

Caractérisation des performances des couronnements d'écrans en diffraction

Pierre-Yves BELAUD,
CERIB
BP 59
28231 EPERNON CEDEX
02 37 18 48 00

Le Centre d'Etude et de Recherche de l'Industrie du Béton a réalisé une étude des performances in situ des couronnements d'écrans routiers en diffraction, en comparant la méthode française non homologuée et la méthode basée sur la norme CEN/TS 1793/4 de décembre 2003.

Depuis plusieurs années, une méthode française existe pour la caractérisation des performances des couronnements d'écrans en diffraction. Cette méthode sert de référentiel pour la rédaction des CCTP qui exigent des performances déterminées.

Elaborée au sein du CENTC226/WG6, la norme européenne CEN/TS 1793-4 publiée en décembre 2003 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier-Méthode d'essais pour la détermination des performances acoustiques-Partie 4 : Caractéristiques intrinsèques-Valeur in situ de la diffraction acoustique » décrit une nouvelle méthode de mesure des caractéristiques acoustiques des couronnements d'écrans, différente de la méthode française.

Une étude réalisée au CERIB a permis de présenter les performances in situ en diffraction de deux produits en comparaison avec la méthode française, non normalisée, jusqu'alors employée.

Principe de la diffraction

Outre les caractéristiques intrinsèques d'un écran acoustique répondant aux performances en transmission et en réflexion/absorption, la taille de l'écran détermine souvent la zone d'ombre en arrière de l'écran qui correspond à la zone protégée par l'écran. Cette zone est déterminée par la performance en diffraction de l'écran, c'est à dire la quantité d'énergie acoustique passant au-dessus mais aussi sur les côtés de l'écran (voir Fig. 1).

En pratique, il est possible de réduire les diffractions latérales d'un écran en « sur-dimensionnant » la longueur de l'écran. Ceci permet d'assurer une meilleure protection de la zone. Concernant la diffraction par le sommet de l'écran, ce sur-dimensionnement vertical s'avère nettement plus délicat car il implique des sujétions importantes sur l'ouvrage (fondations, dimensionnement des poteaux verticaux...)

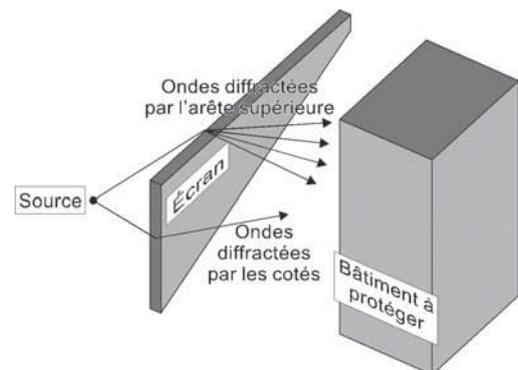


Fig. 1 : trajet d'une onde diffractée

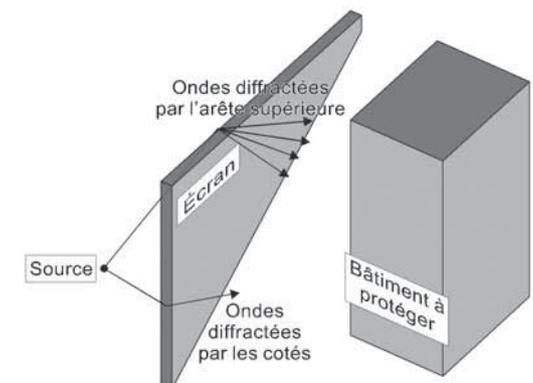


Fig. 2 : trajet d'une onde diffractée avec mur vertical surdimensionné

Depuis quelques années, la volonté de palier à ce problème de diffraction a amené les fabricants à concevoir des couronnements permettant de « casser » la trajectoire classique de l'onde diffractée. Placés au sommet de l'écran, son efficacité ne dépend pas que de ses caractéristiques

intrinsèques, mais aussi de sa forme, de la hauteur du mur antibruit support, et des positions des sources et récepteurs.

