des parois séparatives

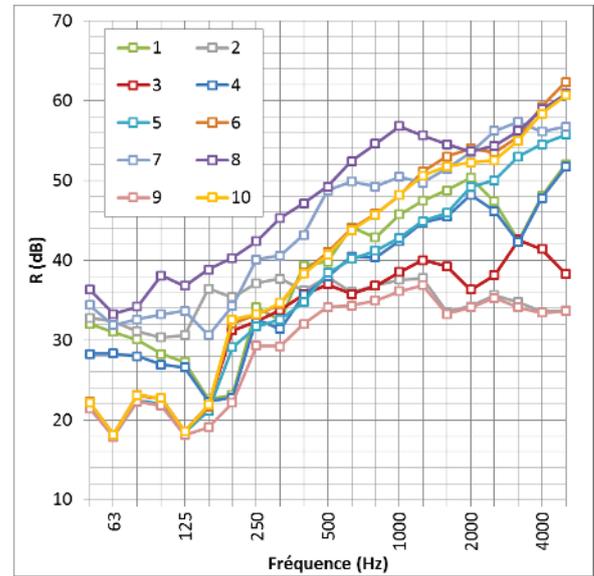


Figure 2 : Performances des façades

4.2 Bruits extérieurs

Les façades retenues incluent 5 façades en maçonnerie lourde et 5 façades légères, dont la description est donnée dans le Tableau 2. Les indices d'affaiblissement acoustique de ces composants sont représentés en Figure 2. Les dimensions des façades considérées sont de $4 \times 2.5 \text{ m}^2$, avec une ouverture de $1.2 \times 1.4 \text{ m}^2$ pour les fenêtres.

Tableau 2 : Façades sélectionnées

Façade n°	Description
1	Béton plein 16 cm avec doublage thermique $R_w+C_{tr}=48 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=28 \text{ dB}$
2	Béton plein 16 cm avec doublage thermique $R_w+C_{tr}=48 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=43 \text{ dB}$ + entrée d'air $D_{ne,w}+C_{tr}=36 \text{ dB}$
3	Façade légère $R_w+C_{tr}=35 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=43 \text{ dB}$ + entrée d'air $D_{ne,w}+C_{tr}=39 \text{ dB}$
4	Béton plein 16 cm avec doublage thermique $R_w+C_{tr}=48 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=28 \text{ dB}$ + coffre de volet roulant $D_{ne,w}+C_{tr}=36 \text{ dB}$
5	Façade légère $R_w+C_{tr}=35 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=36 \text{ dB}$ + coffre de volet roulant $D_{ne,w}+C_{tr}=41 \text{ dB}$
6	Façade légère $R_w+C_{tr}=35 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=40 \text{ dB}$
7	Béton creux 20 cm avec doublage thermique $R_w+C_{tr}=51 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=36 \text{ dB}$
8	Béton creux 20 cm avec doublage thermique $R_w+C_{tr}=51 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=43 \text{ dB}$
9	Façade légère $R_w+C_{tr}=35 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=28 \text{ dB}$ + entrée d'air $D_{ne,w}+C_{tr}=36 \text{ dB}$ + coffre de volet roulant $D_{ne,w}+C_{tr}=41 \text{ dB}$
10	Façade légère $R_w+C_{tr}=35 \text{ dB}$ + fenêtre double vitrage $R_w+C_{tr}=43 \text{ dB}$

5 Sources considérées

Plusieurs sources de bruit aérien sont utilisées pour générer les extraits sonores. Ces sources sont sélectionnées parmi celles dont les occupants de bâtiments d'habitation se plaignent le plus, et de façon à couvrir une grande variété de spectres à l'émission.

5.1 Bruits intérieurs

Les sources utilisées pour simuler le bruit provenant d'un logement voisin, ainsi que la durée des extraits correspondants et le niveau de pression dans le local d'émission fictif sont répertoriés dans le Tableau 3. Les spectres d'émission sont donnés en Figure 3.

On note que deux des sources retenues – le home cinéma et la musique rock – ont un contenu particulièrement riche en basses fréquences.

