

Caractéristiques intrinsèques des écrans acoustiques *in situ*

Comparaison des méthodes française et européenne

Pierre-Yves Belaud

CERIB

BP 29

28231 Épernon CEDEX

E-mail : pierre-yves.belaud@cerib.com

Les écrans acoustiques installés en bordure de route sont soumis à des tests de performances acoustiques appelés «in situ». Ces mesures servent à contrôler les performances intrinsèques de l'ouvrage une fois mis en œuvre. La méthode de mesure appliquée en France depuis de nombreuses années est celle décrite dans la norme française NFS 31089 (ou méthode impulsionnelle). Aujourd'hui il existe une seconde méthode de mesure qui a été élaborée au niveau européen. Cette norme européenne dont la référence est EN/TS 1793-5 (ou méthode Adrienne ou encore MLS) est publiée depuis décembre 2003. À terme, elle remplacera la norme française NFS 31089 après une cohabitation des deux normes pendant quelque temps.

Une étude réalisée au CERIB a permis de comparer ces deux méthodes de mesure, de mettre en évidence les avantages et inconvénients de chacune et surtout de rendre compte de l'impact de la norme européenne sur la valeur des caractéristiques intrinsèques des écrans.

En pratique, l'efficacité réelle des écrans in situ (en façade des bâtiments d'habitation situés en partie arrière, par exemple) est limitée à cause de la diffraction par l'arête supérieure et les côtés de l'écran. Par exemple : l'affaiblissement intrinsèque de panneaux d'écran peut être supérieur à 50dB(A) en laboratoire, alors que l'écran installé ne permet d'obtenir que 12 dB(A) au plus in situ.

Les normes actuelles de mesures :

La norme concernant la mesure des caractéristiques des produits en laboratoire (salle réverbérante) est la norme EN 1793-Parties 1/2/3. Cette norme a été élaborée par un groupe de travail (WG 6) au sein du Comité Technique Équipement de la Route (TC 226). Elle reprend presque intégralement et adapte le texte de deux normes acoustiques existant depuis de nombreuses années dans le domaine du bâtiment. (Norme ISO 354 et ISO 140/3).

La norme française en vigueur concernant les performances des ouvrages in situ est la norme NFS 31089. Il s'agit de la troisième version d'une norme publiée pour la première fois en 1986. Cette norme était

destinée à répondre à une demande de l'administration française qui souhaitait pouvoir disposer d'une méthode permettant d'effectuer des contrôles acoustiques in situ sur des ouvrages.

La norme européenne EN/TS 1793-5 cohabitera pendant plusieurs années avec la norme NF S 31089, puis la remplacera définitivement. Le texte de la norme a été élaboré par le même groupe de travail que celui de la norme 1793-1/2/3. La problématique de cette norme (mesures sur site) a été posée par la délégation française peu de temps après la création du groupe de travail (WG 6), c'est-à-dire dans les années 90.

Présentation du principe des deux méthodes

La méthode impulsionnelle.

Principe de la mesure

La norme française NFS 31089 décrit une méthode de mesure des caractéristiques acoustiques intrinsèques d'un écran installé in situ. Ces caractéristiques sont les pertes d'énergie acoustique en réflexion (TLr) et en transmission (TLt).

Le signal source est constitué d'une détonation obtenue par un pistolet d'alarme, qu'il faut orienter selon quatre angles différents (de 0° à 30°) pour les mesures en réflexion, et un seul (0°) en transmission. Cette méthode est opérationnelle depuis plusieurs années, et sert de référence pour les pièces de marché d'écran.

Avantages et inconvénients de la méthode

La source, peu encombrante, est d'une grande puissance mais présente des limites vis-à-vis de la répétabilité du signal. En effet, toutes les détonations n'offrent pas exactement le même spectre, en fréquence et en niveau, ceci étant dû au point d'impact du percuteur qui n'est pas toujours situé au même emplacement sur la cartouche. C'est une des raisons pour laquelle la norme impose d'effectuer au minimum cinq tirs afin de valider un résultat donné pour une incidence donnée. La limitation fréquentielle des spectres, due à la faible durée

du fenêtrage comprise entre deux et trois millisecondes, limite théoriquement le spectre en basses fréquences respectivement à 500Hz et 300Hz.

D'autre part, et malgré une annexe explicative sur le sujet, la NFS 31089 est peu adaptée au mesurage sur des écrans à géométrie complexe.

La méthode mls

Principe de la mesure

La norme EN/TS 1793-5 a été élaborée au niveau européen par plusieurs laboratoires de recherche (dont l'ENTPE et le CSTB en France) qui ont proposé les modalités techniques (signal, fenêtrage...) destinés à élaborer une méthode répétable et adaptée aux mesures in situ.

Elle présente deux grandes différences avec la NFS 31089 décrite précédemment. En premier lieu, la source a été remplacée par un signal numérique MLS (maximum length sequence), déterministe. Grâce à ce type de ce signal, l'utilisateur est supposé travailler avec une bonne répétabilité de la source.

