

Les
références

ÉCRANS ET PROTECTIONS ACOUSTIQUES

Guide du maître d'ouvrage
et du maître d'œuvre



ÉCRANS ET PROTECTIONS ACOUSTIQUES

**Guide du maître d'ouvrage
et du maître d'œuvre**



Collection « Les références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage, œuvre collective du Cerema, a été piloté par Philippe Glé (Cerema).

Il a été réalisé en partenariat avec le syndicat des équipements de la route (SER).

Ont contribué à sa rédaction : Jean-Marc Abramowitch (JMA), Bernard Barthou (Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton, Cerib), David Berrier (Sim-Engineering), Philippe Bertrand (Agilis), Damien Champenoy (Cerema), Damien Garnier (Conseil Ingénierie Acoustique, Cia), Philippe Glé (Cerema), Pascal Guittat (Sixense Engineering), Nicolas Miero (Lycom), Pierre Quennoy (Mice), Étienne Matthieu (Cerema), Jean-Philippe Regairaz (SNCF Réseau), Yann Rouillé (Cerib).

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. *Écrans et protections acoustiques. Guide du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre.*

Bron : Cerema, 2022.

Collection : Les références.

ISBN : 978-2-37180-556-9 (pdf)

Sont remerciés les relecteurs : Patricio Munoz (Acoucité), Patrick Demizieux, Bernard Miège, Xavier Olny et Fabrice Boblique (Cerema), Laurent Droin, Philippe Strauss, Sylvie Bouin (Centre d'information sur le bruit, CIDB), Alexandre Kavaj et Marie-Christine Bihoreau (ministère de la Transition écologique, Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM)/ Direction des infrastructures de transport (DIT)), Frédéric Leray (ministère de la Transition écologique, Direction générale de la prévention des risques (DGPR)), Yann Le-Vaillant (Direction interdépartementale des routes Atlantique), Laurence Feltmann (DREAL Grand Est), Philippe Darles (DREAL Nouvelle-Aquitaine), Barbara Correard (DREAL PACA), Fabienne Anfosso-Lédée (Université Gustave Eiffel), Éric Sauner (Vinci Autoroutes), et les membres du syndicat des équipements de la route (SER) section Protections acoustiques.

CRÉDITS ILLUSTRATIONS

Étienne Matthieu (Cerema).

CRÉDITS PHOTOS

Couverture : Syndicat des équipements de la route (SER)

Photos intérieures : Nicolas Miero

PRÉFACE

La publication de ce guide de référence sur les dispositifs de réduction du bruit en bord de voie est une excellente nouvelle, tant pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre que pour l'ensemble de nos concitoyens confrontés au bruit des transports. Ce guide participe de la prise de conscience et de la nécessité d'agir plus efficacement contre la pollution sonore, dont l'impact environnemental et sanitaire n'est plus à démontrer et dont le coût social annuel pour notre pays a été estimé à 147 milliards d'euros par l'ADEME et le Conseil national du bruit que je préside (étude publiée en octobre 2021).

Les transports représentent 66,5% de ce coût total. Plus précisément, le bruit routier représente 54,8% des coûts soit 80,6 milliards d'euros et le bruit ferroviaire 7,6% soit 11,1 milliards d'euros. Il est par ailleurs établi que cette exposition à la pollution sonore génère des pathologies et plusieurs milliers de décès chaque année.

Ces chiffres doivent nous alerter et mobiliser les acteurs publics comme privés pour intégrer et réduire l'impact acoustique des infrastructures et des modes de transport, tant dans leur conception que dans leur exploitation. Je ne peux donc que saluer l'initiative de ce guide référence ainsi que les travaux menés par le Cerema et les rédacteurs de cet ouvrage.

En tant que parlementaire, élue locale et présidente du Conseil national du bruit, je m'emploie à faire évoluer notre législation pour mieux lutter contre la pollution sonore. J'ai ainsi modifié la loi d'orientation des mobilités (LOM) pour que soit enfin reconnue la pollution sonore (au même titre que la pollution de l'air), pour consacrer le droit à vivre dans un environnement sonore sain, pour expérimenter les radars sonores actuellement en phase d'essai, ou encore pour intégrer dans la mesure du bruit du transport ferroviaire (jusqu'alors basé sur des moyennes) des indicateurs dits événementiels, tenant compte des pics de bruit, de la répétitivité et des vibrations.

Les chantiers sont encore nombreux et je suis ravie de voir d'autres acteurs s'emparer à leur tour du sujet du bruit et mettre leurs expertises au service de la lutte contre la pollution sonore.

C'est l'objectif de ce guide, fruit d'une collaboration heureuse entre le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), le Centre d'information sur le bruit (CidB), les administrations concernées et les entreprises du secteur.

Ce guide vise à diffuser les savoirs et la connaissance de manière pédagogique et accessible, dans l'objectif de faciliter le travail des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre. Nul doute qu'il trouvera son public car je sais les difficultés rencontrées par bon nombre de maîtres d'ouvrage et de gestionnaires d'infrastructures face à la technicité, la complexité et la superposition des normes relatives à la lutte contre la pollution sonore.

Je crois également que ce guide est un message positif adressé à l'ensemble des riverains des voies routières et/ou ferrées concernés, dont la souffrance ne peut plus être ignorée. Elle est une réalité sur l'ensemble du territoire national, que j'observe également dans les villes de ma circonscription des Hauts-de-Seine.

Lorsque la réduction du bruit à la source n'est pas possible, les écrans et les protections acoustiques constituent des solutions efficaces, et souvent innovantes, pour atténuer les nuisances sonores. Il est donc indispensable que l'ensemble des acteurs concernés puisse disposer d'informations claires et complètes sur le déploiement de ces équipements. C'est chose faite grâce à ce guide.



Laurianne ROSSI

Présidente du Conseil national du bruit (CNB)

Députée et élue locale des Hauts-de-Seine
(Bagneux, Malakoff, Montrouge)

Membre de la Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale

Sommaire

Remerciements	2
Préface	4
Glossaire	10
CHAPITRE 1	
Le bruit : une nuisance encadrée par de nombreux textes qu'il faut s'approprier	11
CHAPITRE 2	
Les protections acoustiques : des ouvrages pour limiter les nuisances sonores	15
2.1 - Définitions	16
2.2 - Caractéristiques et performances des protections acoustiques	17
2.3 - Protections acoustiques et marquage CE	18
2.3.1 - Dispositifs entrant dans le cadre du marquage CE	18
2.3.2 - Dispositifs pouvant ne pas relever du marquage CE	19
CHAPITRE 3	
Le cadre normatif des dispositifs de réduction du bruit routier et du bruit ferroviaire	21
CHAPITRE 4	
Obligations et responsabilités de chacun des acteurs	25

CHAPITRE 5**Qualification initiale des performances 29****5.1 - Notion de famille et responsabilités associées 30****5.2 - Calculs/essais mécaniques 30**

5.2.1 - Comportement sous charges statiques 30

5.2.2 - Charge de neige 31

5.2.3 - Risque de détachement des éléments de l'écran ou d'une partie d'entre eux 31

5.2.4 - Portes, évacuations et issues de secours 31

5.3 - Essais acoustiques 32**CHAPITRE 6****Le marquage CE : une obligation pour les dispositifs de réduction du bruit routier 35****6.1 - Obligations de marquage : quels sont les produits concernés? 37****6.2 - Dispositions du marquage CE 38**

6.2.1 - Comment évalue-t-on? 38

6.2.2 - Quelles sont les caractéristiques concernées? 38

6.2.3 - Quelles caractéristiques doivent obligatoirement être renseignées? 38

6.2.4 - Sous quelle forme? 39

6.3 - Pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre? 39

6.3.1 - Dans la rédaction du CCTP? 39

6.3.2 - Qu'est-ce qui doit être vérifié? 40

CHAPITRE 7**Traitements et aménagements 41**

CHAPITRE 8

Dimensionnement et assemblages 43

8.1 - Dimensionnement et efficacité acoustique 44

8.1.1 - Quels enjeux? 44

8.1.2 - Rappel des principes physiques considérés 45

8.1.3 - Un point de vigilance pour l'acoustique, l'étanchéité des assemblages 46

8.1.4 - Les guides de référence sur le sujet 47

8.2 - Dimensionnement mécanique 48

CHAPITRE 9

Ordres de grandeur des performances et exigences minimales 51

9.1 - Performances d'absorption acoustique 52

9.2 - Performances d'isolation acoustique 52

CHAPITRE 10

Prototypage 53

CHAPITRE 11

Contrôle des performances de l'ouvrage 57

11.1 - Organisation des mesures 58

11.2 - Précautions 58

11.3 - Répartition et nombre de mesures 60

11.4 - Limitations liées aux dimensions de la protection acoustique 60

11.5 - Traitement des cas particuliers	61
11.5.1 - Écrans de faible hauteur	61
11.5.2 - Protections acoustiques derrière un dispositif de retenue (glissière béton adhérent, glissière métallique...)	61
11.5.3 - Écrans sur GBAE (Glissière béton adhérent élargie)	62
11.5.4 - Écrans « mixtes »	62
11.5.5 - Écrans acoustiquement homogènes, mais composés d'éléments juxtaposés	63
11.6 - En cas de non-conformité d'un ou plusieurs résultats	64
CHAPITRE 12	
Entretien et durabilité	65
CHAPITRE 13	
Pour en savoir plus...	67
13.1 - Réglementation	68
13.2 - Ouvrages de référence	68
13.3 - Interlocuteurs	68
13.4 - Sites Internet	68
Annexes	69
Annexe 1 : Référentiel normatif des dispositifs de réduction du bruit routier et ferroviaire	70
Annexe 2 : Exemples de rédaction de CCTP	72
Annexe 3 : Méthode de détermination des performances globales d'un écran de hauteur quelconque	75
Annexe 4 : Dispositifs de réduction du bruit pouvant ne pas relever du marquage CE	77
Annexe 5 : Liste des organismes notifiés pour le marquage CE suivant EN 14388 : 2005	78

GLOSSAIRE

Sigle	Définition
AMO	Assistance à maîtrise d'ouvrage
APD	Aucune performance déterminée
BPU	Bordereau des prix unitaires
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières
DCE	Dossier de consultation des entreprises
DL _α	Indice unique d'évaluation de l'absorption acoustique en conditions réverbérantes selon NF EN 1793-1, en dB
DL _R	Indice unique d'évaluation de l'isolation aux bruits aériens en conditions réverbérantes selon NF EN 1793-2, en dB
DL _{RI}	Indice unique d'évaluation de la réflexion acoustique en conditions non réverbérantes selon NF EN 1793-5, en dB
DL _{SI}	Indice unique d'évaluation de l'isolation aux bruits aériens en conditions non réverbérantes selon NF EN 1793-6, en dB
DoP	<i>Declaration of performances</i>
DPC	Directive européenne 89/106 produits de construction
ELS	État limite de service
ELU	État limite ultime
GBAE	Glissière béton adhérent élargie
JOUE	Journal officiel de l'Union européenne
MOA	Maîtrise d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'œuvre
NPD	<i>No performance determined</i>
PMMA	Poly méthacrylate de méthyle acrylique
PNB	Point noir bruit
RPC	Règlement produits de construction
TL _R	Perte locale d'énergie acoustique en réflexion selon NF 31089, en dB
TL _T	Perte locale d'énergie acoustique en transmission selon NF 31089, en dB

CHAPITRE 1

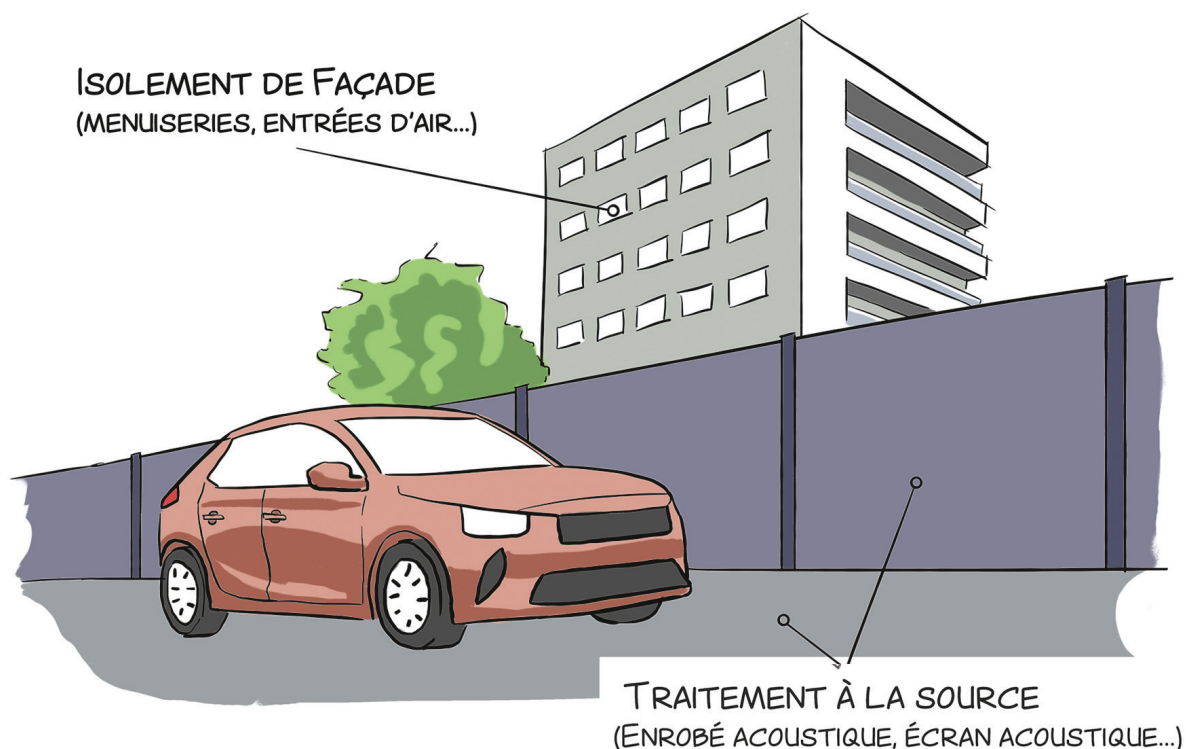
Le bruit : une nuisance encadrée par de nombreux textes qu'il faut s'appropriier

LE BRUIT : UNE NUISANCE ENCADRÉE PAR DE NOMBREUX TEXTES QU'IL FAUT S'APPROPRIER

Les nuisances sonores constituent un enjeu sanitaire très important en France et, d'après une étude de 2021 portée par l'ADEME et le Conseil national du bruit (CNB), le coût social du bruit est évalué à plus de 147 milliards d'euros par an. La grande majorité des Français est ainsi exposée, en premier lieu, au bruit des transports et de voisinage, mais aussi au bruit en milieu professionnel et en milieu scolaire. En conséquence, 82 % des Français sont préoccupés par le bruit, d'après le sondage « Les Français et les nuisances sonores » (porté par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie en 2014).

Des textes réglementaires encadrent ces nuisances. Plus particulièrement en matière de bruit des transports terrestres, la réglementation impose de protéger les bâtiments riverains des projets d'infrastructures ou des infrastructures existantes devant être aménagées ou modifiées, suivant une démarche et des objectifs visés dans les articles **L.571-9** et **R.571-44 à R.571-52 du Code de l'environnement** (anciennement décret n° 95-22 du 9 janvier 1995), associés aux arrêtés du 5 mai 1995 (bruit routier) et du 8 novembre 1999 (bruit ferroviaire).

