

**Mathias Meisser, consultant en acoustique**

## Les incertitudes en acoustique du bâtiment Le point de vue d'un bureau d'études

**C**ontrairement à d'autres domaines, tels que l'isolation thermique ou la protection contre l'incendie, en acoustique du bâtiment on a la possibilité de réaliser des mesures de réception en fin de chantier. Si les résultats des mesures sont plus mauvais que les résultats prévus après étude, on a la fâcheuse tendance à décréter que la mise en œuvre a été mal faite. Si les résultats des mesures sont meilleurs que les résultats escomptés, on ne se pose pas de problème ou on est fier de faire constater la bonne qualité de l'étude réalisée.

En fait, lorsqu'une performance est visée, il faut étudier des solutions, réaliser et contrôler. Chaque étape entre la conception et la mesure finale est affectée d'une certaine incertitude. C'est ce que nous allons essayer de montrer en prenant l'exemple d'un isolement acoustique standardisé entre deux locaux.

### La pratique française

Dans les bâtiments neufs à usage d'habitation, dans les établissements d'enseignement, les établissements de santé ou les hôtels, la réglementation acoustique fixe des obligations de résultats sous la forme de valeurs minimales d'isollements acoustiques standardisés entre locaux à obtenir ( $D_{nTA} = D_{nT,w} + C$  en dB).

C'est aux constructeurs de prévoir les moyens permettant de les satisfaire.

La conformité à la réglementation peut être contrôlée par des mesures in situ, a posteriori.

En cas de non-conformité, le maître d'ouvrage est condamné à réaliser des travaux d'amélioration afin d'obtenir les résultats exigés.

Une incertitude de 3 dB est admise lors de l'interprétation des résultats de mesures.

### Les sources d'incertitudes

Entre l'étude prévisionnelle et la mesure finale, il y a quatre sources principales d'incertitudes :

- La méthode de prévision elle-même sous la responsabilité du concepteur ;
- Les performances des éléments de construction qui impliquent les industriels fabricants de ces éléments et les laboratoires qui les mesurent ;
- La mise en œuvre qui met en cause les entreprises ;
- Les mesures finales in situ qui intéressent la commission de normalisation qui a établi la méthode de mesurage et le contrôleur qui l'applique.

### Incertitudes liées à la méthode de prévision

La méthode de prévision actuelle la plus complète, et apparemment la plus précise, est donnée dans la norme européenne EN 12354 : « *Prévision des performances des bâtiments à partir des performances des éléments de construction – Partie 1 : Isolements acoustiques entre locaux* »

Même si on fait le postulat que la méthode est bonne, il y a un certain nombre d'incertitudes qui se glissent dans son application.

Par exemple, le passage des performances en laboratoire aux performances in situ des éléments utilisés fait appel à des durées de réverbération structurales mal connues.

L'indice d'affaiblissement vibratoire au niveau des jonctions entre parois est basé sur des modèles statistiques pour lesquels l'épaisseur du nuage de points n'est pas communiquée.

La norme comporte toutefois un paragraphe relatif à la précision, lorsque la mise en œuvre est correcte et le mesurage très précis. Pour des structures de base homogènes, « la

prévision de l'indice d'évaluation, par le modèle détaillé, est correcte en moyenne, avec un écart type de 1,5 dB à 2,5 dB... Les prévisions dans un modèle simplifié présentent un écart type d'environ 2 dB, avec une tendance à légèrement surestimer l'isolement ». Dans ces conditions, quel intérêt il y a-t-il à utiliser le modèle détaillé, nettement plus complexe que le modèle simplifié ?

### Incertitude liée aux performances des éléments de construction

La précision des résultats issus de la méthode de prévision dépend également de la précision des données introduites dans les calculs.

Les performances des éléments mesurées en laboratoire sont entachées d'une certaine incertitude.

### Exemple : Quel est l'indice d'affaiblissement acoustique ( $R_w + C$ ) de 16 cm de béton ?

Il s'agit là d'une paroi homogène, supposée bien connue, qui ne pose pas le même problème de constance de produit que celui d'une paroi double à base de plaques de plâtre vissées sur une ossature métallique après interposition d'une laine minérale.