La Figure 3 présente plusieurs géométries susceptibles d'être retenues par des maîtres d'ouvrages pour des raisons acoustiques et/ou esthétiques.

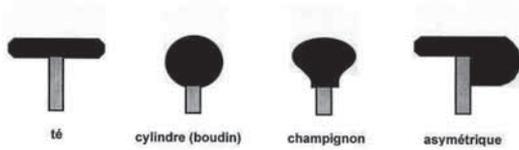


Fig. 3 : Différents Fig.s de couronnements

Il est important de souligner qu'un couronnement doit impérativement être conçu et fabriqué à l'aide d'un matériau poreux (béton de bois, de pouzzolane etc..) car des éléments réfléchissants (béton traditionnel ou métal) sont susceptibles de dégrader les performances globales du couronnement et donc du système global (couronnement + écran).

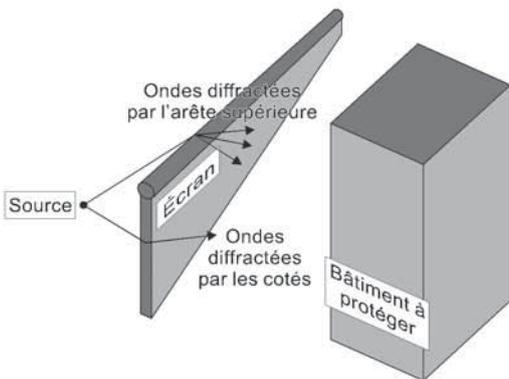


Fig. 4 : trajet d'une onde diffractée avec couronnement

Du fait de ses dimensions et de sa porosité, les performances en absorption d'un couronnement permettent une diminution de l'énergie acoustique diffractée par rapport à un système sans couronnement. Cette différence d'énergie est quantifiable grâce à la méthode de mesure décrite ci-après.

Mesure en diffraction

Principe de la mesure

Le principe de la mesure est de quantifier la différence d'énergie acoustique diffractée entre un mur couronné et ce même mur non couronné. Le résultat rend compte de la performance du couronnement, exprimé par l'indice unique de la différence de diffraction ΔDI en dB(A).

La source sonore est constituée d'un signal numérique MLS (Maximum Length Sequence), déterministe. Ce signal se rapproche d'un pic de Dirac, c'est à dire une impulsion infiniment puissante et courte dans le temps.

Une des particularités des mesures en diffraction est la position haute de la source et du microphone qui nécessite des dispositions particulières de mesure (pied de la source, câblage, mise en place des microphones). Les différentes positions du microphone (voir Fig. 5) rendent compte de l'efficacité d'un couronnement sur la zone balayée par ces positions.

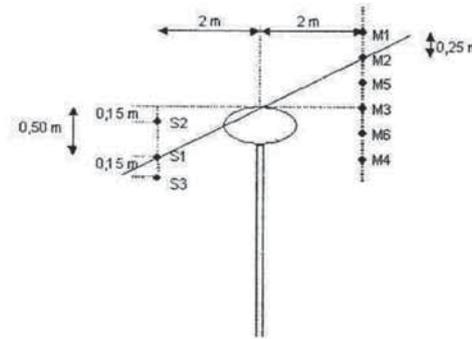


Fig. 5 : positions de la source et des microphones vue de profil (1^{ère} série)

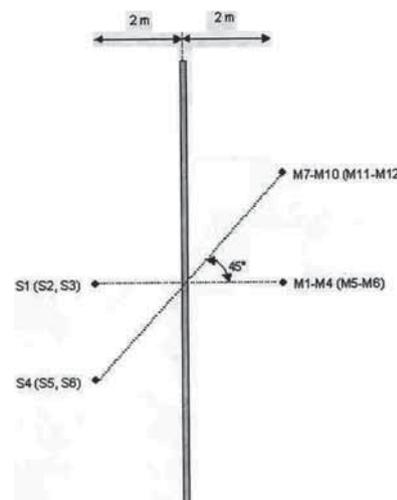


Fig. 6 : Mesures à 0° et 45° vue de dessus (1^{ère} et 2^e série)

Deux séries de mesure sont effectuées sur le mur support sans couronnement, avec des incidences 0° et 45° (Fig. 6), puis ces deux séries de mesures sont répétées après la pose du couronnement.