Tableau 3 : Sources de bruit intérieur sélectionnées

Source n°	Description	Durée (s)	L_{eq} (dB)	L_{Aeq} (dB)
1	Musique rock	8	86	75
2	Journal télévisé	20	79	74
3	Fête d'anniversaire (voix et chants)	14	83	82
4	Pendaison de crémaillère (voix et musique)	14	82	80
5	Home cinéma (film avec voix et explosions)	24	84	82
6	Musique classique	14	75	75

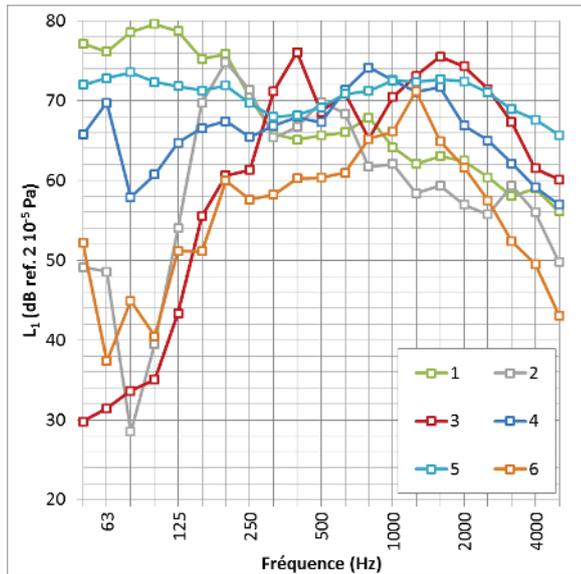


Figure 3 : Spectres d'émission des sources de bruit intérieur

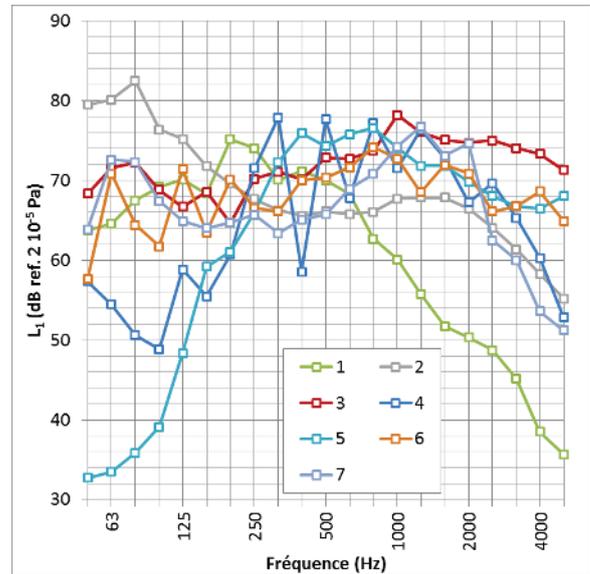


Figure 4 : Spectres d'émission des sources de bruit extérieur

5.2 Bruits extérieurs

Les sources utilisées pour simuler le bruit provenant de l'espace extérieur, ainsi que la durée des extraits correspondants et le niveau de pression en façade du bâtiment fictif sont répertoriés dans le Tableau 4. Les spectres d'émission sont donnés en Figure 4.

Tableau 4 : Sources de bruit extérieur sélectionnées

Source n°	Description	Durée (s)	L_{eq} (dB)	L_{Aeq} (dB)
1	Passage d'un avion	38	81	74
2	Boulevard urbain (trafic dense)	19	87	77
3	Travaux de construction (avec voix fortes et engins de chantier)	24	86	86
4	Cloche d'église	19	85	83
5	Voix fortes	19	84	83
6	Passage d'un scooter	5	83	81
7	Passage d'une ambulance (avec sirène)	10	83	82

6 Participants

Pour les bruits intérieurs, le panel d'étude est constitué de 26 participants. Leurs réponses au questionnaire donné en début de test sont résumées dans le Tableau 5. On note une répartition équilibrée entre hommes et femmes, avec cependant une part importante de participants âgés de moins de 30 ans. La plupart des participants habitent un appartement en zone urbaine, et sont donc habitués aux sources de bruit sélectionnées.