La figure 1 correspond aux valeurs par tiers d'octave de l'indice d'affaiblissement acoustique de 10 murs en béton

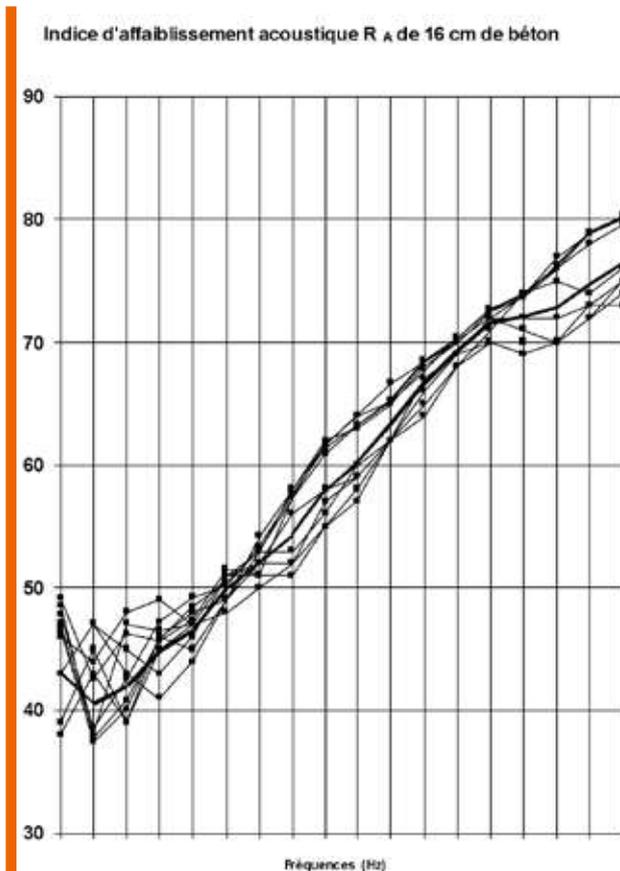


Fig. 1 : Résultats de 10 mesures d'indices d'affaiblissement acoustique de murs de 16 cm de béton (la courbe en trait fort correspond à la moyenne quadratique des 10 valeurs dans chaque tiers d'octave)

de 16 cm d'épaisseur. La même méthode de mesure a été appliquée. Les mesures ont été faites par le même laboratoire dans deux cellules d'essais différentes suivant la date des tests (cinq dans la cellule A et cinq dans la cellule B).

Les valeurs uniques  $R_w + C$  sont comprises entre 55,5 dB et 58,7 dB, soit 56 et 59 dB en valeurs arrondies (notons qu'un écart de 0,1 dB sur la valeur mesurée peut justifier un écart de 1 dB sur la valeur arrondie).

	10 mesures (cellules A et B)	5 mesures (cellule A)	5 mesures (cellule B)
$R_w + C$ minimal	55,5 dB (56 dB)	55,5 dB (56 dB)	57,1 dB (57 dB)
$R_w + C$ maximal	58,7 dB (59 dB)	57,4 dB (57 dB)	58,7 dB (59 dB)
$R_w + C$ moyen	57,0 dB (57 dB)	56,3 dB (56 dB)	57,8 dB (58 dB)

Tabl. 1 : Valeurs de  $R_w + C$  obtenues (les valeurs arrondies sont données entre parenthèses)

On peut compléter ce tableau en donnant la valeur de la paroi de référence de 16 cm de béton utilisée dans le calcul des performances des doublages ( $R_w + C = 55,9$  dB), la valeur prise en compte dans les calculs à l'aide du logiciel ACOUBAT ( $R_w + C = 55,2$  dB) et la valeur estimée en utilisant la loi de masse ( $R_w + C = 56,0$  dB). Bref toutes ces valeurs dignes de foi se situent entre 55,2 et 58,7 dB, soit une dispersion de 3,5 dB. On peut constater que le modèle prévisionnel ACOUBAT est prudent, car il utilise la plus faible des valeurs ci-dessus.

### Incertitude liée à la mise en œuvre

Il est évident que la mise en œuvre est un facteur d'incertitude important :

- Assemblage d'éléments de natures différents ;
- Etanchéité des jonctions ;
- Incorporations diverses dans les parois ;
- Epaisseurs, etc...

Mais attention ! La mise en œuvre n'est qu'une des quatre sources d'incertitude.

### Incertitude liée à la méthode de mesurage in situ

En France, avant 1970, les mesures in situ étaient faites par intervalles de tiers d'octave (de 100 à 3150 Hz). Il fallait six points de mesures dans les six intervalles de fréquences graves et quatre points de mesures dans les dix intervalles de fréquences moyennes et aiguës, pour le niveau de pression acoustique à l'émission, le niveau de pression acoustique et la durée de réverbération à la réception. Cela correspondait à 228 valeurs à relever pour un seul isolement... On ne faisait pas beaucoup de mesures in situ.