Figure 1 : Les différentes solutions de traitement des nuisances sonores



Si plusieurs moyens de réduction du bruit peuvent être envisagés (réduction du bruit au niveau des véhicules, mise en œuvre d'enrobé acoustique, protection de type écran acoustique, traitement de l'isolation de façade des bâtiments riverains), la réglementation privilégie un traitement à la source au moyen de protections de type écran acoustique (articles et circulaires cités dans le chapitre 12). Ces actions à la source présentent une efficacité plus globale que des actions locales au niveau du bâti,

en assurant également une protection des espaces extérieurs et une protection fenêtres ouvertes. Elles peuvent également être plus durables que des actions au niveau de la chaussée.

De nombreuses protections acoustiques ont pour cette raison été conçues depuis les années 70 et, actuellement, encore 100 000 m² environ de nouveaux écrans acoustiques sont mis en œuvre chaque année en France. La construction de ces ouvrages est encadrée au niveau européen par des normes précisant les méthodes de détermination des performances (acoustiques et non acoustiques) des dispositifs de réduction du bruit et par le marquage CE (dans le cas des infrastructures routières). Ces normes ont beaucoup évolué au cours des dernières années; on peut citer par exemple pour les mesures en absorption et en isolation acoustique in situ, l'ancienne méthode de réception française selon NF S 31089, abrogée depuis 2018 à l'occasion de l'arrivée de la nouvelle méthode européenne décrite par les normes NF EN 1793-5 et 1793-6. Cette dernière s'appuie sur un système doté d'un haut-parleur et de 9 microphones.

Dans ce contexte, les Cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) sont mis à jour progressivement, mais manquent parfois de cohérence. Il y a ainsi un risque de confusion dans le dialogue entre les différents interlocuteurs d'un projet et une possible incompréhension sur les méthodes à utiliser et les niveaux de performances correspondants à viser.

L'objectif de ce guide est de dresser un état des lieux de l'ensemble des normes applicables et des dispositions à prendre pour leur bonne application. De nombreux éclaircissements et avis d'experts sont apportés afin de faciliter ce travail d'appropriation et de mise à jour. Il est construit autour de 12 sections synthétiques, complétées par des annexes, et aborde les principaux points de vigilance relevés tout au long d'un projet de protection acoustique, du dimensionnement à la réception. Des exemples concrets de rédaction de CCTP sont proposés et le traitement de certains cas particuliers d'écrans est discuté.

Ce guide est donc destiné principalement aux maîtres d'ouvrage, mais il apporte de précieuses informations à l'ensemble des acteurs de l'acte de construire: bureaux d'études, architectes, fabricants...



Remarque: Ce guide a pour seul objectif d'accompagner les acteurs pour la définition et l'obtention de performances définies par ailleurs (en particulier acoustiques). Il n'est volontairement pas exhaustif et ne couvre pas certains domaines tels que l'environnement, la sécurité... D'autres ouvrages de référence sont indiqués pour approfondir la lecture sur ces sujets.

CHAPITRE 2

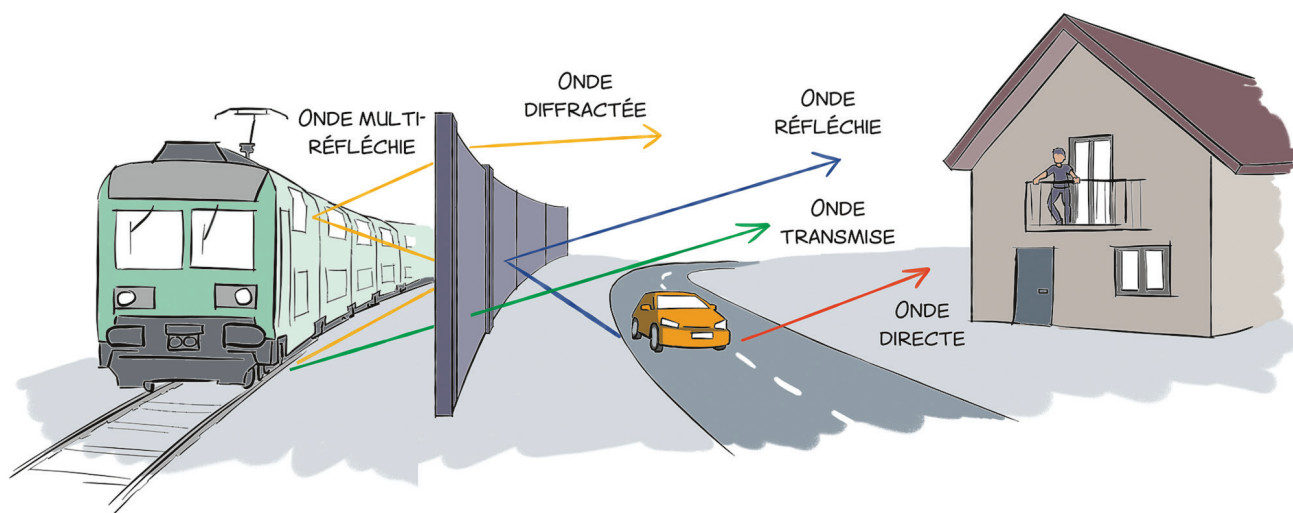
Les protections acoustiques : des ouvrages pour limiter les nuisances sonores

LES PROTECTIONS ACOUSTIQUES : DES OUVRAGES POUR LIMITER LES NUISANCES SONORES

2.1 - DÉFINITIONS

Une « protection acoustique » est un ouvrage implanté en bordure d'une voie de transport terrestre (route, autoroute, voie ferrée, ligne de transport urbain) qui constitue un obstacle à la propagation du bruit depuis cette voie de transport et en direction d'une zone riveraine à protéger (zone bâtie sensible, zones « calmes » à préserver, etc.).

Figure 2 : Les protections acoustiques: des obstacles entre sources de bruit et bâtiments sensibles



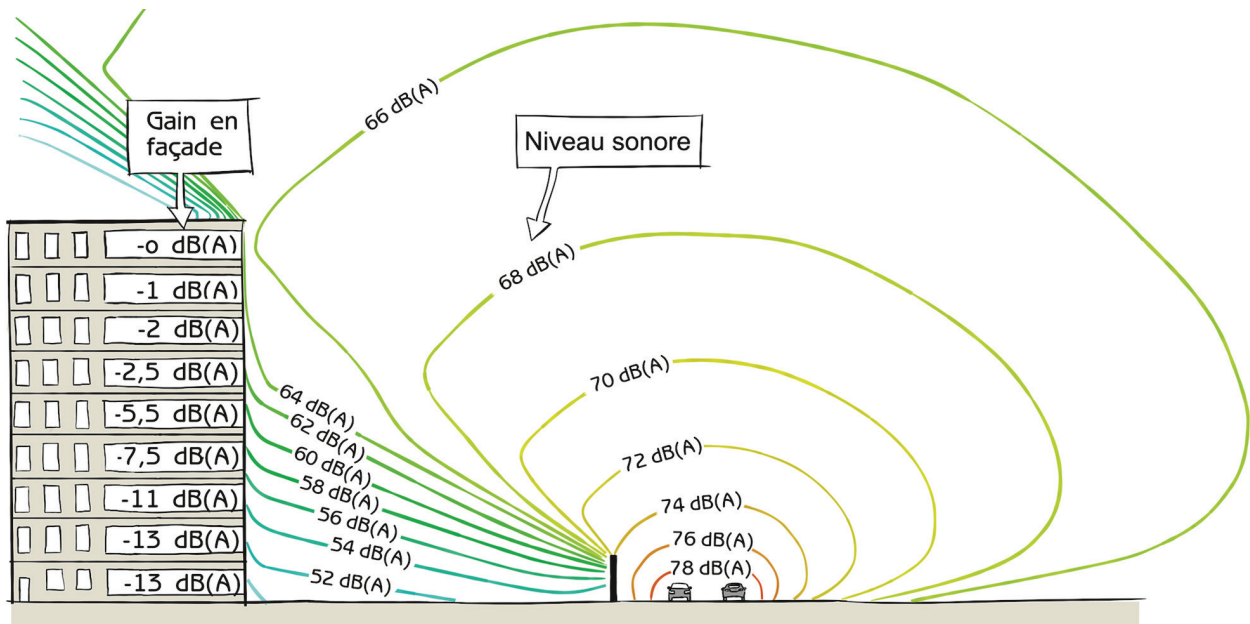
Dimensionnée dans le cadre d'une étude acoustique spécifique (longueur, hauteur, implantation...) en fonction de la configuration de la voie, du trafic, des objectifs acoustiques à atteindre et de la situation de la zone à protéger, elle permet ainsi **d'atténuer** la contribution sonore de l'infrastructure de transport au droit de la zone considérée.

Ainsi, le gain acoustique (ou atténuation procurée par la protection) attendu en façade du bâti riverain peut aller de 0 à une quinzaine de dB(A) selon les différents paramètres énoncés ci-dessus.



Note : Ce gain, résultant de la somme du bruit transmis à travers l'ouvrage et du bruit diffracté (voir figure suivante), ne doit pas être confondu avec la performance intrinsèque en isolation de la protection (résultant du bruit transmis à travers l'ouvrage uniquement) qui est déclarée par le fabricant.

Figure 3 : Un gain acoustique variable en fonction de la zone considérée



Une « protection acoustique » peut être verticale ou inclinée, mise en œuvre sur le sol, sur un ouvrage d'art ou, exceptionnellement, sur un dispositif de retenue, en respectant les règles applicables à ce type de dispositif (Glissière béton adhérent élargie [GBAE]).

2.2 - CARACTÉRISTIQUES ET PERFORMANCES DES PROTECTIONS ACOUSTIQUES

Les protections acoustiques sont regroupées en **deux grandes familles** :

- les « protections acoustiques réfléchissantes » dont la fonction acoustique est seulement d'assurer un obstacle à la propagation du bruit ;
- les « protections acoustiques absorbantes » dont la fonction acoustique est d'assurer d'une part un obstacle à la propagation du bruit et d'autre part une atténuation du bruit à l'aide d'un parement spécifique (matériau absorbant) afin de limiter les phénomènes de réflexion acoustique sur l'une ou sur les deux faces de l'écran.

Une « protection acoustique » au sens du présent document doit posséder des performances acoustiques intrinsèques minimales et doit être dimensionnée (longueur, hauteur, implantation...) sous la responsabilité d'un bureau d'études acoustique. On retiendra notamment les **performances minimales suivantes** :

- l'isolation acoustique aux bruits aériens (ou la perte par transmission).
Cette atténuation permet de caractériser la capacité de la protection à limiter la propagation de l'énergie acoustique à travers l'ouvrage et concerne à la fois les protections réfléchissantes et les protections absorbantes ;
- l'absorption acoustique sur la face exposée à la source de bruit.

Dans le cas d'une protection acoustique dite « absorbante », il s'agit de caractériser la perte d'énergie acoustique sur la face absorbante de la protection lors de la réflexion d'une onde acoustique sur la face considérée. La perte par réflexion attendue est directement définie lors du dimensionnement de l'ouvrage en phase d'étude, selon les enjeux suivants :

- traitement des réflexions au niveau d'une protection acoustique implantée sur un côté de l'infrastructure, et visant à protéger une zone sensible en vis-à-vis de l'ouvrage (cas d'une protection acoustique simple),

- traitement des réflexions parasites entre deux ouvrages parallèles disposés de part et d'autre de l'infrastructure,
- traitement des réflexions parasites dans l'espace confiné entre le véhicule et la protection acoustique, avec effets dits de «caisse-écran» (caisses des voitures d'un train, caisses des poids lourds),
- traitement des réflexions parasites à l'arrière (côté riverains) de l'ouvrage en présence d'une autre infrastructure à l'arrière de la protection.

Pour être qualifié de «protection acoustique», un ouvrage devra respecter les atténuations minimales en absorption et/ou isolation figurant au chapitre 9 du présent document.

2.3 - PROTECTIONS ACOUSTIQUES ET MARQUAGE CE

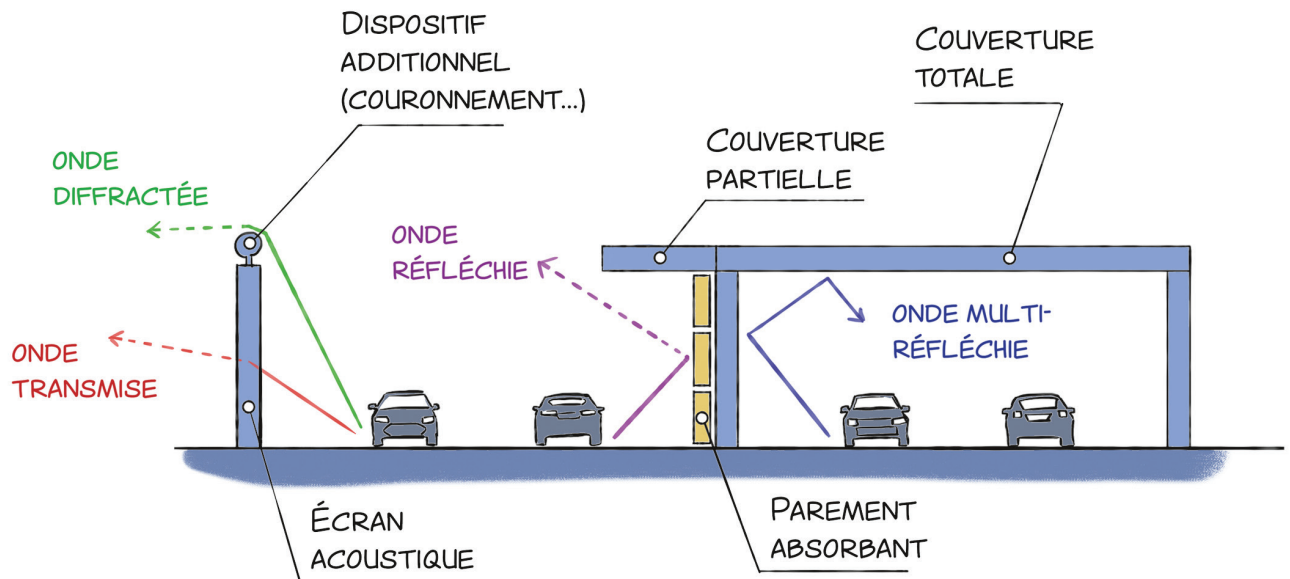
2.3.1 - DISPOSITIFS ENTRANT DANS LE CADRE DU MARQUAGE CE

Les «protections acoustiques» sont généralement des «dispositifs de réduction du bruit» au sens de la norme produit NF EN 14388. Cette terminologie comprend :

- les écrans acoustiques ;
- les parements et dalles ;
- les couvertures ajourées ou non ;
- les dispositifs additionnels (ex : couronnements).

Ils peuvent comprendre des éléments acoustiques ou structuraux (ex : poteaux) et d'éventuels dispositifs complémentaires.

Figure 4 : Les dispositifs de réduction du bruit au sens de la norme en 14388



Cette norme produit NF EN 14388 donne lieu à un marquage CE obligatoire pour tous les «dispositifs de réduction du bruit» utilisés dans le cadre d'un projet d'infrastructure routière (voir le chapitre 5 du présent document).

2.3.2 - DISPOSITIFS POUVANT NE PAS RELEVÉR DU MARQUAGE CE

Les produits utilisés dans le cadre d'un projet d'infrastructure ferroviaire ne sont pas soumis au marquage CE. Néanmoins, les principes de déclaration des performances utilisés dans le cadre du marquage CE routier peuvent être utilement appliqués dans ce cadre.

D'autres types de « protection acoustique », ayant pour fonction de servir d'obstacle à la propagation du bruit vers des zones sensibles, peuvent être étudiés et préconisés au stade des études acoustiques. On peut par exemple citer les ouvrages suivants :

- les buttes de terre (ou merlons) ;
- les gabions acoustiques ;
- les écrans végétalisés.