Par ailleurs, l'un des participants a déclaré des troubles auditifs, cependant ses réponses n'étaient pas significativement différentes de celles des autres participants et ont donc été incluses dans les résultats.

Tableau 5 : Composition du panel

Age	20-29	30-39	40-49	50-59
Nb participants	12	8	4	2
Sexe	H		F	
Nb participants	14		12	
Troubles auditifs	Oui		Non	
Nb participants	1		25	
Zone d'habitation	Urbaine		Rurale	
Nb participants	17		9	
Type de logement	Appt.	M. ind.	Mais. accolée	
Nb participants	18	7	1	

Pour les bruits extérieurs, les tests ont été effectués sur un panel réduit de participants en raison du temps disponible pour mener l'étude.

7 Résultats

7.1 Bruits intérieurs

Les notes de gêne attribuées à chacun des 48 extraits sonores (6 sources, 8 parois séparatives) sont moyennées sur le panel de participants. Une régression linéaire est effectuée entre ces notes moyennées et les valeurs de chacun des 12 descripteurs de performance correspondant aux différents extraits. Les coefficients de corrélation ainsi

obtenus sont donnés dans le Tableau 6. L'analyse est effectuée pour chaque source indépendamment et pour toutes les sources confondues.

La gêne étant supposée décroître lorsque la performance augmente, un coefficient de corrélation proche de -1 indique un descripteur représentant correctement la gêne. Les coefficients de corrélation de valeur $R < -0.95$ ($R^2 \geq 0.9$) sont soulignés.

D'après ces résultats, l'indice $R_w+C_{100-3150}$ actuellement utilisé pour les bruits intérieurs n'est pas le mieux corrélé à la gêne. Cependant, il semble un peu mieux adapté que l'indice proposé dans le projet de norme, $R_{living,50}$. De plus, les corrélations obtenues pour cet indice de performance $R_w+C_{100-3150}$ sont meilleures dans le cas des sources ayant un spectre d'émission riche en contenu basses fréquences (source 1 et 5).

D'autre part, il apparaît que l'indice R_{speech} est en moyenne celui qui affiche les meilleures corrélations, sauf pour la source n°1 (musique rock). Les indices utilisant les courbes isotoniques de la norme ISO 226 donnent de meilleurs résultats que ceux basés sur la pondération A, à plus forte raison lorsque l'évaluation commence au tiers d'octave 100 Hz. Les indices basés sur un spectre de bruit routier sont assez peu corrélés à la gêne pour les bruits intérieurs.

Enfin, l'indice $R_{living,85\%,50}$, qui constitue une alternative au $R_{living,50}$, donne des résultats très similaires à ce dernier.

Ces résultats sont proches de ceux obtenus lors de l'étude finlandaise [5].

L'indice $R_{100-5000-ISO226-30Phon}$ semble sur la base de ces résultats celui à préconiser pour évaluer la performance acoustique en corrélation avec la gêne ressentie.

Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre gêne et indices de performance pour les bruits aériens intérieurs

	Source n°						Toutes
	1	2	3	4	5	6	
$R_{living,50}$	-0.92	-0.48	-0.26	-0.55	-0.59	-0.37	-0.54
$R_{traffic,50}$	-0.60	0.00	0.22	-0.07	-0.12	0.11	-0.06
R_{speech}	-0.74	-0.97	-0.96	-0.98	-0.96	-0.97	-0.98
$R_w+C_{100-3150}$	-0.98	-0.69	-0.49	-0.75	-0.78	-0.58	-0.74
$R_w+C_{tr,100-3150}$	-0.93	-0.52	-0.30	-0.58	-0.60	-0.40	-0.57
R_w	-0.99	-0.85	-0.69	-0.88	-0.89	-0.76	-0.88
$R_{100-5000-dB(A)}$	-0.99	-0.73	-0.54	-0.78	-0.80	-0.63	-0.78
$R_{100-5000-ISO226-40Phon}$	-0.97	-0.87	-0.73	-0.90	-0.92	-0.80	-0.90
$R_{100-5000-ISO226-30Phon}$	-0.94	-0.91	-0.79	-0.94	-0.95	-0.85	-0.94
$R_{50-5000-ISO226-40Phon}$	-0.98	-0.77	-0.61	-0.83	-0.86	-0.69	-0.82
$R_{50-5000-ISO226-30Phon}$	-0.96	-0.85	-0.72	-0.90	-0.92	-0.79	-0.90
$R_{living,85\%,50}$	-0.91	-0.46	-0.23	-0.52	-0.56	-0.34	-0.52