Depuis 1970, les mesures se font par intervalles d'octave (de 125 à 4000 Hz jusqu'en 2000, puis de 125 à 2000 Hz), avec un seul point de mesure pour les niveaux à l'émission et à la réception et pour la durée de réverbération. Cela correspond à relever 18, puis 15 valeurs pour un isolement.

Cette méthode de mesurage simplifiée va-t-elle dans le sens d'une meilleure précision ?

## Exemples d'écart entre les résultats prévus et les résultats de mesures finales

Il nous a semblé intéressant d'examiner comment se distribuent les écarts « prévision – mesure ». Pour cela, nous avons utilisé des cas pour lesquels nous disposons des plans, de la description des solutions mises en œuvre et des résultats de mesures. Les plans et le descriptif ont permis d'appliquer une méthode de prévision basée sur la norme EN 12354 – Partie 1. Dans ce qui suit, les cas sont classés en trois groupes, en fonction du degré de qualité de mise en œuvre.

### Mise en œuvre courante (sans précautions particulières, telle qu'on la rencontre souvent)

160 cas différents, avec des isolements standardisés prévisibles s'échelonnant entre 35 et 60 dB. Les parois de séparation entre locaux sont ou bien lourdes non doublées, ou bien légères, généralement à base de plaques de plâtre.

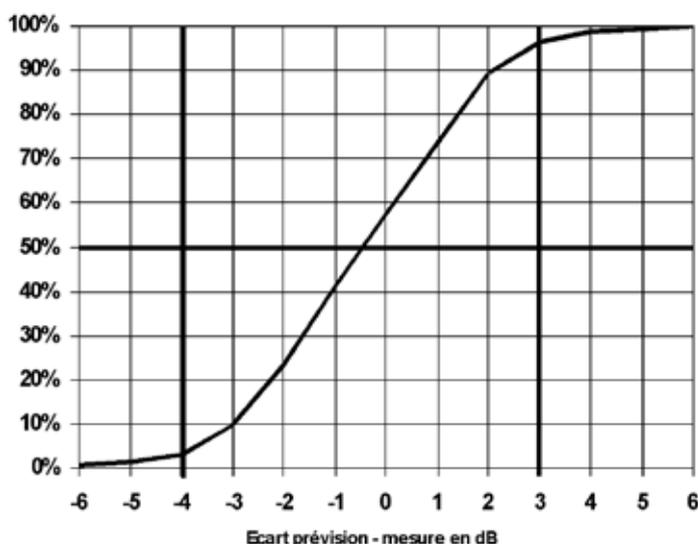


Fig. 2 : Pourcentage d'écarts inférieurs ou égaux à la valeur de l'abscisse, pour 160 cas de mise en œuvre courante

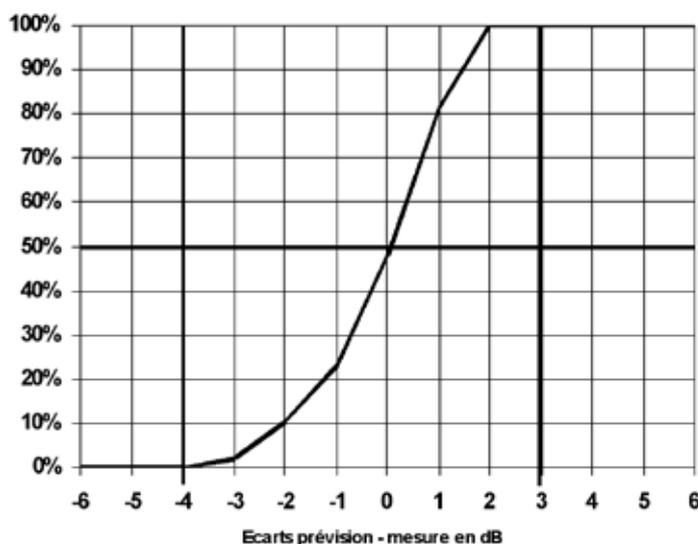


Fig. 3 : Pourcentage d'écart prévision - mesure inférieurs ou égaux à la valeur donnée en abscisse, pour 48 cas avec mise en œuvre soignée