Ces protections n'ont pas vocation à rentrer dans tout ou partie du champ d'application du présent document, mais les performances acoustiques minimales figurant au chapitre 9 peuvent être applicables à certaines d'entre elles (gabions acoustiques et écrans végétalisés par exemple).

Ces « protections acoustiques » ne peuvent être concernées par le marquage CE que si elles sont entièrement ou partiellement (éléments structurels ou éléments acoustiques au sens de la norme EN 14388) préfabriquées et livrées pour mise en œuvre sur site. Les spécificités vis-à-vis du marquage CE applicables aux produits utilisés dans ces ouvrages sont détaillées en annexe 4.



CHAPITRE 3

Le cadre normatif des dispositifs de réduction du bruit routier et du bruit ferroviaire

LE CADRE NORMATIF DES DISPOSITIFS DE RÉDUCTION DU BRUIT ROUTIER ET DU BRUIT FERROVIAIRE

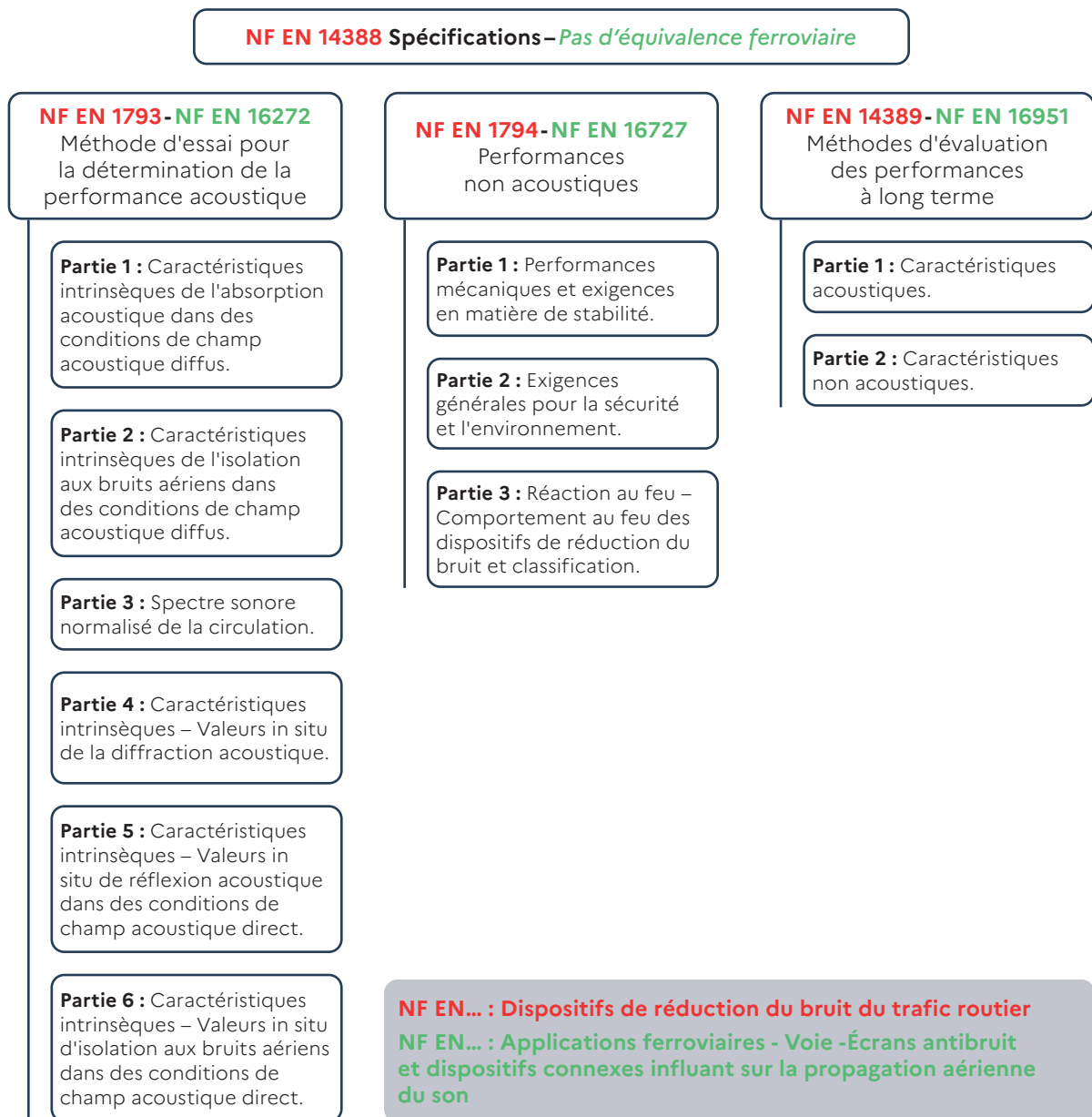
Le présent guide se concentre sur les normes applicables pour les domaines du bruit routier et du bruit ferroviaire. L'application au cadre industriel peut impliquer d'autres typologies de bruit, et donc d'autres indicateurs (α_w , $R_{A, tr}$...) et sort du cadre de ce guide. Plus généralement, les normes à appliquer dépendent directement de l'environnement et de la géométrie de l'infrastructure ainsi que du type de champ sonore associé (champ libre, champ diffus). Il revient ainsi aux bureaux d'études d'identifier la typologie de bruit et les indicateurs adéquats.

Les normes relatives à la mise en œuvre des « dispositifs de réduction du bruit » se déclinent en quatre catégories.

- **La norme produit** (NF EN 14388) qui spécifie les exigences relatives aux « dispositifs de réduction du bruit » du trafic routier dans le cadre du marquage CE. Cette norme exclut les écrans ferroviaires qui ne pourront donc pas être marqués CE.
- **Les normes acoustiques** qui précisent les méthodes de caractérisation de l'absorption (NF EN 1793-1 et 5), de la diffraction (NF EN 1793-4) et de l'isolation (NF EN 1793-2 et 6) des dispositifs de réduction du bruit suivant un spectre bien défini (NF EN 1793-3). La famille NF EN 1793-x concerne les dispositifs routiers. La famille équivalente pour le ferroviaire est NF EN 16272-x.
- **Les normes non acoustiques** qui précisent les critères caractérisant les « dispositifs de réduction du bruit » en matière de résistance mécanique et stabilité (NF EN 1794-1), les exigences pour la sécurité et l'environnement (NF EN 1794-2) et les informations concernant la réaction et le comportement au feu (NF EN 1794-3). La famille NF EN 1794-x concerne uniquement le domaine routier; la famille équivalente pour le domaine ferroviaire est la famille NF EN 16272-x.
- **Les normes d'évaluation à long terme** des performances acoustiques (NF EN 14389-1) et non acoustiques (NF EN 14389-2). Comme dans le paragraphe précédent, la famille équivalente pour le domaine ferroviaire est NF EN 16951-x.

Le schéma suivant précise l'objet des différentes normes actuellement en vigueur et leur articulation. Les contenus des normes routières et ferroviaires sont dans l'ensemble assez similaires, mais des différences significatives existent en raison du contexte d'application, et notamment pour les normes non acoustiques (NF EN 1794-x et NF EN 16272-x). Une description complète de ces normes est faite en annexe 1, précisant les correspondances entre normes routières et normes ferroviaires.

Figure 5 : Nomenclature des normes pour les dispositifs de réduction du bruit dans le cadre du bruit routier et ferroviaire



Norme annulée

La norme *NF-S 31089 — Acoustique – Code d'essai pour la détermination de caractéristiques intrinsèques des écrans installés in situ* est abrogée depuis avril 2018 et ne doit plus être citée comme référence pour la réception des écrans acoustiques.

Les différentes normes en application sont tenues à jour et distribuées en France par l'Afnor : <https://www.boutique.afnor.org/>.

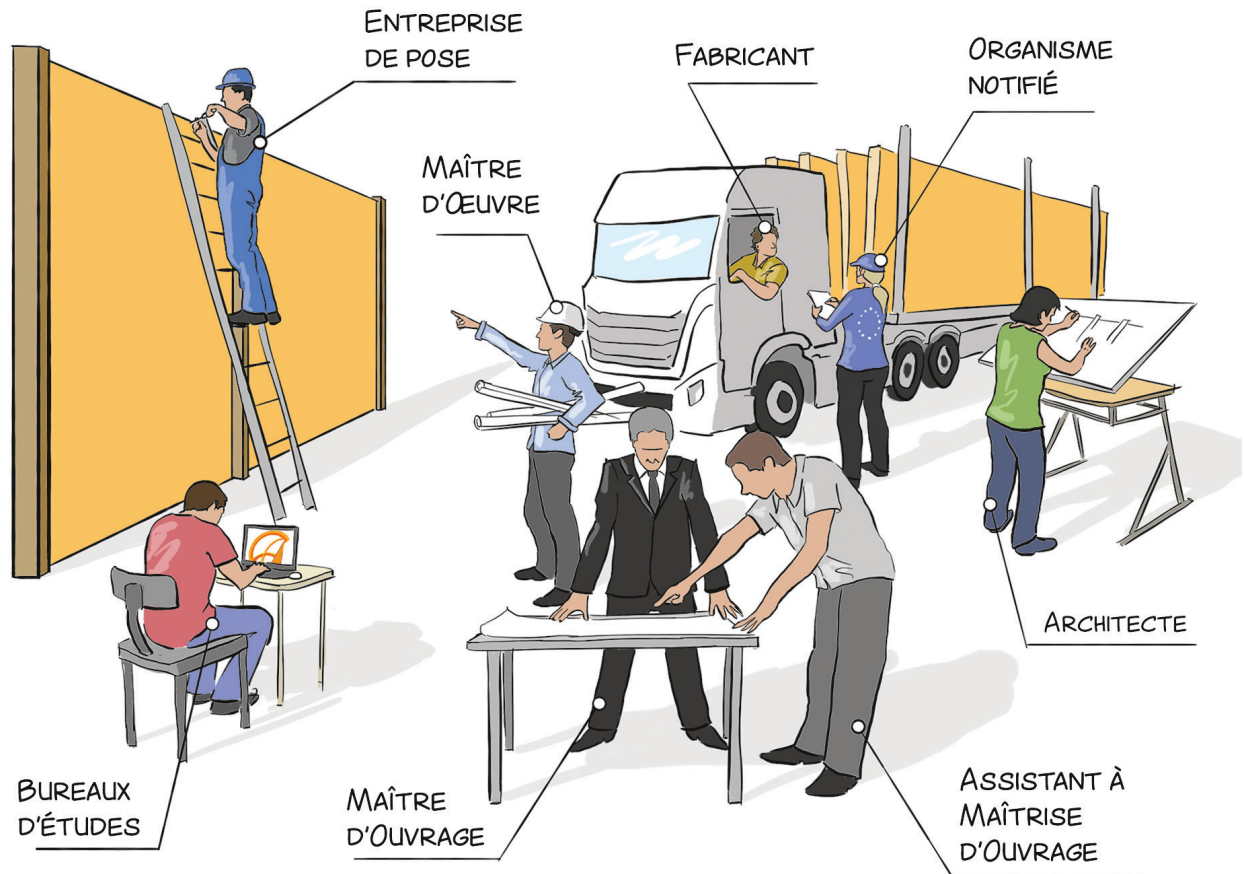


CHAPITRE 4

Obligations et responsabilités de chacun des acteurs

OBLIGATIONS ET RESPONSABILITÉS DE CHACUN DES ACTEURS

Figure 6 : De nombreux acteurs impliqués dans le cadre d'un projet de dispositif de réduction du bruit



De nombreux acteurs peuvent intervenir pour la conception, la réalisation, le contrôle... d'une « protection acoustique ». On distingue en particulier :

■ LE MAÎTRE D'OUVRAGE (MOA)

- Il porte la responsabilité des nuisances engendrées par les infrastructures de transport dont il a la charge. De ce fait, il définit les besoins, le budget et le calendrier prévisionnel des travaux de protection des riverains.
- Il commande, ou délègue au maître d'œuvre (MOE), l'étude acoustique qui définira les paramètres du dispositif (position, longueur, hauteur, performances acoustiques à respecter). Il choisit le MOE et les autres intervenants (AMO, architecte) qui sont responsables devant lui dans le cadre de leurs missions respectives.
- Il s'assure en cas de modification de l'ouvrage des conséquences acoustiques (calculs complémentaires à réaliser par un bureau d'études acoustique).
- Il est responsable, au terme du chantier, vis-à-vis des riverains, des performances en façade des bâtiments exposés. C'est à lui qu'incombent les mesures de bruit pour vérifier ces performances.

■ L'ASSISTANCE À MAÎTRISE D'OUVRAGE (AMO)

Le maître d'ouvrage peut être épaulé par une AMO. Il s'agit d'un professionnel de l'acte de construire. Il a pour mission d'aider le maître d'ouvrage à définir, piloter et exploiter le projet. Il est choisi par le maître d'ouvrage. Le décideur reste le maître d'ouvrage.

■ LE MAÎTRE D'ŒUVRE (MOE)

Il est chargé par le maître d'ouvrage de concevoir le projet, d'assurer la conformité architecturale, technique, économique et administrative du projet, de diriger et contrôler l'exécution des travaux et de les réceptionner. Il doit donc faire respecter les contraintes intangibles fournies par le MOA (voir ci-dessus).

- Il compose une équipe pour remplir la mission que lui a confiée le MOA.
- Il rédige le cahier des charges des études et des travaux sur la base du programme et des éléments transmis par le MOA. Il aide le MOA à trouver et à sélectionner les entreprises intervenantes (sous-traitantes) après consultation.
- Il agréé les fournisseurs soumis par les entreprises titulaires en vérifiant qu'ils répondent au cahier des charges et valide les demandes d'agrément de fournitures avant mise en œuvre de tout produit sur le chantier.
- Il vérifie les études d'exécution transmises par les entreprises titulaires.
- Il vérifie que le fournisseur des dispositifs de réduction du bruit a établi une Déclaration des performances (DoP : *Declaration of Performances*) selon la norme NF EN 14388.
- Il récupère les rapports d'essais auprès du fabricant et vérifie qu'ils émanent d'un organisme notifié pour l'EN 14388 (pour les caractéristiques relevant du marquage CE). Les notes de calculs doivent également être fournies; elles peuvent être établies par le fabricant après validation de calculs de type par un organisme notifié (pour les caractéristiques relevant du marquage CE). Le MOE vérifie également que les performances déclarées sont cohérentes avec les hypothèses de l'ouvrage.
- Il supervise l'exécution des travaux.
- Il réceptionne les travaux. Il fait en particulier vérifier par des essais acoustiques les performances des protections acoustiques mises en place. Il vérifie le dossier des ouvrages exécutés (plans après exécution, rapport acoustique...).

■ L'ARCHITECTE (LE CAS ÉCHÉANT)

L'architecte fait généralement partie de la maîtrise d'œuvre. Il est chargé par le MOA de concevoir le projet architectural. Ce projet définit, par des plans et documents, les caractéristiques formelles (rendu esthétique, matériaux utilisés, composition...) d'un ouvrage et son insertion dans le site.

Outre l'établissement du projet architectural, l'architecte est compétent pour intervenir à tous les stades d'un projet, et peut accompagner, en fonction de sa mission, les MOE et MOA en phase faisabilité, Dossier de consultation des entreprises (DCE) et chantier.

Dans le cadre de sa mission, il doit s'assurer de l'adéquation entre son projet et sa faisabilité technique, acoustique et économique.

L'implantation et le dimensionnement des protections acoustiques n'entrent pas dans le cadre de son périmètre.

■ LES BUREAUX D'ÉTUDES (ACOUSTIQUE, STRUCTURE...)

- Ils dimensionnent géométriquement (BE acoustique) ou structurellement (BE structure) les ouvrages.
- Ils définissent les caractéristiques techniques.
- Ils ont un devoir de conseil envers le MOE et le MOA dans les limites de leur domaine de compétence et de leur mission.
- Ils peuvent être amenés à réaliser des mesures de réception des protections acoustiques à la demande du MOE ou du MOA.