7.2 Bruits extérieurs

Le même traitement que pour les bruits intérieurs est appliqué aux notes obtenues par les 70 extraits sonores correspondant aux bruits extérieurs (7 sources, 10 façades). Les coefficients de corrélation obtenus entre gêne et indices de performance des façades sont donnés dans le Tableau 7. Les coefficients de corrélation de valeur $R < -0.95$ sont soulignés.

Quelle que soit la source sonore, plupart des indicateurs de performance testés semblent relativement bien corrélés à

la gêne. Les corrélations les plus faibles – mais toutefois acceptables – sont obtenues pour l'indice actuellement utilisé pour les bruits extérieurs, $R_w+C_{tr,100-3150}$, et la nouvelle proposition $R_{traffic,50}$. Les résultats pour ces deux indices sont très similaires. L'inclusion des basses fréquences n'a donc pas d'effet notable pour les configurations testées.

Néanmoins, ces résultats sont à prendre avec précaution en raison du nombre réduit de participants aux tests portant sur les bruits extérieurs. Une poursuite de ces tests est envisagée afin de disposer d'un panel plus important.

Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre gêne et indices de performance pour les bruits aériens extérieurs

	Source n°							Toutes
	1	2	3	4	5	6	7	
$R_{living,50}$	-0.92	-0.96	-0.95	-0.92	-0.94	-0.97	-0.89	-0.96
$R_{traffic,50}$	-0.90	-0.81	-0.80	-0.73	-0.76	-0.86	-0.69	-0.81
R_{speech}	-0.91	-0.97	-0.99	-0.98	-0.98	-0.98	-0.96	-0.99
$R_w+C_{100-3150}$	-0.93	-0.94	-0.94	-0.90	-0.92	-0.97	-0.86	-0.95
$R_w+C_{tr,100-3150}$	-0.91	-0.81	-0.81	-0.74	-0.77	-0.86	-0.69	-0.82
R_w	-0.92	-0.97	-0.98	-0.97	-0.97	-0.98	-0.94	-0.99
$R_{100-5000-dB(A)}$	-0.92	-0.96	-0.96	-0.93	-0.95	-0.97	-0.90	-0.97
$R_{100-5000-ISO226-40Phon}$	-0.90	-0.98	-0.98	-0.97	-0.98	-0.98	-0.95	-0.99
$R_{100-5000-ISO226-30Phon}$	-0.88	-0.98	-0.98	-0.98	-0.99	-0.98	-0.97	-0.99
$R_{50-5000-ISO226-40Phon}$	-0.90	-0.98	-0.98	-0.97	-0.98	-0.98	-0.95	-0.99
$R_{50-5000-ISO226-30Phon}$	-0.88	-0.98	-0.98	-0.98	-0.99	-0.98	-0.97	-0.99
$R_{living,85\%,50}$	-0.93	-0.90	-0.90	-0.85	-0.87	-0.93	-0.81	-0.91

8 Conclusion

Des tests d'écoute menés en laboratoire ont permis d'évaluer la corrélation entre différents indices uniques de performance acoustique et la gêne acoustique dans des situations représentatives de la vie courante dans un logement.

Pour les bruits aériens intérieurs, les résultats de ces tests, menés sur un panel de 26 personnes, montrent que l'indicateur actuellement utilisé dans la réglementation française $R_w+C_{100-3150}$ n'est pas le mieux adapté pour représenter la gêne. Cependant, l'indice $R_{\text{living},50}$ proposé dans le projet de norme ISO/CD 16717-1 ne donne pas de meilleurs résultats. D'autres indices tels que R_{speech} et les propositions d'indices basés sur les lignes isosoniques 30 et 40 Phon semblent en revanche mieux adaptés. Des variations sont observées selon la source de bruit considérée. Ces résultats rejoignent les conclusions d'une étude similaire menée en Finlande [5].