Chaque double série (incidences 0° et 45°) permet d'obtenir un indice de diffraction DI. La différence entre ces indices de mesure (avec et sans couronnement) constitue l'indice unique d'évaluation de la différence de diffraction ΔDI .

Le mur test

Afin d'assurer l'identification des signaux lors des traitements, le mur support doit présenter des dimensions minimales de 4 m de haut sur 10 m de long. Le couronnement doit lui aussi mesurer au moins 10 m de long et ne pas présenter de fuite (interface entre les modules).

Traitement des mesures

Les signaux bruts des fichiers de mesures sont soumis à un traitement afin d'identifier et d'isoler la partie diffractée. La fenêtre utilisée s'appelle fenêtre Adrienne (Fig. 7). Elle permet de sélectionner le pic de la réponse impulsionnelle ainsi que la composante diffractée laissant de côté les bruits parasites (diffraction latérale).

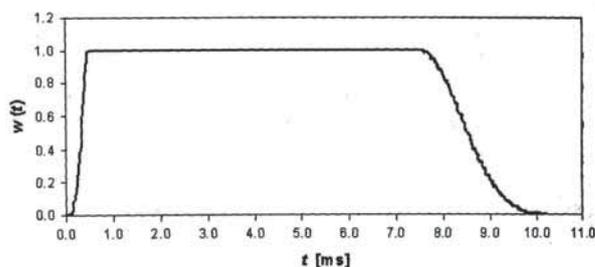


Fig. 7 : Fenêtre Adrienne en diffraction

Ces signaux isolés sont ensuite soumis à une transformée de Fourier permettant de visualiser et de travailler sur le spectre de la partie diffractée. Grâce à un programme de calcul respectant les exigences de la norme CEN/TS1793-4, les différences d'indice de diffraction sont calculées et permettent d'obtenir l'indice unique de la différence de diffraction ΔDI . Cette différence se calcule en retranchant les niveaux mesurés sans couronnement des niveaux mesurés avec couronnement.

Application de la méthode de mesure

Disposés sur un mur test conforme à la norme, deux couronnements cylindriques en béton absorbant ont été testés selon la méthode européenne en diffraction.

Caractéristiques du mur et du couronnement



- Type de l'écran : réfléchissant
- Type de matériau de l'écran support : béton réfléchissant
- Dimensions de l'écran : 10 m de long et 4 m de haut
- Type du couronnement : cylindrique
- Type de matériau du couronnement : béton de bois
- Dimensions des couronnements : 40 cm de diamètre
- Hauteur du mur avec couronnement : 4,38 m

Bien que bénéficiant des mêmes dimensions, formes et matériaux, les deux couronnements testés différencient sur d'autres points techniques qui ne sont pas décrits dans ce document.

Résultats des essais

Les résultats des mesures effectuées sur deux couronnements cylindriques en béton absorbant sont présentés sous forme d'indice unique de la différence de diffraction ΔDI (tableau 1) arrondi à l'entier le plus proche.

Produit	ΔDI en dB(A)
Couronnement 1	- 3
Couronnement 2	- 2

Tableau 1 : indice unique couronnement 1 et 2

L'indice unique $\Delta DI = - 3$ dB(A) du couronnement 1 met en évidence une diminution potentielle de moitié de l'énergie acoustique diffractée, moyennée sur la zone mesurée. L'indice unique $\Delta DI = - 2$ dB (A) du couronnement 2 révèle aussi une diminution de l'énergie acoustique diffractée, moyennée sur la zone mesurée.

Avis sur la méthode d'essai européenne

De la mesure au dépouillement, la norme CEN/TS1793-4 contient des similitudes avec la norme CEN/TS1793-5 relative aux caractéristiques intrinsèques des écrans acoustiques (voir référence [4] de la bibliographie).

Ces deux méthodes utilisent par exemple le même signal d'essai et le même type de fenêtrage.