■ LES FABRICANTS DE DISPOSITIFS DE RÉDUCTION DU BRUIT

- Ils définissent leurs familles de produit (ensemble de produits pour lesquels les performances déclarées sont applicables).
- Ils font établir par un organisme notifié un rapport d'essais pour chaque performance qu'ils doivent déclarer dans le cadre du marquage CE. Ils établissent les notes de calculs après validation de calculs de type par un organisme notifié. L'établissement de ces justifications peut varier selon qu'il s'agit de produits existants ou de produits développés spécifiquement pour une demande particulière (voir chapitre 5 [déclaration des performances] et 10 [prototypage] du présent document).
- Ils fournissent la Déclaration de performances (*DoP: Declaration of Performances*) et mettent à disposition du MOE l'ensemble des rapports d'essais et de calculs.
- Le cas échéant, ils procèdent ou font procéder à la détermination de toute autre performance demandée par le CCTP.
- Ils mettent en place un contrôle de production en usine (CPU) garantissant les performances indiquées.
- Ils établissent une notice de montage et d'entretien.

■ L'ENTREPRISE DE POSE

- Elle est responsable de la mise en œuvre des « dispositifs de réduction du bruit » sur site en conformité avec les notices de montage fournies (mise en place des produits, étanchéité acoustique...).
- Elle doit appliquer le cahier des charges défini par le maître d'œuvre.

■ L'ORGANISME NOTIFIÉ

- Il est notifié par un État membre de l'Union européenne pour procéder à l'évaluation des performances des « dispositifs de réduction du bruit » par rapport aux exigences essentielles définies par la norme produit.
- Il est mandaté par le fabricant du « dispositif de réduction du bruit » pour réaliser les essais et valider les notes de calculs de type pour l'ensemble des performances déclarées dans le cadre du marquage CE.
- En France, il réalise au moins un des essais de caractérisation sous accréditation COFRAC et a la capacité d'assurer la réalisation et/ou la qualité de la détermination des autres performances (selon les dispositions de la norme NF EN ISO/IEC 17025 pour les essais).



Remarque : D'autres acteurs sont amenés à être impliqués (organisme de contrôle, coordinateur sécurité, responsable environnement...), mais leurs missions ne sont pas détaillées dans le présent document.

CHAPITRE 5

Qualification initiale des performances

QUALIFICATION INITIALE DES PERFORMANCES

5.1 - NOTION DE FAMILLE ET RESPONSABILITÉS ASSOCIÉES

En premier lieu, le fabricant est responsable de la définition de sa (ses) gamme(s) de produits, du prélèvement des modèles et du choix des essais réalisés par le laboratoire notifié. C'est donc lui qui définit ses « familles de produits ». Il faut entendre par famille de produits, l'ensemble de produits ayant les mêmes performances déclarées. Cette notion permet de réduire les coûts d'essais et d'assimiler un produit spécifique pour un projet à un autre produit « catalogue ».

Par extension, cette assimilation peut également se faire en appliquant un principe sécuritaire, l'industriel déclarant et justifiant alors des performances inférieures à celles du produit fourni.

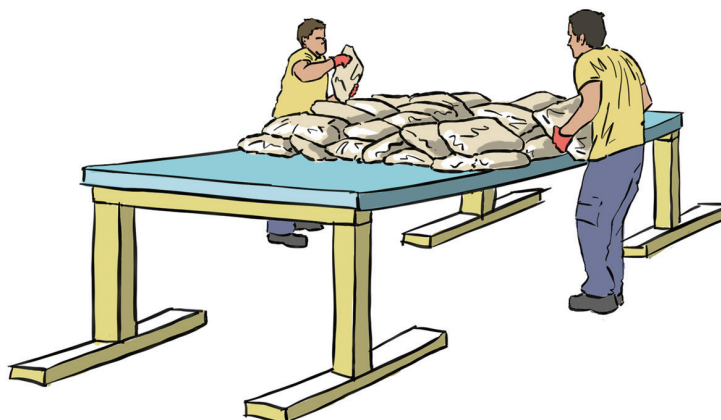
À titre d'exemple, on peut considérer :

- que pour une performance acoustique en isolation, un rapport de mesure selon la NF EN 1793-6 peut être utilisé pour justifier la performance d'un écran de même nature et de même conception, mais dont la masse surfacique de la paroi principale (sans fuites acoustiques) serait supérieure. Cette performance en isolation peut être considérée comme indépendante des caractéristiques géométriques et acoustiques du/des matériau(x) absorbant(s) présent(s) en surface(s);
- que pour une performance acoustique en absorption, un rapport de mesure selon la NF EN 1793-5 sur écran absorbant peut être utilisé pour justifier la performance d'un écran de même nature et de même géométrie, mais avec des épaisseurs de matériau absorbant supérieures. Cette performance en absorption peut également être considérée comme indépendante de l'orientation des motifs (relief, cannelure ou perforation de façon régulière et répétitive).

5.2 - CALCULS/ESSAIS MÉCANIQUES

5.2.1 - COMPORTEMENT SOUS CHARGES STATIQUES

Figure 7 : Qualification mécanique en usine



Pour les écrans ne possédant pas d'âme en béton armé (ces écrans béton sont testés par ailleurs), les méthodes d'évaluation par calculs seuls ne sont pas recevables. Elles doivent obligatoirement s'accompagner d'un test, et la capacité de résistance à la charge des écrans acoustiques doit être évaluée selon la procédure d'essais décrite dans la norme EN 1794-1.

D'après la norme NF 320, les épaisseurs minimales à respecter sont :

- l'épaisseur du caisson structurel en aluminium : 2,0 mm minimum ;
- l'épaisseur du caisson structurel en acier : 1,5 mm minimum ;
- l'épaisseur des clins en bois : 27 mm minimum ;
- l'épaisseur du béton de structure : 100 mm minimum (pour respecter les Eurocodes et les enrobages d'acier associés).

Pour les assemblages, la MOE doit être particulièrement rigoureuse dans l'analyse des constructions proposées.

5.2.2 - CHARGE DE NEIGE

Dans le cas où les écrans sont situés dans une zone où la neige peut s'accumuler, ils doivent avoir été testés pour résister aux charges dues au déneigement en vérifiant leur capacité de résistance à ces charges, en particulier au-delà de 500 m d'altitude (cf. Eurocode, annexe NF EN 1991-1-3, cartographie des charges de neige sur le territoire national). On retient les valeurs précisées pour une vitesse de chasse-neige de 60 km/h conformément à EN 1794-1 annexe E (valeurs précisées en figure E.2). Ce dimensionnement est pénalisant et reste sous la responsabilité du maître d'ouvrage.

5.2.3 - RISQUE DE DÉTACHEMENT DES ÉLÉMENTS DE L'ÉCRAN OU D'UNE PARTIE D'ENTRE EUX

Lorsque des écrans acoustiques sont installés sur des ouvrages d'art, ponts, viaducs, murs de soutènement... pouvant entraîner des accidents graves en raison de chute de pièces détachées, la classe de chute de débris doit être établie par essais conformément à la norme NF EN 1794-2. Il revient au maître d'ouvrage de retenir la classe adaptée à l'environnement de l'infrastructure.

Si l'environnement l'exige, la classe minimale à respecter d'après la NF 320 pour les produits, en fonction des matériaux constitutifs, est donnée dans le tableau suivant :

Matériaux	Classe minimale exigée
PMMA*	2
Bois-métal	3
Béton	4

* PMMA : poly méthacrylate de méthyle acrylique

5.2.4 - PORTES, ÉVACUATIONS ET ISSUES DE SECOURS

À défaut de réglementation concernant les protections acoustiques, et conformément à la réglementation liée aux tunnels, des portes, évacuations et issues de secours doivent être mises en œuvre pour des ouvrages de longueur supérieure à 500 m. Dans ce cas, la distance entre deux issues de secours ne doit pas dépasser 500 m, et la distance entre une extrémité de l'ouvrage et l'issue la plus proche ne doit pas dépasser 250 m.

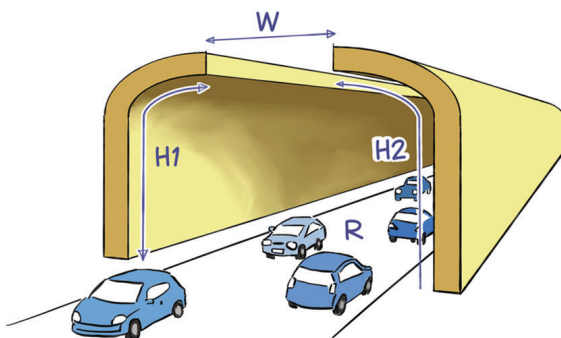
Les exigences associées à ces issues (dimensions, efficacité, fermeture, signalisation...) sont détaillées dans l'annexe C de la norme EN 1794-2.

Le traitement de l'absorption acoustique de ces issues n'est pas primordial étant donné les surfaces en question, mais il convient d'être vigilant aux performances en isolation acoustique de ces ouvertures.

5.3 - ESSAIS ACOUSTIQUES

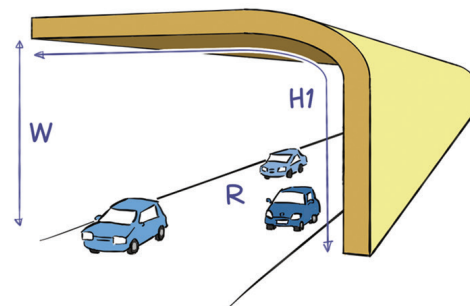
Il est avant tout nécessaire de s'interroger sur la destination du produit considéré. Si le produit est destiné à être installé « en condition non réverbérante », sa performance doit être déterminée conformément aux normes NF EN 1793-5 et NF EN 1793-6. Si le produit est destiné à être installé « en condition réverbérante », sa performance doit être déterminée conformément aux normes NF EN 1793-1 et NF EN 1793-2. Une condition est conventionnellement qualifiée de « réverbérante » au sens de ces normes lorsque le rapport w/e est inférieur ou égal à 0,25, w et e étant définis selon les quatre figures suivantes. Cette condition est typiquement rencontrée pour des configurations de type: tunnel, couverture partielle importante, trémie profonde, etc.

Figure 8 : Définition des conditions réverbérantes selon la configuration de l'infrastructure



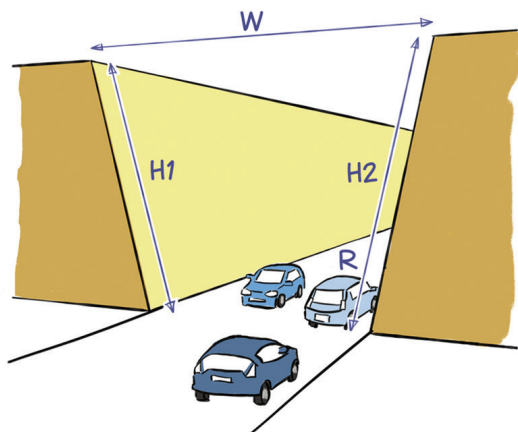
A) COUVERTURE PARTIELLE DES DEUX CÔTÉS DE LA ROUTE

ENVELOPPE : $E = W + H1 + H2$



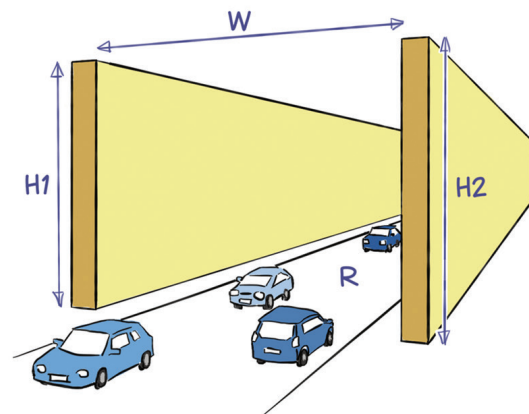
B) COUVERTURE PARTIELLE D'UN CÔTÉ DE LA ROUTE

ENVELOPPE : $E = W + H1$



C) TRANCHÉE PROFONDE

ENVELOPPE : $E = W + H1 + H2$



D) ÉCRANS HAUTS OU BÂTIMENTS

ENVELOPPE : $E = W + H1 + H2$

LÉGENDE

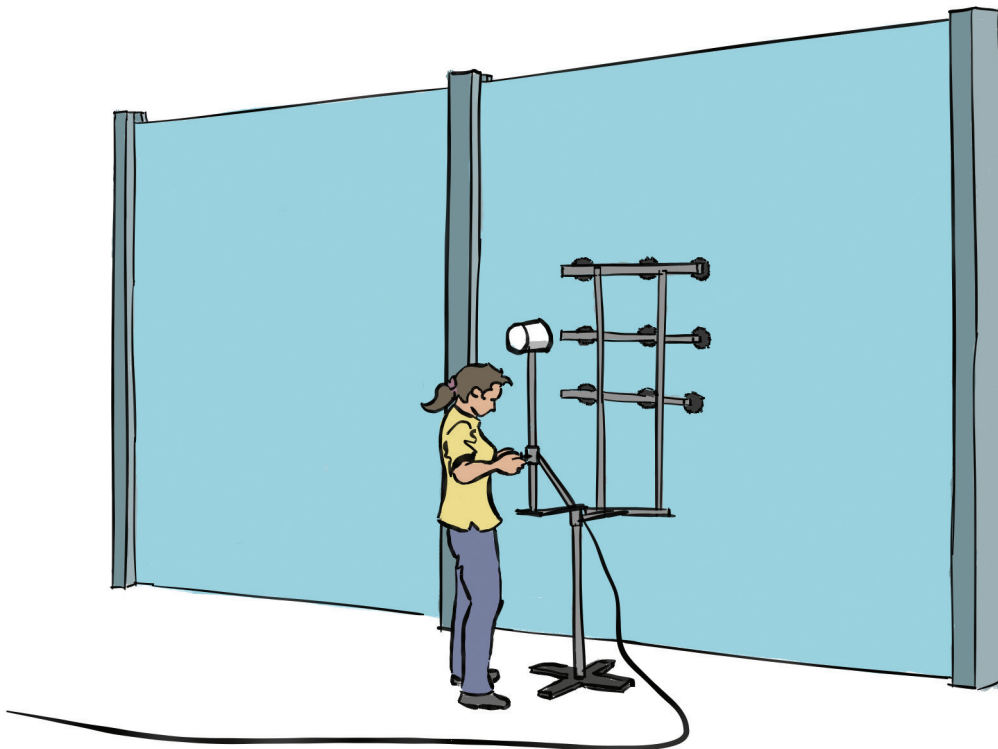
- R SURFACE DE LA ROUTE
- W LARGEUR DE L'ESPACE OUVERT
- H1 LONGUEUR DÉVELOPPÉE DE L'ÉLÉMENT
- H2 LONGUEUR DÉVELOPPÉE DE L'ÉLÉMENT

Pour la qualification d'un produit destiné à être installé «en condition non réverbérante» (cas le plus courant), l'application de la méthode conformément aux normes doit se faire nécessairement sur des ouvrages de dimensions supérieures à :

■ **POUR LES ESSAIS EN ABSORPTION :**

- **hauteur minimale:** 4 m + la hauteur (longueur de période) d'éventuels motifs géométriques ou acoustiques;
- **longueur minimale:** 4 m + la largeur (longueur de période) d'éventuels motifs géométriques ou acoustiques (même principe que pour la hauteur).

Figure 9 : Qualification de l'absorption acoustique en usine



■ **POUR LES ESSAIS EN ISOLATION :**

- **hauteur minimale:** 4 m ;
- **longueur minimale:** 6 m (de préférence 4 m entre deux poteaux et 2 m de part et d'autre d'un poteau).