La seconde différence réside dans le fenêtrage utilisé pour le traitement du signal. La fenêtre dite Adrienne est du type Blackman-Harris pour sa partie montante (0.5ms) et descendante (2.2ms). Sa partie centrale est constituée d'une fenêtre rectangulaire de 5.2ms.

La norme EN/TS 1793-5 décrit une méthode de détermination des caractéristiques intrinsèques de réflexion (DL_{RI}) et de transmission (DL_{SI}) d'un écran acoustique. La méthode consiste à effectuer la moyenne de neuf points de mesures comparées à une mesure en champ libre, en réflexion comme en transmission. Une description succincte des mesures est fournie ci-dessous :

- en réflexion :

Le microphone est placé à une distance fixe de la source. La mesure en champ libre permet de déterminer le signal incident. Il est ensuite retranché aux neuf autres mesures, réalisées par pas de dix degrés entre -40° et $+40^\circ$, ce qui permet d'obtenir par soustraction le seul signal réfléchi.

- en transmission :

Une mesure en champ libre est effectuée avec le même microphone que celui utilisé pour les neuf mesures en transmission suivantes. La distance source-microphone est rigoureusement la même pour la mesure en champ libre que pour la mesure en incidence normale. L'épaisseur du

mur pour la mesure en champ libre est également prise en compte. L'utilisation de la référence champ libre est possible grâce à l'excellente répétabilité du signal source MLS.

Imprécisions de la norme

La mise au point de la chaîne de mesure a permis de mettre en évidence plusieurs insuffisances majeures dans la rédaction de la norme.

À propos du traitement du signal

Deux questions majeures sont apparues dès les premières mesures.

La première concerne la notion de recouvrement lors du passage du signal temporel en spectre par bandes fines. En effet, la plupart des systèmes d'analyse proposent à cette étape de l'exploitation, quatre recouvrements possibles : 0%, 25%, 50% et 75%. Les résultats obtenus selon le pourcentage choisi, diffèrent en termes de niveaux et de représentation fréquentielle du signal recomposé en tiers d'octave.

Le second problème concerne la divergence géométrique. Le texte de norme stipule que : «l'amplitude des ondes acoustiques réfléchi est atténuée de manière inversement proportionnelle au temps de parcours».

Le groupe de travail constitué par les laboratoires a indiqué que cette correction peut être obtenue par la mise en place d'une fenêtre temporelle de forme triangulaire. Plusieurs précisions importantes manquent, comme :

- Application de la correction avant ou après la soustraction du signal incident.
- Application avant ou après le fenêtrage Adrienne.
- Durée de la fenêtre.

Des tests effectués avec différentes durées de fenêtres triangulaires montantes positionnées à différents endroits montrent des résultats différents.

La solution offrant les meilleurs résultats au sens de la répétabilité et assurant une opération identique pour toutes les incidences est la suivante : Sur le signal temporel brut, c'est-à-dire avant toute opération, on positionne un fenêtrage triangulaire montant partant de zéro et d'une durée suffisamment longue, (typiquement 13ms).

Cette correction nécessite d'éliminer les réflexions parasites susceptibles de se produire après l'arrivée du signal utile car, à ce moment-là, le coefficient de pondération est très élevé. (Voir schéma 1 ci-dessous)



Schéma 1 : Fenêtrage d'analyse

À propos du choix des microphones

Lors des mesures en transmission sur écran béton, il a été mis en évidence que l'utilisation d'un microphone ¼ de pouce donne un résultat de DL_{Si} inférieur d'environ 10dB(A) par rapport au même essai renouvelé avec un microphone ½ pouce, résultats beaucoup plus proche de ceux habituellement obtenus avec la méthode française. Le manque de sensibilité des micros ¼ de pouce peut donc pénaliser les résultats de mesures faites sur des écrans aussi performants que ceux en béton par exemple.

Avantages et limites de la méthode de mesure MLS in situ

Concernant les mesures en réflexion, et du fait que plusieurs points de référence sont retenus, cette méthode permet de bien prendre en compte la géométrie et la composition de l'écran. Dans le cas d'un écran non plat et non homogène, le nombre important de points de référence rend le temps de mesure relativement long. En exigeant une hauteur d'écran plus importante (4m) que pour la méthode française (3m), et en diminuant les distances écran-microphone (par rapport à la méthode impulsionnelle), les ondes diffractées sont captées plus tardivement et permettent d'augmenter la durée du fenêtrage. En passant à presque huit millisecondes de largeur de fenêtre, la limite théorique en basse fréquence est abaissée à 125Hz.

Pour la mise en place de la correction géométrique, les textes de norme ne sont pas clairs, des informations complémentaires ont donc été nécessaires pour pouvoir l'appliquer correctement.

Les mesures en transmission ne posent pas de problème lors du dépouillement. En revanche, du fait de la difficulté pour positionner rapidement et précisément les neuf points de mesures, il est nécessaire de se munir d'une grille représentant les positions du microphone lorsque l'on doit effectuer ces mesures in situ. Le choix du microphone s'avère aussi d'une importance capitale (voir

ci-dessus). Le dernier inconvénient majeur noté lors de ces mesures est que le signal source s'est avéré trop faible pour pouvoir être utilisé dans le cas de murs en béton absorbants. Les résultats présentés ci-dessous représentent donc des valeurs minimums.