S'agissant des bruits aériens extérieurs, la plupart des indices de performance testés apparaissent relativement bien corrélés à la gêne. Toutefois, l'indicateur actuellement utilisé $R_w+C_{\text{tr},100-3150}$ ainsi que l'indice $R_{\text{traffic},50}$ défini dans le projet de norme affichent les corrélations les moins fortes, avec des résultats très similaires pour ces deux indices.

A la vue de ces résultats, l'inclusion des basses fréquences (tiers d'octave 50, 63 et 80 Hz) dans le calcul des indices de performance acoustique ne semble pas permettre de mieux représenter la gêne ressentie par les occupants de bâtiments d'habitation.

Cependant, ces résultats sont à prendre avec précaution. En effet, il peut subsister des sources de biais dans la méthode de test mise en œuvre. En particulier, cette méthode fait totalement abstraction des très basses fréquences, tandis que certaines études comme le récent projet Akulite préconisent de commencer l'évaluation de la performance au tiers d'octave 20 Hz [4]. De nouveaux tests basés sur ce principe permettraient d'écarter cette source d'incertitude. La performance acoustique des composants de bâtiments étant rarement mesurée à ces fréquences, il serait alors nécessaire de recourir à une extrapolation des données disponibles, par exemple selon l'une des techniques proposées par Mortensen [10] et Ordoñez *et al.* [6].

De plus, en ce qui concerne les bruits extérieurs, la taille réduite du panel d'étude limite pour l'instant la représentativité des résultats. La poursuite de ces tests permettra de consolider les résultats déjà obtenus.

Au vu du temps et des moyens disponibles, cette étude s'est limitée à la gêne associée aux bruits aériens perceptibles dans un logement. De nouveaux travaux sont en cours pour adapter la méthodologie développée à l'étude des indicateurs de performance pour les bruits d'impacts.

Par ailleurs, la représentativité de tests menés en laboratoire pour évaluer la gêne dans les bâtiments d'habitation peut être remise en question. Les résultats des tests d'écoute devront être comparés à ceux d'enquêtes de terrain menées dans le cadre des travaux de la commission de normalisation S30F, du projet Acoubois [3] ou d'autres.

Remerciements

Les auteurs remercient la Direction de la Recherche et du Développement du CSTB pour le financement de ces travaux.

Références

- [1] NF EN ISO 717, *Acoustique – Evaluation de l'isolement Acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 1 : Isolement aux bruits aériens* (1996).
- [2] COST Action TU0901, *Integrating and harmonizing sound insulation aspects in sustainable urban housing constructions*, <http://www.costtu0901.eu> (2009-2013).
- [3] C. Guigou-Carter, N. Balanant et M. Villenave, *Evaluation du confort acoustique dans des bâtiments légers en bois*, Actes du Congrès Français d'Acoustique (2014).
- [4] C. Simmons, K. Hagberg and E. Backman, *Acoustical performance of apartment buildings – Resident's survey and field measurements*, Report NCC – SBUF – Akulite (2011).
- [5] V. Hongisto, D. Oliva and J. Keränen, *Disturbance caused by airborne living sounds heard through walls – Preliminary results of a laboratory experiment*, Proceedings of Inter-Noise (2013).
- [6] R. Ordoñez, C. Visentin, M. Markovic and P. Fausti, *Objective and subjective evaluation of façade sound insulation*, Proceedings of Inter-Noise (2013).
- [7] ISO/TS 15666, *Acoustique – Evaluation de la gêne causée par le bruit au moyen d'enquêtes sociales et d'enquêtes socio-acoustiques* (2003).
- [8] H.K. Park and J.S. Bradley, *Evaluating standard airborne sound insulation measures in terms of annoyance, loudness, and audibility ratings*, J. Acoust. Soc. Am. **126**, 208-219 (2009).
- [9] NF ISO 226, *Acoustique – Lignes isosoniques normales* (2004).
- [10] F. R. Mortensen, *Subjective evaluation of noise from neighbours, with focus on low frequencies*, Publication no 53, Technical University of Denmark (1999).