Les mesures de qualification sont réalisées dans la gamme de fréquences de 100 Hz à 5000 Hz. L'application de la méthode de mesure avec ces dimensions conduit à des résultats valides sur la gamme de fréquences allant de 200 Hz à 5000 Hz (les valeurs aux tiers d'octave 100, 125 et 160 Hz peuvent néanmoins être gardées pour information, mais ne sont pas prises en compte dans le calcul de l'indicateur unique). C'est avec cette plage de fréquences que sont alors déterminés les indicateurs performanciers globaux (notés respectivement DL_RI en absorption et DL_SI en isolation) qui servent à la fois :

- aux industriels pour déterminer la performance de leurs produits ;
- dans les CCTP pour définir les niveaux minimaux de performances recherchés.



HEY, J'AI UNE
BONNE IDÉE !

Remarque 1: Les niveaux de performances recherchés doivent être définis dans l'étude de dimensionnement acoustique initiale de l'ouvrage. Réalisée généralement par simulation par un bureau d'études acoustique, elle permet en outre de définir les dimensions optimales de l'ouvrage (longueur, hauteur, positionnement, aménagements...) et les performances acoustiques intrinsèques associées (indices uniques d'absorption et d'isolation). Ces performances cibles doivent ensuite être indiquées dans le CCTP du marché.

Remarque 2: Les essais de détermination des performances acoustiques du produit mis sur le marché sont à distinguer des mesures acoustiques de réception de l'ouvrage permettant de vérifier que les caractéristiques acoustiques finales de l'ouvrage sont cohérentes avec celles fournies par le fabricant (voir chapitre 11 du présent document).

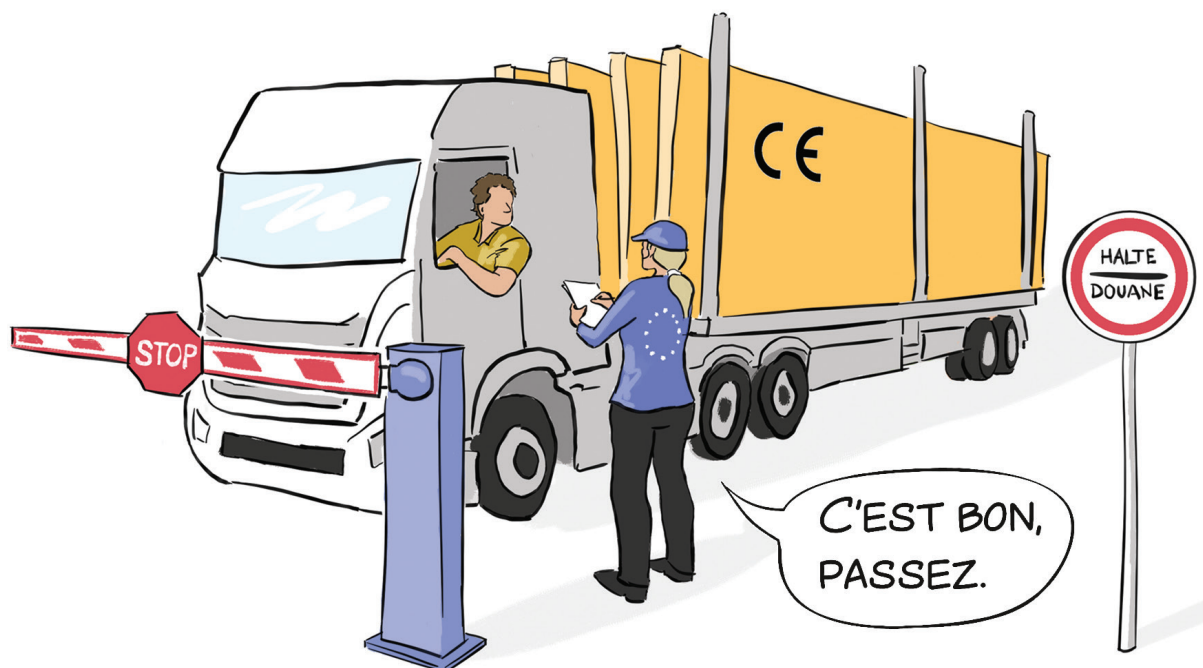


CHAPITRE 6

Le marquage CE : une obligation pour les dispositifs de réduction du bruit routier

LE MARQUAGE CE : UNE OBLIGATION POUR LES DISPOSITIFS DE RÉDUCTION DU BRUIT ROUTIER

Figure 10 : Le marquage CE, un « passeport » pour les dispositifs de réduction du bruit routier

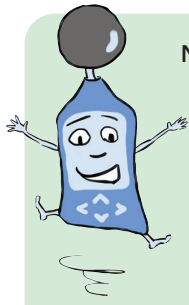


Le marquage CE ne concerne que les « dispositifs de réduction du bruit » routiers commercialisés dans l'Union européenne. Il est obligatoire depuis mai 2009. Dans un premier temps, il était réalisé dans le cadre de la directive européenne 89/106 produits de construction (DPC). Depuis juillet 2013, il est réalisé dans le cadre du Règlement produits de construction (RPC) qui a remplacé la directive. Ce marquage CE est fondé sur l'annexe ZA de la norme harmonisée NF EN 14388. Il concerne un ensemble de caractéristiques acoustiques et non acoustiques. Cette norme harmonisée définit la manière de déterminer et de décrire les performances des dispositifs de réduction du bruit routier (il n'y a pas de norme produit dans le cas du ferroviaire) sans fixer de seuils (valeurs minimales). Pour attester de la conformité des performances déclarées pour les produits, le marquage CE est apposé par le fabricant sous sa responsabilité, par référence aux performances établies par un ou plusieurs laboratoire(s) notifié(s).

Il est important de rappeler que le marquage CE constitue une obligation réglementaire pour les produits relevant de la norme EN 14388. Il est à ce titre de la responsabilité du maître d'œuvre de veiller au respect de la réglementation sur ce point.



Note 1 concernant la norme NF EN 14388 : Cette norme est en cours de révision et il faudra attendre qu'elle soit citée au *Journal officiel de l'Union européenne (JOUE)* pour qu'elle puisse remplacer la version de 2005 actuellement en vigueur pour le marquage CE.



Note 2: Les normes supports NF EN 1793-5 et NF EN 1793-6 qui permettent la mesure « en condition non réverbérante » de l'absorption acoustique et de l'isolation acoustique sont publiées respectivement depuis 2016 et 2013 (révisée en 2018). Ces méthodes sont utilisables à la fois :

- pour la détermination des performances initiales des écrans en réponse aux exigences des CCTP;
- pour la réception in situ.

À noter que ces normes n'étant pas référencées dans la norme NF EN 14388 de 2005 (version citée à ce jour au JOUE), la déclaration des performances correspondantes ne peut à ce jour se faire dans le cadre du marquage CE. La prochaine version de la norme citée au JOUE corrigera ce point.

6.1 - OBLIGATIONS DE MARQUAGE : QUELS SONT LES PRODUITS CONCERNÉS ?

Sont concernés tous les produits commercialisés, destinés à réduire le bruit du trafic routier :

- écran acoustique;
- parement;
- couverture (ajourée ou non);
- éléments structuraux;
- dispositifs additionnels (couronnement).

Sont exclus de ce dispositif: les éléments produits sur chantier (merlons, gabions assemblés sur site...), les revêtements de chaussée et les éléments destinés à améliorer l'isolement de façade.

Différentes situations doivent être considérées par les industriels:

- fabrication d'un « kit » ou assemblage: le système dans son ensemble doit être marqué;
- fabrication et commercialisation d'éléments dissociés: chaque élément doit être marqué en référence à la norme NF 14388 .

Exemple :

Un assemblage réalisé avec :

- une tôle acier marquée CE (EN 1993-1-1),
- une laine minérale marquée CE (EN 13162),

ne suffit pas à constituer un écran acoustique marqué CE, conforme à la norme produit EN 14388.



Remarque: Il importe que les performances déclarées pour le produit soient bien en adéquation avec sa destination en référence à la norme NF EN 14388.

6.2 - DISPOSITIONS DU MARQUAGE CE

6.2.1 - COMMENT ÉVALUE-T-ON ?

Le « dispositif de réduction du bruit » routier est évalué selon les spécifications de la norme produit NF EN 14388 de décembre 2005 (en attendant la citation au JOUE de la version actuellement en révision).

Les performances sont déclarées sur la base des caractéristiques harmonisées mentionnées dans le tableau ZA.1 de l'annexe ZA de la norme produit. Le niveau d'évaluation et de vérification de la constance des performances du marquage CE de niveau 3 impose que les performances déclarées par l'industriel soient établies par un ou plusieurs organismes notifiés européens (en France : le CERIB et le FCBA sont notifiés pour la norme NF EN 14388).

6.2.2 - QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES CONCERNÉES ?

Sont concernées les caractéristiques suivantes (voir liste des normes correspondantes en annexe 1):

- absorption acoustique;
- isolation acoustique aux bruits aériens;
- résistance aux charges;
- danger des chutes de débris;
- réflexion de la lumière;
- dégagement de substances dangereuses;
- performances à long terme acoustiques et non acoustiques.

Chacune de ces caractéristiques est détaillée dans le tableau 2 de la norme hEN 14388, ainsi que la méthode d'essai et la norme support associées.

6.2.3 - QUELLES CARACTÉRISTIQUES DOIVENT OBLIGATOIREMENT ÊTRE RENSEIGNÉES ?


Pour les caractéristiques essentielles prévues dans le cadre du marquage CE, la déclaration est obligatoire lorsqu'elles font l'objet d'une exigence réglementaire (selon le pays d'implantation de l'ouvrage) ou d'une spécification contractuelle, notamment via le CCTP.

Lorsque aucune performance minimale n'est imposée, le fabricant peut déclarer « Aucune performance déterminée » ou « *No performance determined* » (APD ou NPD).

6.2.4 - SOUS QUELLE FORME ?

Le marquage CE doit être apposé de préférence sur le produit ou, à défaut, sur son emballage ou sur une étiquette fixée au produit et sur les documents commerciaux d'accompagnement. Un exemple d'étiquette ou de document d'accompagnement est donné ci-contre. Le marquage reprend explicitement les performances déclarées dans la DoP. Le marquage par le logo seul n'est pas autorisé.

Exemple de fiche de marquage

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	
05	
EN 14388:2004	
Écran antibruit pour la réduction du bruit du trafic routier.:	
Type AnyNoise, élément acoustique type F longueur 4 m, poteau type P, dessins Ag1320, 12 mai 2000 et 1322...1326, 17 mai 2000	
Poids propre d'un élément acoustique mouillé et mouillé réduit :	
Poids mouillé	0.70 kN
Poids mouillé réduit	0.92 kN
Résistance aux charges	
Charge verticale maximum qu'un élément peut supporter	150 kN/m
Charge perpendiculaire (90°) qu'un élément acoustique peut supporter (due à la charge du vent et à la charge statique) :	1,2 kN/m ²
Charge perpendiculaire (90°) qu'un élément structural peut supporter (due à la charge du vent, à la charge statique et au poids propre) :	
Hauteur d'écran 3 m	5,2 kN/m
Hauteur d'écran 4 m	4,4 kN/m
Moment de flexion au niveau du sol qu'un élément structural peut supporter (dû au déblaiement de la neige) :	15 kNm
Charge perpendiculaire (90°) qu'un élément acoustique peut supporter (due au déblaiement de la neige) :	14 kN / 2 m × 2 m
Absorption acoustique : DL _a	11 dB
Isolation acoustique aux bruits aériens : DL _R	27 dB
Réflexion de la lumière :	APD
Danger des chutes de débris :	class 3
Durabilité prévue des caractéristiques acoustiques	
Modifications de l'indice de réflexion acoustique DL _{Ri} après (5, 10, 15, et 20 ans) :	
En classes d'exposition typiques	- 3, - 5, - 5, - 6 dB
En condition climatique 4K3	- 3, - 5, - 6, - 8 dB
Modifications de l'indice d'isolation acoustique aux bruits aériens index DL _{Si} après (5, 10, 15, et 20 ans) :	
En classes d'exposition typiques	0, 0, 0, - 2 dB
En condition climatique 4K3	- 1, - 2, - 2, - 3 dB
Durabilité prévue des caractéristiques non acoustiques	
Durée de vie :	30 ans
Substances dangereuses	Arsenic, Mercure < «x» ppm

6.3 - POUR LES MAÎTRES D'OUVRAGE ET MAÎTRES D'ŒUVRE ?

Le principal avantage est l'harmonisation des méthodes d'évaluation et d'expression des résultats qui leur permet dorénavant de comparer les produits mis sur le marché européen.

6.3.1 - DANS LA RÉDACTION DU CCTP ?

Les pratiques actuelles sont diverses, il n'y a pas à ce jour de CCTP type, car chaque CCTP doit reprendre les demandes du MOA et les exigences auxquelles les ouvrages doivent répondre en fonction des spécificités (acoustiques, mécaniques...) du projet. Des exemples sont néanmoins proposés en annexe 2.

Le marquage CE apporte un formalisme commun dans la qualification, non pas de l'ouvrage, mais des produits, de leur suivi de production et de leur durabilité.

Le marquage CE étant réglementaire, l'utilisation de produits marqués CE est obligatoire. De ce fait, il ne peut pas être exigé dans les CCTP, mais une note peut utilement rappeler qu'il est réglementairement applicable.

Le marquage CE ne garantit pas un niveau de performance minimale sur l'ensemble des caractéristiques présentées par le fabricant. Le maître d'ouvrage devra continuer à demander des niveaux de performance adaptés à son ouvrage, en s'appuyant sur la réglementation nationale et sur les exigences liées à la destination de l'ouvrage.

6.3.2 - QU'EST-CE QUI DOIT ÊTRE VÉRIFIÉ ?

Les fabricants de « dispositifs de réduction du bruit » doivent fournir ou mettre à disposition sur un site Internet les documents suivants :

- la déclaration des performances (DoP);
- les rapports d'essais ou d'évaluations de type initiaux lorsque des compléments d'information à la DoP sont nécessaires (performances acoustiques par tiers d'octave, données de calculs, conditions d'essais...);
- les instructions d'installation décrivant comment le produit (élément acoustique, écran acoustique complet...) doit être installé pour atteindre les performances déclarées;
- un manuel d'entretien spécifiant les actions à mener, ou à éviter, afin de maintenir la durabilité des performances acoustiques, de résistance structurelle...

Le maître d'œuvre vérifie que le fournisseur des « dispositifs de réduction du bruit » a établi une déclaration des performances selon la norme NF EN 14388 (apposition du marquage CE).

Il récupère les rapports d'essais auprès de l'entreprise et vérifie qu'ils émanent d'un organisme notifié pour l'EN 14388. Les notes de calculs doivent également être fournies; elles peuvent être établies par le fabricant après validation de calculs de type par un organisme notifié. Le maître d'ouvrage/maître d'œuvre vérifie également que les performances déclarées sont cohérentes avec les hypothèses de l'ouvrage.

Lorsque le maître d'ouvrage/maître d'œuvre exprime des exigences concernant les performances de l'écran, la mention « APD » ou « NPD » ne peut pas être acceptée.