La mesure

Cette méthode nécessite un temps relativement long pour sa mise en oeuvre. Une fois le matériel installé, les essais peuvent s'effectuer assez rapidement. Une série de mesures, sous incidences 0° et 45° , nécessite environ trois heures.

Dans le cas d'une mesure complète, il faut bien évidemment prendre en compte le temps d'installation des couronnements sur le mur support qui nécessite une organisation particulière pour des essais in situ. L'adaptabilité sur un site réel demandera une bonne préparation de la mesure, comme par exemple une reconnaissance du terrain (présence d'arbres, terrain en pente...), les conditions de vent, ou encore la mise en place des couronnements.

Le dépouillement

Les opérations de traitement du signal tout comme le dépouillement post-traitement ne posent pas de difficulté majeure. Cependant une grille de vérification comme existant dans d'autres normes de mesure (ex : NFS 31 089) permettrait de s'assurer de la validité absolue du calcul de l'indice unique.

Comparaison des deux méthodes (française et européenne)

L'utilisation

Concernant le principe général de mesure, les deux méthodes française et européenne sont assez proches. Les grandes différences de principe sont énumérées dans le tableau ci-dessous :

	Méthode européenne	Méthode française
Source	Numérique Type MLS	Impulsionnelle type revolver
Taille minimum du mur	L = 10m sur h=4m	L=8m sur h=3m
Distances source/microphone	10m minimum	4m minimum
Indice	« Δ DI »	« IL »

Les ordres de grandeur

La méthode française non normalisée utilisée jusqu'alors pour les mesures en diffraction présente des similitudes avec la norme européenne dans le positionnement du matériel et surtout du microphone. Malgré des différences de sources de bruit et de matériel d'acquisition de signaux utilisés dans les deux méthodes, les deux indices d'évaluation Δ DI et IL unique en diffraction sont physiquement comparables.

Il n'a pas été possible de comparer directement les résultats obtenus selon la norme CEN/TS 1 793-4 avec ceux de l'ancienne méthode, faute de données disponibles sur ces mêmes types de couronnements. Cependant, l'expérience sur les mesures en diffraction des couronnements en béton absorbant sur des couronnements de même forme, révèle des ordres de grandeurs similaires sur le résultat en terme d'indice de diffraction unique.

En première approche, il existe une bonne cohérence entre les valeurs obtenues par les deux indices Δ DI et IL. Il reste cependant à la confirmer sur d'autres géométries de produits.

Conclusions

La méthode de mesure proposée dans le texte européen pose encore quelques difficultés pour une mise en place précise et rapide. En pratique, les conditions imposées pour un essai complet en font une mesure relativement lourde de mise en place, notamment en ce qui concerne le placement des microphones ou encore la manipulation des échantillons testés.

En première approche, la méthode de mesure selon la norme CEN/TS 1 793-4 permet d'aboutir à des résultats, en terme d'un indice unique Δ DI, proche de ceux obtenus avec l'indice

IL utilisé jusqu'alors en France. Malgré les différences que présentent les deux méthodes, ces deux indices affichent le même ordre de grandeur pour le type de couronnement testé dans cette étude. L'application de cette méthode européenne à d'autres produits de couronnement permettra de conforter cette similitude entre les deux indices.

Reconnues au niveau européen, les performances de ce type de produit en tant qu'élément d'amélioration de la protection sonore du riverain, ne peuvent qu'encourager sa mise en œuvre.

L'utilisation de la méthode européenne permet au CERIB de disposer d'éléments d'amélioration de la norme pour une prochaine révision.

Références bibliographiques

[1] Norme européenne Draft european standart, CEN/TS 1 793-4, décembre 2002

[2] Procédure d'essais n°E09/305 CEBTP

[3] La nouvelle technique des couronnements d'écrans : gagner en efficacité sans augmenter la hauteur. J. Defrance/E. Premat - Journées Ecrans acoustiques-CIDB-12 mars 2003

[4] Acoustique et Technique n° 37, « Caractéristiques intrinsèques des écrans acoustiques in situ »