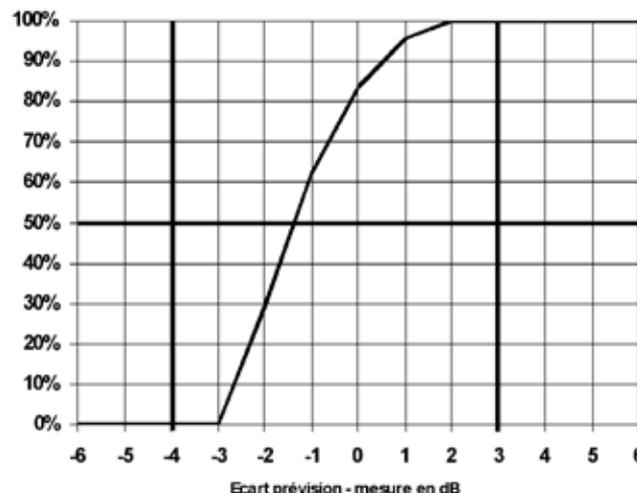


Fig. 4 : Pourcentage d'écart prévision - mesure inférieurs ou égaux à la valeur en abscisse, pour 24 cas avec mise en œuvre très surveillée

Dans 50% des configurations, les écarts sont inférieurs ou égaux à  $-0,5$  dB. Cela veut dire que dans 50% des cas, le résultat de la mesure est supérieur au résultat prévu !

93% des cas correspondent à des écarts compris entre  $-3$  et  $+3$  dB.

### Mise en œuvre attentive

48 cas d'isolements acoustiques standardisés entre des circulations communes et les chambres de deux hôtels (même architecte, même entreprise). Notons que les portes palières sont très sensibles à la qualité de la mise en œuvre. Néanmoins, 100% des résultats sont entre  $-3$  et  $+3$  dB et sont distribués autour d'un écart nul entre la prévision et la mesure (voir fig. 3).

### Mise en œuvre très surveillée

Schémas de détails, réglages des épaisseurs de planchers au Laser, contrôle continu de la densité du béton, inspection des parois légères avant la mise en place du deuxième parement, photos polaroid à l'improviste, fiches d'autocontrôle ...

Dans une résidence pour étudiants, 24 cas d'isolements acoustiques standardisés ont été mesurés. Les chambres sont toutes identiques, avec, d'un côté, une paroi de séparation en béton, et de l'autre côté une cloison à base de plaques de plâtre. L'isolement acoustique contractuel était de 58 dB. En fait, il s'agissait d'une opération expérimentale dans laquelle il fallait notamment diminuer l'importance du facteur « mise en œuvre » (fig. 4).

100% des écarts sont compris entre  $-2$  et  $+2$  dB, avec une prévision ayant tendance à être pessimiste.

## Conclusion

L'enseignement qu'on peut tirer de ce qui précède tient en peu de phrases :

Qu'il s'agisse d'une exigence réglementaire ou d'un

objectif contractuel, le bureau d'études a intérêt à tenir compte d'une incertitude de + 2 ou 3 dB.

La prévision doit donner le résultat sans incertitude. On aura bien besoin de celle-ci au moment de l'exploitation des résultats de mesures.

Si les pièces écrites ne font pas mention d'une incertitude à prendre en compte lors des mesures, la prévision doit considérer l'objectif + 2 ou 3 dB, s'il s'agit d'un isolement, ou - 2 ou - 3 dB, s'il s'agit d'un niveau à ne pas dépasser.

Le coût des prestations peut s'en ressentir, d'où les problèmes rencontrés lorsque tous ne prennent pas cette précaution et lorsque le maître d'ouvrage ne s'attache qu'au prix de son bâtiment.

On peut perdre des affaires lorsqu'on fait son travail sérieusement.

Il est certes intéressant de contrôler les écarts entre les objectifs et les résultats de mesure, afin de vérifier le taux de conformité. Pour un bureau d'études, il est encore plus intéressant d'analyser les écarts entre les valeurs prévues par les méthodes de calcul et les valeurs mesurées, afin d'affiner la méthode de prévision et de faire la liste des détails de mise en œuvre à vérifier tout particulièrement. Le bureau d'étude doit mettre au point ses outils qui lui permettront de « *viser juste* ».

En acoustique du bâtiment, il faut profiter de la possibilité de faire des mesures a posteriori pour multiplier le nombre de ces mesures et ne pas laisser dormir les résultats

Mathias Meisser , [meisser@noos.fr](mailto:meisser@noos.fr)