CHAPITRE 7

Traitements et aménagements

TRAITEMENTS ET AMÉNAGEMENTS

Les protections acoustiques peuvent faire l'objet de différents traitements :

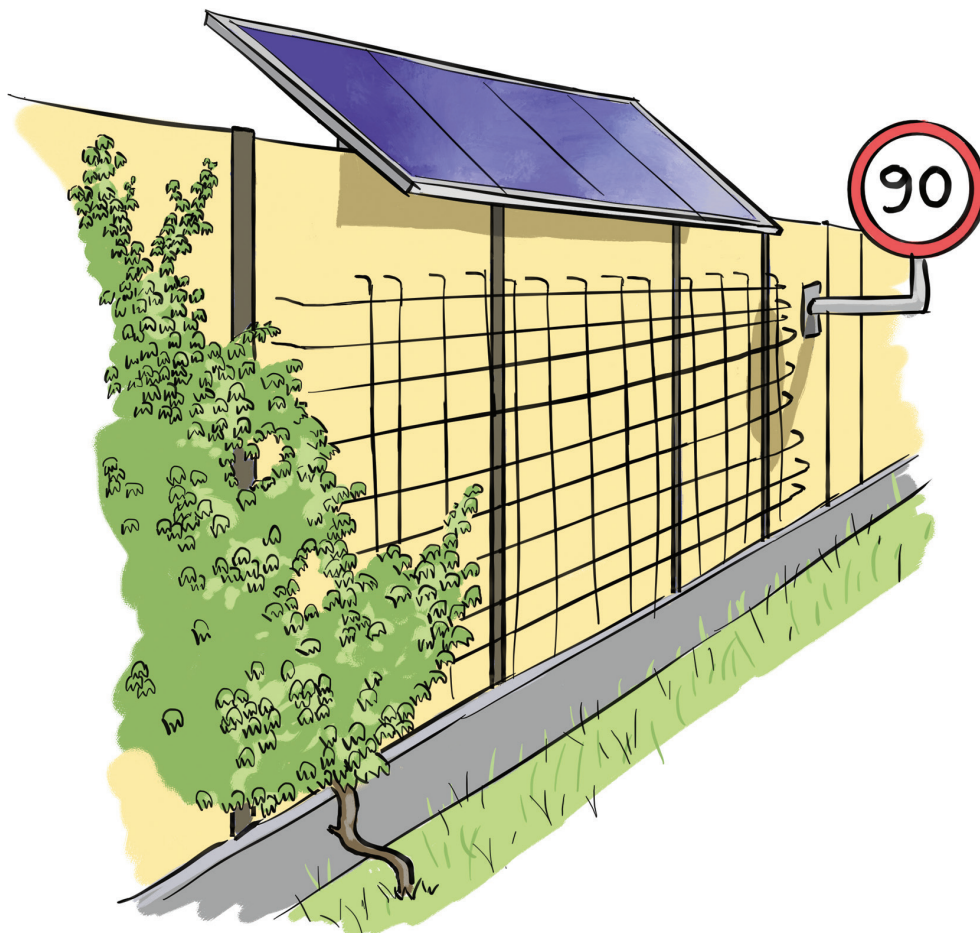
- **grillage anti-tags pour protéger contre le vandalisme;**
- **plantations en pied :**
Il faut se méfier des plantations devant un ouvrage qui pourraient affecter sa durabilité. Le lierre peut notamment entraîner des dégradations en se propageant par de petits interstices et créer des fuites acoustiques importantes à long terme. Par ailleurs, l'humidité permanente maintenue par la végétation peut également être à l'origine de dégradation des écrans.

En revanche, pour les cas suivants, si des essais acoustiques n'ont pas été faits avant, il est impératif de prévoir un prototype (voir chapitre 10) reprenant l'ensemble des traitements demandés :

- **peinture ou enduit servant à uniformiser l'apparence;**
- **traitements anti-pollution;**
- **éléments non acoustiques et ayant d'autres fonctions** (mobilier urbain, panneaux photovoltaïques...).

Sur la base d'essais ou de justifications du bureau d'études acoustique, le maître d'œuvre doit vérifier que l'introduction de ces éléments ne modifie pas les performances acoustiques demandées. Il s'agira en particulier de bien vérifier les raccords entre ces éléments et l'écran pour éviter les fuites acoustiques et les réflexions parasites (vérifier les conditions de mise en œuvre des panneaux photovoltaïques...).

Figure 11 : Les traitements et aménagements des écrans acoustiques



CHAPITRE 8

Dimensionnement et assemblages

DIMENSIONNEMENT ET ASSEMBLAGES

8.1 - DIMENSIONNEMENT ET EFFICACITÉ ACOUSTIQUE

8.1.1 - QUELS ENJEUX ?

Le dimensionnement d'une protection acoustique permet de préciser les caractéristiques de cette dernière et résulte d'études et de concertations menées lors des différentes étapes du projet.

- **L'opportunité d'une protection acoustique:** l'examen des conditions de trafic à différents horizons permet tout d'abord (par simulation et/ou mesure sur site) de mettre en évidence le besoin de protections acoustiques par rapport aux objectifs. Si des protections s'avèrent nécessaires, leur efficacité doit être garantie, dans le respect des objectifs réglementaires sur la durée de vie de l'ouvrage;
- **La définition du linéaire de la protection** peut ensuite être réalisée. Ce paramètre, et plus précisément **la distance de la protection par rapport à l'infrastructure**, est à considérer en même temps que son implantation;
- **Les hauteurs de protection** nécessaires sont ensuite évaluées et définies par rapport au niveau des voies et/ou du terrain naturel selon l'implantation de la protection;

La protection à la source peut être complétée par un traitement acoustique des façades sur certains étages ou de certains bâtiments sensibles (étages supérieurs de bâtiments de grande hauteur, bâtiments isolés...);

- Une fois ces caractéristiques géométriques fixées, **les performances intrinsèques (absorption, isolation et éventuellement diffraction)** sont évaluées au regard du niveau de nuisances et des objectifs retenus;
- Des caractéristiques complémentaires peuvent influencer sur l'efficacité d'une protection acoustique, comme leur **inclinaison** ou même plus globalement le profil en travers retenu pouvant aller d'un écran droit à une **couverture partielle ou totale** de l'infrastructure. **L'ajout d'un couronnement** est aussi possible pour limiter l'effet de la diffraction sur les arêtes horizontales d'un écran.

La définition de ces protections peut faire l'objet de différentes variantes, permettant au maître d'ouvrage d'opter pour la meilleure solution en fonction des différentes contraintes du projet (aspect technique, environnement, aspect financier, pérennité et entretien ultérieur).



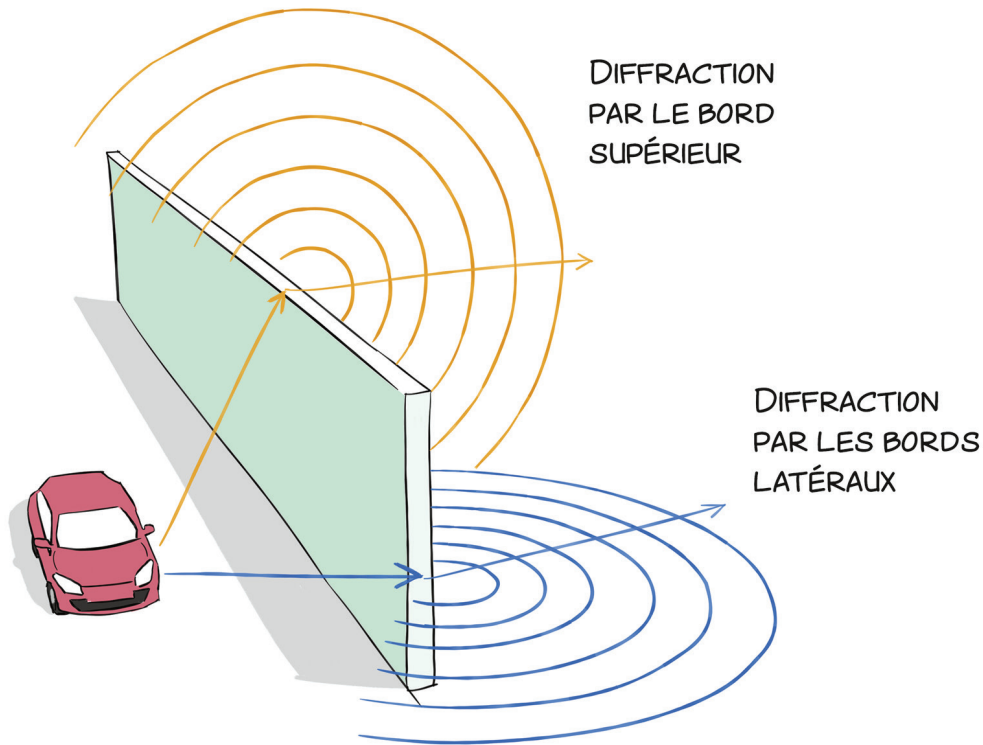
Remarque: Toute modification apportée au cours d'un projet (phases étude, travaux) peut conduire à remettre en cause l'efficacité de la protection. Des compléments d'études acoustiques devront être réalisés pour valider les aménagements prévus par rapport à un dimensionnement initial.

8.1.2 - RAPPEL DES PRINCIPES PHYSIQUES CONSIDÉRÉS

8.1.2.1 - Diffraction par les côtés et l'arête supérieure de l'écran

Lorsque l'onde acoustique engendrée par l'infrastructure rencontre les arêtes d'une protection acoustique, ces dernières se comportent, du fait de la diffraction, comme des sources de bruit secondaires.

Figure 12 : Principe de la diffraction dans le cas d'un écran acoustique



Cet effet a des répercussions importantes sur le fonctionnement des écrans, et l'atténuation qui en résulte dépend des paramètres suivants :

- la position de l'écran par rapport à la source et au récepteur (atténuation d'autant plus forte que l'écran est proche de la source ou du récepteur et atténuation plus forte pour les récepteurs à faible hauteur);
- la fréquence considérée (l'efficacité d'un écran est plus importante pour les hautes fréquences et la performance globale en basses fréquences augmente avec la hauteur de l'écran);
- le matériau constitutif de l'écran et la présence éventuelle de couronnements.

La performance des écrans en diffraction peut être évaluée par l'indicateur $DL_{\Delta DI}$, in situ exprimé en dB.

8.1.2.2 - Isolation

La performance d'un écran en isolation est directement liée :

- aux matériaux mis en œuvre dans la constitution des panneaux de l'écran. L'atténuation découle d'effets de dissipation mécanique et peut généralement être décrite par la loi de masse : plus les matériaux constitutifs sont « denses », plus l'atténuation acoustique au travers du panneau sera importante ;
- aux conditions de mise en œuvre de ces panneaux dans la structure porteuse (étanchéité acoustique de l'ouvrage fini), notamment dans le traitement des jonctions panneaux/poteaux, entre panneaux, entre panneaux et éléments supports...

Cette performance est qualifiée par les indicateurs DL_R (cas du champ diffus) ou DL_{SI} (cas du champ direct) exprimés en dB. Pour le champ direct, la mesure étant « localisée », la performance est déclinée au panneau ($DL_{SI,E}$), au poteau ($DL_{SI,P}$) et à l'ensemble global ($DL_{SI,G}$).

8.1.2.3 - Absorption

L'absorption des matériaux découle d'effets de dissipation visqueuse et thermique, elle est directement liée à :

- la nature du matériau constitutif du parement (porosité, résistance au passage à l'air, tortuosité...);
- son épaisseur;
- sa géométrie en surface (utilisation d'irrégularités, de perforations...);
- son mode de fixation et ses conditions limites (pose de l'absorbant sur une surface réfléchissante type voile béton, ou absorbant ouvert de part et d'autre...).

Cette performance est qualifiée par les indicateurs DL_R (cas du champ diffus) ou DL_{RI} (cas du champ direct) exprimés en dB.

8.1.3 - UN POINT DE VIGILANCE POUR L'ACOUSTIQUE, L'ÉTANCHÉITÉ DES ASSEMBLAGES

L'atteinte des objectifs fixés dans l'étude est conditionnée par le respect des caractéristiques de l'ouvrage et de la qualité de la mise en œuvre. Un écran acoustique est composé de plusieurs éléments qui nécessitent un traitement minutieux pour assurer l'étanchéité de l'ouvrage. Les défauts d'étanchéité peuvent être à l'origine de transmissions parasites qui conduisent à une baisse de performance de l'ouvrage et potentiellement à une non-conformité vis-à-vis des objectifs fixés au CCTP.

Au niveau des assemblages, il conviendra d'être particulièrement attentif à toutes les jonctions :

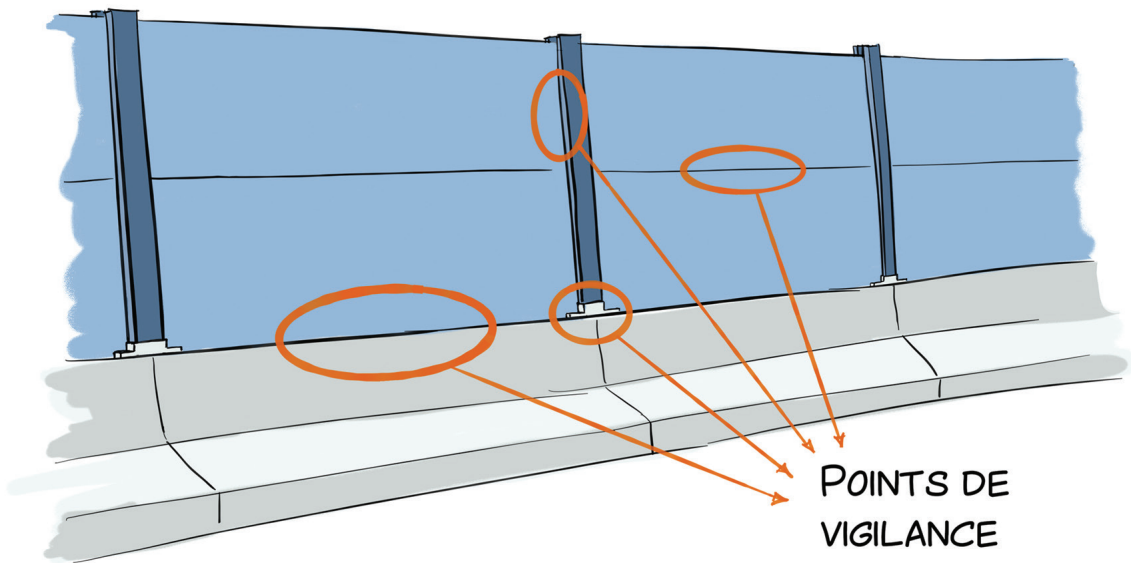
- entre éléments acoustiques (étanchéité verticale/horizontale);
- entre poteaux et éléments acoustiques (étanchéité verticale);
- entre GBAE/longrines et éléments acoustiques (étanchéité horizontale).

Pour toutes ces jonctions, il conviendra d'utiliser des joints adéquats (joints à cellules fermées, épaisseur, compressibilité...) pour que les discontinuités entre éléments soient aussi étanches que possible et que le joint soit suffisamment comprimé.



Remarque: Les instructions d'installation ainsi que la notice d'entretien jointes au marquage CE des dispositifs précisent les conditions à respecter pour atteindre les performances déclarées et maintenir ces dernières dans le temps. Certaines instructions concernent en particulier la gestion des jonctions entre éléments.