Il faut aussi noter que le volume et le poids du matériel nécessaire (source essentiellement) à la réalisation de cette méthode prolonge le temps de son installation dans le cas où un opérateur seul réalise le montage.

Essais comparatifs avec les deux méthodes

Cette phase de l'étude a consisté à déterminer les caractéristiques de panneaux d'écran en béton par les deux méthodes d'essais. Tous les essais ont été réalisés dans les mêmes conditions climatiques pour chaque panneau.

Le tableau 1 résume les principales dimensions et composition des panneaux testés.

Résultats des essais

Les caractéristiques en réflexion et en transmission selon la méthode française correspondent à celles attendues pour des écrans de ce type (voir tableau 2). Les caractéristiques acoustiques selon la méthode MLS font apparaître des valeurs inférieures à celles de la méthode impulsionnelle : diminution de 2 à 4dB(A) en réflexion et de l'ordre de 10dB(A) en transmission.

Nota : la valeur de 57 dB (A) obtenue pour les écrans 1 et 2 est celle habituellement mesurée. Elle est sensiblement différente de celle obtenue pour l'écran 3 (68dB (A)) car dans le cas de forts niveaux d'isolement, le plus petit bruit de fond à un fort impact sur le résultat.

Les principales caractéristiques techniques des méthodes impulsionnelles et MLS sont récapitulées dans le tableau 3 et classées en tant qu'avantages ou inconvénient.

Écran	1	2	3	4
Dimensions				
Largeur panneau	4m	4m	4m	4m
Hauteur panneau	2m	1m	2m	1m
Nombre panneaux	2	4	2	4
Joint a ou b (photo 9)	Horizontal (a)	Horizontal (a)	Horizontal (a)	Horizontal (b)
Matériau	Béton de bois	Béton de bois	Béton de pouzzolane	Béton de bois
Géométrie				
Cannelures	Verticales	Horizontales	Verticales	-
Profondeur	13cm	7cm	10cm	-
Entraxe	16cm	8cm	12cm	-
Largeur partie plane	8cm	4cm	4cm	-
Largeur front d'onde	5cm	4.5cm	4cm	-
Épaisseur				
Béton poreux	18cm	12cm	20cm	9cm
Béton traditionnel	10cm	10cm	10cm	8cm
Totale	28cm	22cm	30cm	17cm

Tabl. 1 : Caractéristiques non acoustiques des panneaux testés

	Méthode impulsionnelle		Méthode MLS	
	Réflexion	Transmission	Réflexion	Transmission
Écran	TLr en dB(A)	TLt en dB(A)	DLRI en dB(A)	DLSI en dB(A)
1	9	57	7	47
2	8	57	4	46
3	11	68	8	46
4	7	50	3	42

Tabl. 2 : Résultats des essais selon les deux méthodes

Méthode	Impulsionnelle	MLS
Avantages	Énergie suffisante pour les mesures en transmission. Matériel adapté pour réaliser une campagne de mesure mobilisant un seul opérateur.	Temps de mesurage plus court. Meilleure représentation fréquentielle grâce à l'amélioration du fenêtrage. Limite moindre en basses fréquences par rapport à la méthode française.
Inconvénients	Mauvaise répétabilité du signal source. Limitation en basses fréquences à cause du fenêtrage trop court.	Limite en puissance de la source, vis-à-vis des mesures en transmission. Volume et poids de la source pouvant nécessiter deux opérateurs. Hauteur d'écran nécessaire importante

Tabl. 3 : Récapitulatif des caractéristiques des méthodes

Conclusions

La comparaison des résultats suivant les deux méthodes de mesures présentées dans ce document, montre des valeurs très différentes surtout concernant les résultats en transmission.

L'étude a mis en évidence que les caractéristiques en transmission pour des écrans très performants s'écartent sensiblement des valeurs habituelles, (de l'ordre de 10dB(A)). Ce problème ne se pose probablement pas pour des écrans légers (transparents, bois, métal).

Les caractéristiques en réflexion selon les deux méthodes font apparaître des valeurs jusqu'à 4dB(A) plus faibles avec la méthode européenne.

Malgré le faible nombre de panneaux testés, ces écarts varient toujours dans le même sens. À terme, la multiplication d'essais comparatifs pourra permettre de déterminer s'il existe une corrélation entre ces deux indices.

Références bibliographiques

[1] Norme européenne Draft european standard Pr ENV 1793-5, mai 2001

[2] Norme française NF S-31089, octobre 2000

[3] Acoustique et technique n°23, octobre 2000

[4] Bulletin des LCPC n°225-Mars-Avril 2000- REF. 4303

[5] European Commission-Test Methods For The Acoustic Performance Of Road Traffic Noise Reducing Devices. Première édition février 1998.

[6] CEBTP Dossier n°2313.6.104 du 1 mars 1994- pour CAPREMIB.

[7] CETE de l'EST-Mise en œuvre de la future norme de réception d'écrans acoustiques Pr ENV 1793-5.

[8] 01dB-Stell, Analyse du signal (FFT et Filtrage numérique) & Analyse des systèmes.