Figure 13 : Points de vigilance pour un écran sur GBAE

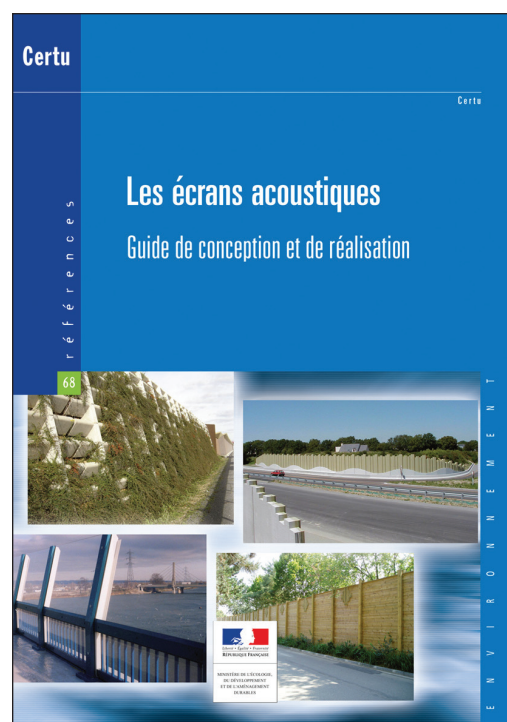
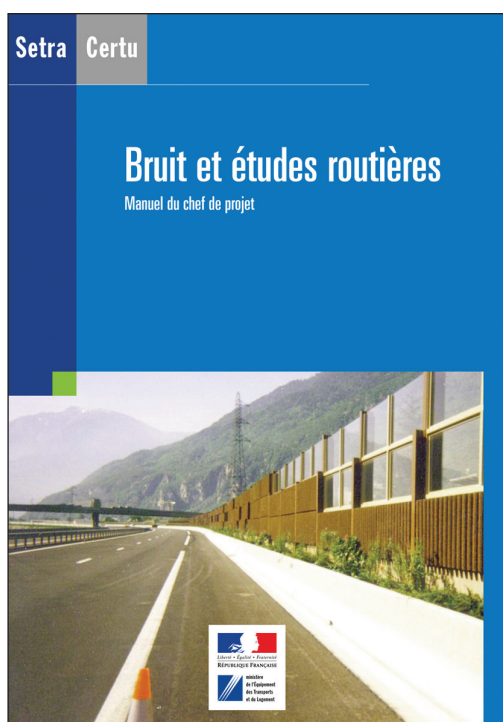


8.1.4 - LES GUIDES DE RÉFÉRENCE SUR LE SUJET :

Nous invitons le lecteur à poursuivre la lecture avec deux ouvrages de référence publiés par le Sétra et le Certu, et détaillant :

- les textes réglementaires en lien avec le bruit des infrastructures ;
- le déroulement et la méthodologie mis en œuvre lors d'une étude acoustique ;
- les différents types de protections acoustiques, leur dimensionnement, mais aussi leur intégration architecturale et paysagère.

Guides de référence pour le dimensionnement acoustique des écrans :
Bruit et études routières - Manuel du chef de projet (Sétra-Certu, 2001)
et *Les écrans acoustiques - Guide de conception et de réalisation (Certu, 2007)*



8.2 - DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE

Le calcul structurel d'un écran acoustique se sépare en 2 parties :

- sa partie dite « **génie civil** », composée de ses fondations ainsi que de ses poteaux porteurs. Ces parties sont entièrement régies par les **Eurocodes**. Chaque projet doit contenir plans et notes de calculs justificatifs de ces éléments suivant le corpus des Eurocodes ;
- sa partie « **acoustique** », composée de l'écran en lui-même entre poteaux, ainsi que des éléments d'assemblage entre l'écran et le poteau. Cette partie est régie par la norme NF EN 1794-1.

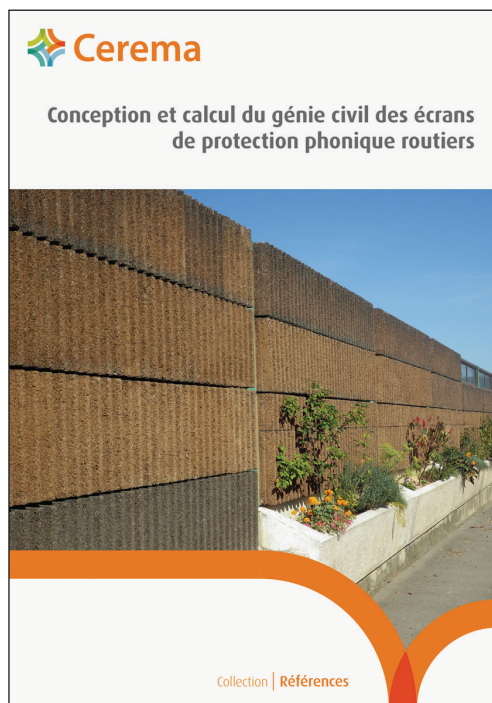
Il est bon de rappeler qu'un écran acoustique demeure un ouvrage simple du génie civil. Ces structures sont tout d'abord légères au regard d'autres structures plus imposantes tels des ponts, bâtiments ou barrages.

Les surcharges agissant horizontalement sur un écran sont également de faible intensité si on les compare aux charges d'exploitation d'un pont avec des passages de poids lourds de 44 tonnes. Le vent et l'action de projection de neige ne représentent que des actions d'au plus 200 kg/m².

Le fonctionnement d'un écran acoustique peut être assimilé à celui d'un culbuto : une fondation, lourde ou encastree, permet d'empêcher le basculement de la structure au vent. **Ainsi, le critère principal de justification des fondations est le critère de non-renversement (ELU)** pour les semelles superficielles.

Les poteaux métalliques fléchissent principalement aux cycles de vent. Une question récurrente est la justification en fatigue de ces structures. Les platines de jonction poteau/fondation questionnent également les ingénieurs chargés de projets d'écrans acoustiques. Ces questions trouvent réponses dans le guide édité par le Cerema et traitant de l'application des Eurocodes pour la justification du génie civil des écrans acoustiques : *Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers*.

Guide Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers (Cerema, 2017)



Le lecteur est renvoyé à ce document pour trouver l'ensemble des justifications aux Eurocodes à réaliser : fondation et structure hors-sol.

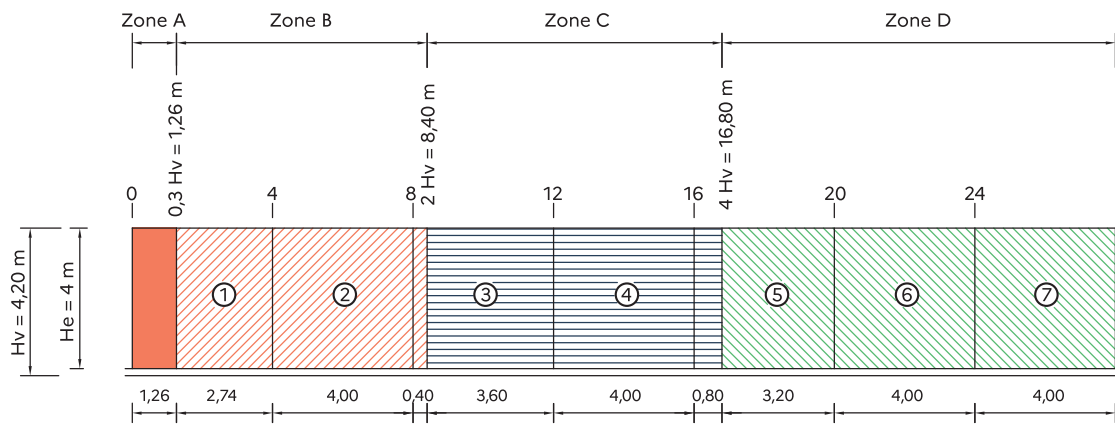
Au-delà des justifications à mener, ce document met en avant plusieurs règles spécifiques aux écrans, en raison de leur nature, **dans le but de simplifier au projecteur les justifications et sans oublier la nature de leur fonctionnement**:

- pour les écrans implantés sur des remblais routiers, en l'absence d'essais, on considère une pression limite nette égale à 1 MPa pour les remblais routiers neufs et égale à **0,5 MPa pour les remblais routiers existants**. Les merlons ne sont pas considérés comme des remblais routiers, mais une valeur de 0,5 MPa pourra néanmoins être retenue;
- pour les justifications des fondations superficielles, des adaptations à la norme NF P94-261 [6] sont proposées, elles concernent les coefficients partiels pour la résistance en portance et au glissement et le critère de vérification de la limitation de l'excentrement de la charge à l'ELS quasi permanent;

	Norme NF P94-261	Adaptations proposées pour le génie civil des écrans acoustiques
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur la portance à l'ELU pour les situations durables et transitoires	1,4	1,2
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur la portance à l'ELU pour les situations accidentelles	1,2	1,0
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur la charge transmise à l'ELS pour les combinaisons quasi permanentes et caractéristiques	2,3	2,0
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur le glissement à l'ELU pour les situations durables et transitoires	1,1	0,9
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur le glissement à l'ELU pour les situations accidentelles	1,0	0,85
Critères sur l'excentrement de la charge à l'ELS pour les combinaisons quasi permanentes	1-2. $e/B \geq 2/3$	1-2. $e/B \geq 1/2$

- pour la justification des parties en élévation, il est recommandé de limiter, dans les calculs, la limite élastique **des poteaux et des platines à 235 MPa**. Pour la justification des tiges d'ancrage dans le béton, il est recommandé de **limiter dans les calculs la résistance à la rupture à 500 MPa et la limite élastique à 400 MPa pour se prémunir des risques de fatigue** même en cas d'utilisation de classes de qualité supérieure. En pratique, il est recommandé, pour ces tiges, l'utilisation de classes inférieures ou égales à la classe 5.6 ou **l'utilisation de la classe 8.8** en limitant les paramètres de calcul aux valeurs citées ci-devant;
- **pour un écran acoustique ne jouant aucun rôle de soutènement, on pourra considérer que les charges d'exploitation n'ont pas d'effet sur les fondations** (corps de chaussée relativement rigide limitant les poussées);
- l'Eurocode demande dans le calcul des pressions de vent de prendre en compte un effort majoré pour les extrémités d'écran. L'Eurocode définit ainsi 4 zones de vent : A (majoration par un facteur 3,4), B (majoration par un facteur 2,1), C (majoration par un facteur 1,7) et D (majoration par un facteur 1,2) comme illustré sur la figure page suivante.

Figure 14 : Zones de vent définies dans l'Eurocode



Une telle prise en compte fait du poteau 2 celui qui est le plus sollicité. Le guide insiste sur le fait que le dimensionnement de ce poteau 2 ne doit pas être étendu à l'ensemble du linéaire de mur, mais que le dimensionnement doit être optimisé suivant les phases de construction. Ainsi :

- Chaque panneau peut être considéré comme **panneau d'about** en **phase transitoire (construction du mur)**. Dans ce cas, la période de retour du vent à considérer n'est plus 50 ans, mais 3 ans. La vitesse du vent considéré peut ainsi être minorée d'un facteur 0,88, et la pression correspondante par **0,88²**.
- Chaque panneau peut être considéré comme **panneau d'about** en **phase accidentelle (rupture accidentelle d'un panneau par choc...)**. Dans ce cas, c'est l'ELU accidentelle qu'il faut considérer (action de vent pondérée par 1 et non 1,5).

Un exemple de calcul dans le guide illustre ces considérations en donnant les poteaux dimensionnés suivant ces considérations :

N° du poteau depuis l'extrémité	Choix des HEA
1	HEA 180
2	HEA 220
3	HEA 200
4	HEA 200
5	HEA 200
6	HEA 180
7 et courants	HEA 180

Ce guide évoque également des questions de prédimensionnement, avec par exemple des abaques pour déterminer le type de profilé ou des platines types en fonction de la géométrie globale de la structure. Les justifications des platines sont également traitées.

CHAPITRE 9

Ordres de grandeur des performances et exigences minimales

ORDRES DE GRANDEUR DES PERFORMANCES ET EXIGENCES MINIMALES

Les indices évalués en champ diffus (selon NF EN 1793-1 et -2) et en champ libre (selon NF EN 1793-5 et -6) ne sont pas directement comparables. Les tableaux ci-dessous indiquent les performances minimales recherchées en fonction du type de protection acoustique à réaliser pour chacune des méthodes précitées :

9.1 - PERFORMANCES D'ABSORPTION ACOUSTIQUE :

	DL _α selon EN 1793-1	DL _{RI} selon EN 1793-5
Tunnel, couverture	≥ 12 dB	≥ 7 dB
Écrans parallèles, mur de trémie, tranchée...	≥ 8 dB	≥ 5 dB
Écrans et autres parois présentant des réflexions vers des zones non protégées	≥ 4 dB	≥ 3 dB

9.2 - PERFORMANCES D'ISOLATION ACOUSTIQUE :

	DL _R selon EN 1793-2	DL _{SI,E} / DL _{SI,P} / DL _{SI,G} selon EN 1793-6
Couvertures totales	≥ 40 dB	
Ecrans et ouvrages de grande hauteur (≥ 5 m) et couvertures partielles	≥ 35 dB	≥ 36 dB
Autres écrans ou parois	≥ 25 dB	≥ 28 dB



ATTENTION

Attention: Les valeurs indiquées dans les tableaux ci-dessus sont des valeurs minimales. Les valeurs requises dans le cahier des charges sont à définir par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre en fonction de la destination de la protection acoustique et des prescriptions du bureau d'études acoustique.

CHAPITRE 10

Prototypage

PROTOTYPAGE

Par définition, un prototype est le premier exemplaire d'un modèle produit avant la fabrication en série. La réalisation d'un ou plusieurs prototypes peut s'avérer nécessaire pour vérifier la conformité de l'ouvrage avec certaines exigences du CCTP avant le démarrage des travaux. Le recours au prototype peut alors être justifié pour :

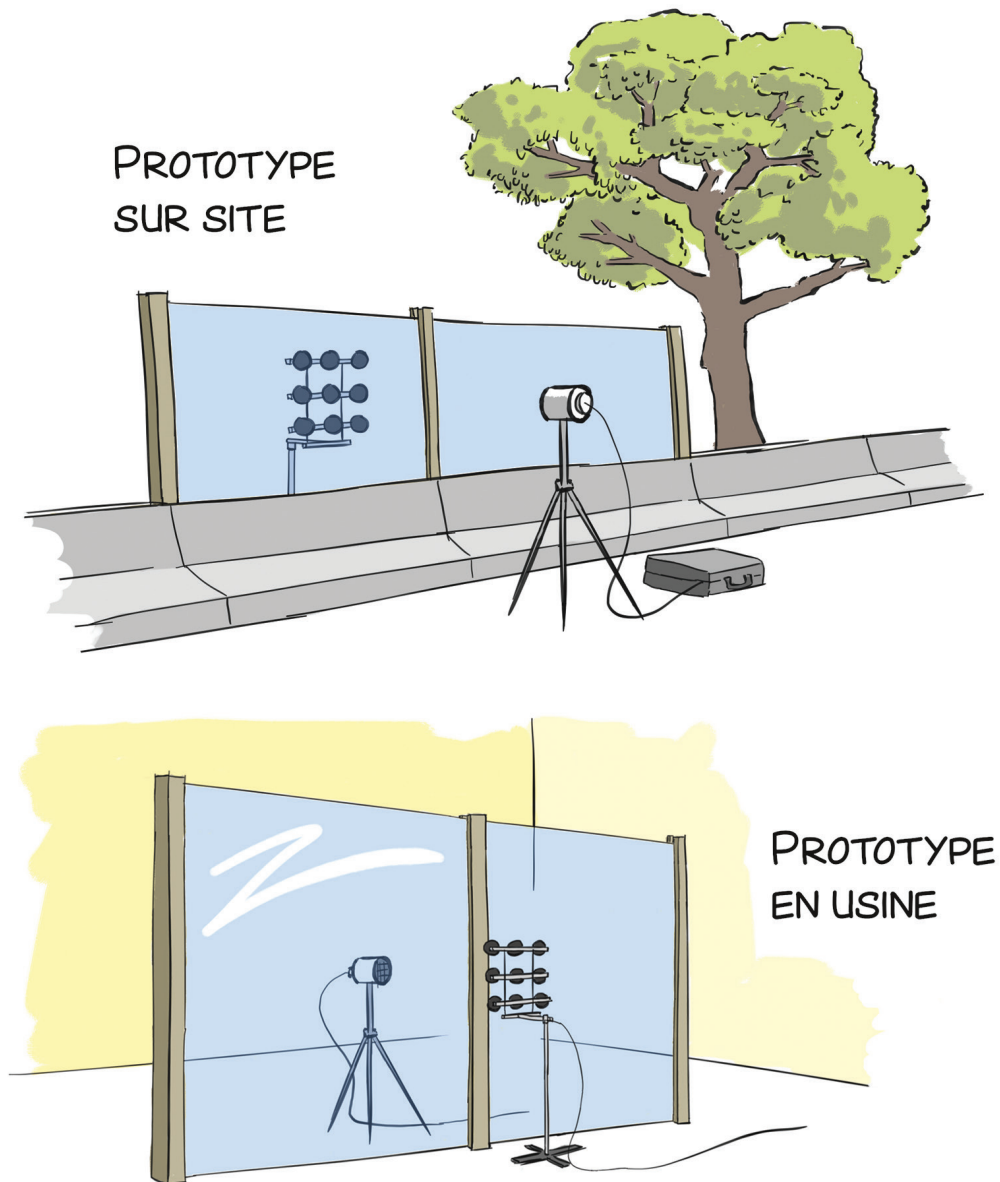
- valider l'aspect esthétique (geste architectural sur le produit de référence...);
- valider les performances du produit modifié par rapport au produit initialement qualifié (anti-graffiti, peinture...);
- valider la mise en œuvre adoptée (conditions limites entre panneaux et poteaux avec par ex. liaison GBAE/panneaux, empilage de panneaux...);
- établir des niveaux de performance de comparaison pour les essais en fin de travaux.

Concernant la caractérisation acoustique, le prototype doit être installé dans une zone éloignée de toute surface susceptible de créer des réflexions parasites et doit, pour les écrans, comporter au minimum 2 panneaux séparés par un poteau. Le dispositif soumis à l'essai doit être monté et assemblé de la même façon que l'ouvrage final avec les mêmes assemblages et joints d'étanchéité. La longueur minimale de l'échantillon doit être de 4 m pour l'absorption et 6 m pour l'isolation.

Deux cas de figure peuvent alors être rencontrés :

- un prototype au format type, généralement réalisé en usine, permettant de réaliser des mesures selon les spécifications dimensionnelles décrites dans les normes support. En l'absence de déclaration de performances intrinsèques in situ dans des conditions de champ acoustique direct, le fournisseur de panneaux peut mettre à disposition sur son site un prototype respectant les dimensions minimales prévues dans les normes NF EN 1793-5 et -6 afin de vérifier le respect des exigences du CCTP sur l'intégralité de la plage fréquentielle (cf. chapitre 6). Pour rappel, ces deux normes seront intégrées à la nouvelle norme EN 14388, en cours de révision. Le prototype pourra également (dans les conditions de réalisation définies dans les normes) servir de support pour des essais de qualification réalisés par un organisme notifié. Il est tout de même à noter que les performances caractérisées sur un produit ne permettent pas d'assurer des performances sur un ouvrage final, où elles dépendent de sa configuration (écran sur GBAE par exemple) et/ou des modifications apportées au produit;
- un prototype identique au format de l'ouvrage final, généralement réalisé sur site pour une validation du maître d'ouvrage. Il est courant que les dimensions des ouvrages prévus dans les marchés de travaux soient inférieures aux dimensions minimales indiquées dans les normes NF EN 1793-5 et -6. Il ne sera donc pas possible de vérifier leurs performances sur toute la plage fréquentielle. En effet, la diminution des hauteurs d'ouvrage par rapport à celles fixées dans les normes support conduit à une réduction de la plage de fréquences valides. Pour des dimensions d'ouvrage inférieures aux dimensions minimales requises, 2 méthodes de comparaison des résultats sont précisées au chapitre 11.

Figure 15 : Caractérisation acoustique en isolation d'un prototype en usine et sur chantier



Une mesure sur prototype a pour objectif de valider le dispositif prévu selon la mise en œuvre adoptée, mais ne dispense pas des essais de réception en fin de chantier.

Le coût de conception, fabrication, réalisation et réception acoustique du prototype doit faire l'objet d'un prix spécifique dans le BPU (bordereau des prix unitaires).

Dans le cas où les performances attendues ne sont pas obtenues, plusieurs cas de figure peuvent être envisagés :

- soit le résultat obtenu est conservé et le projet est réanalysé avec l'aide du bureau de maîtrise d'œuvre acoustique ;
- soit un nouveau prototype est conçu et fabriqué sur la base du BPU établi et à la charge du maître d'œuvre.



CHAPITRE 11

Contrôle des performances de l'ouvrage

CONTRÔLE DES PERFORMANCES DE L'OUVRAGE

Ce chapitre détaille les modalités de contrôle des performances acoustiques de la protection à réception des travaux. Pour les autres domaines à contrôler (niveaux sonores chez les riverains, structure et génie civil...), il convient de se reporter au guide *Bruit et études routières - Manuel du chef de projet*, Guide Certu/Setra, 2001.

Les mesures de contrôle acoustique ont pour objectif de vérifier que les niveaux de performance demandés dans le CCTP sont bien atteints. Les mesures doivent donc être réalisées conformément aux dispositions du CCTP et du présent document. Comme présentées au chapitre 3, les normes applicables sont :

- NF EN 1793-5 pour les mesures d'absorption sur écrans routiers;
- NF EN 1793-6 pour les mesures d'isolation sur écrans routiers;
- NF EN 16272-5 pour les mesures d'absorption sur écrans ferroviaires (à paraître);
- NF EN 16272-6 pour les mesures d'isolation sur écrans ferroviaires.

Attention, certains CCTP « anciens » peuvent encore faire référence à la NF S 31089 et à ses indicateurs globaux (perte locale d'énergie par réflexion notée TL_R et perte locale d'énergie par transmission notée TL_T). Cette norme ayant été abrogée en avril 2018, les essais de réception devront être réalisés conformément aux normes citées précédemment. L'appréciation des objectifs du CCTP et des résultats fera de préférence l'objet d'un consensus entre les différentes parties, sous l'éclairage des bureaux d'études acoustiques intervenant (études de conception et mesures de contrôle).

Par défaut, on pourra considérer en première approximation l'équivalence suivante :

- TL_R = 7 dB (selon NF S 31089) -> DL_RI = 5 dB (selon NF EN 1793-5);
- TL_T = 27 dB (selon NF S 31089) -> DL_SI = 28 dB (selon NF EN 1793-6).

11.1 - ORGANISATION DES MESURES

Les dates d'interventions sont définies avec le demandeur en fonction des exigences normatives relatives aux conditions environnementales de températures, vitesses de vents et précipitations définies dans les normes.

Toutefois, les mesures peuvent être réalisées si ces conditions ne sont pas scrupuleusement respectées, mais celles-ci devront être consignées dans le rapport d'essais et les résultats obtenus devront être exploités avec circonspection.

La période d'intervention peut également être conditionnée par des contraintes liées à la durée importante de mise en œuvre du matériel et de réalisation des essais, des contraintes de sécurité...

11.2 - PRÉCAUTIONS

Dans la mesure du possible, la zone d'essais doit être choisie de façon à être dégagée de tout autre objet pouvant être à l'origine de réflexions parasites (produits, poteaux, rail de sécurité, clôture, rochers, véhicules...). On peut considérer une distance minimale de 2 m de part et d'autre de l'axe de mesure et de 3 m devant et derrière l'écran.



HEY, J'AI UNE
BONNE IDÉE !

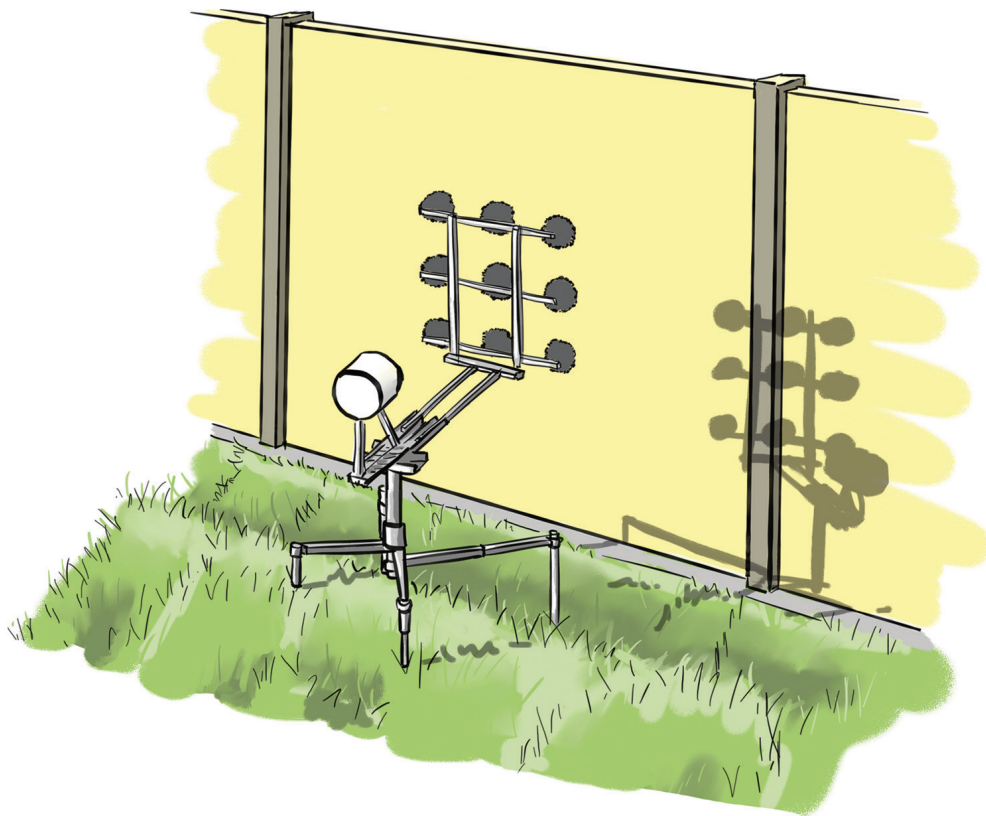
Remarque: L'absence de réflexion parasite dans la zone d'essais peut permettre de réceptionner des ouvrages selon les normes NF EN 1793-5 / 1793-6, bien qu'ils soient en conditions de champ réverbérant (voir définition au chapitre 5), comme avec des parements absorbants en trémie ou en sortie de tunnel. Les résultats seront interprétables sous réserve de la définition préalable dans le CCTP des objectifs en regard de ces indicateurs.

Afin de faciliter le réglage du dispositif d'essais selon les dispositions normatives, le sol dans la zone d'essais devra être :

- stable pour les personnes et stable pour du matériel sur pied de 50 kg ;
- le plus plat possible et sans dénivelé important sur toute la longueur de la zone d'essais et sur 2 m de part et d'autre.

Des conditions d'essais dégradées (mesure en sommet de remblai, en bordure de fossé, sur ouvrage...) peuvent se traduire par l'impossibilité de réaliser les mesures ou introduire une trop grande incertitude sur les résultats. Dans ce cas, une inspection visuelle au minimum permettra de vérifier l'absence de non-conformités manifestes par rapport au cahier des charges.

Figure 16 : Un exemple de dispositif de caractérisation en configuration mesure d'absorption



Le respect des critères de qualité de la mesure décrits dans les normes d'essais acoustiques (rapport signal sur bruit en particulier) peut affecter le choix de la période d'intervention sur site (report des essais en période nocturne à trafic moindre) ou introduire une incertitude supplémentaire sur les résultats.

11.3 - RÉPARTITION ET NOMBRE DE MESURES

Il convient que le nombre et le positionnement global des mesures soient spécifiés dans le CCTP. À défaut, les principes suivants peuvent être retenus :

- au moins, une série de mesures par famille d'écrans (selon déclaration du fabricant);
- au moins, une série de mesures par tronçon continu d'écran;
- au moins, une série de mesures tous les 300 m de tronçon continu d'écran;
- au moins, une série de mesures par famille de singularités (porte, jonction de deux familles d'écrans...) (selon déclaration du fabricant).

Pour le cas courant d'un « écran acoustique » constitué d'une succession de poteaux et de panneaux, on entend par série de mesures :

- 1 mesure d'isolation en milieu de travée (DL_SI,E);
- 1 mesure d'isolation devant poteau (DL_SI,P);
- 1 mesure d'absorption en milieu de travée (pour un écran revendiquant cette performance: DL_RI).



Note: indépendamment des dispositions prévues par la norme, des essais d'absorption complémentaires devant poteau peuvent être demandés contractuellement pour vérifier la performance d'éventuels dispositifs de traitement de poteaux.

Pour les sections ou faces d'écrans réputées « réfléchissantes » (surface en béton plein, surface pleine en bois, tôle métallique non perforée ou ajourée...), aucune mesure en absorption n'est a priori utile.

11.4 - LIMITATIONS LIÉES AUX DIMENSIONS DE LA PROTECTION ACOUSTIQUE

Le domaine de validité en fréquence des essais dépend des dimensions géométriques de la protection considérée. Plus les dimensions sont réduites, plus la limite inférieure de fréquence de mesure est élevée.

En réception d'ouvrage, il arrive couramment que des mesures soient à réaliser sur des sections de hauteurs inférieures à celles qui doivent être utilisées pour la déclaration de performances (voir chapitre 4). Les résultats globaux obtenus dans ces conditions ne peuvent alors plus être directement comparés aux valeurs déclarées par le fabricant.

En pratique, si l'impact de la réduction de la hauteur sur ses performances acoustiques globales n'a pas été anticipé dans le CCTP, deux solutions peuvent être envisagées :

- à défaut de pouvoir comparer les performances globales mesurées avec les objectifs globaux figurant dans le CCTP, il est possible de vérifier que l'ensemble des tiers d'octave mesurés sur site lors du contrôle sont cohérents avec les tiers d'octave également déclarés par le fabricant (en cohérence avec la performance globale déclarée). Cette méthode implique une analyse plus précise des résultats, avec des tolérances en plus et en moins sur les tiers d'octave, du transfert d'énergie entre tiers d'octave étant possible entre mesure de contrôle et spectre déclaré;
- une autre solution consiste à comparer les performances globales mesurées avec les performances globales théoriques de l'écran pour la hauteur considérée. Ces performances globales en fonction de la hauteur ne sont pas à ce jour des caractéristiques normalisées. Elles peuvent être déduites des mesures de qualification déterminées selon les dimensions normatives rappelées au chapitre 4, en appliquant la méthode explicitée en annexe 3 du présent document et peuvent être fournies par le fabricant de l'écran en complément des performances déclarées.

11.5 - TRAITEMENT DES CAS PARTICULIERS

11.5.1 ÉCRANS DE FAIBLE HAUTEUR

En théorie, les normes citées précédemment permettent de réaliser des mesures d'absorption et d'isolation pour des ouvrages de hauteur réduite à 1,5 m (voir paragraphe 11.4). À cette hauteur, seuls les tiers d'octave compris entre 1000 Hz et 5000 Hz sont considérés comme valables, ce qui est largement insuffisant pour caractériser de façon pertinente la performance d'une protection acoustique. En pratique, il apparaît donc préférable de limiter les mesures de contrôle aux ouvrages de hauteur mesurable supérieure ou égale à 2 m, ce qui correspond à une limite basses fréquences de 630 Hz en conditions optimales. En alternative, la réalisation d'un prototype de plus grande hauteur peut être faite en début de chantier afin de valider la fabrication (voir chapitre 10 du présent document).

Écran aluminium — A52 — La Destrousse (13)



11.5.2 - PROTECTIONS ACOUSTIQUES DERRIÈRE UN DISPOSITIF DE RETENUE (GLISSIÈRE BÉTON ADHÉRENT, GLISSIÈRE MÉTALLIQUE...)

La présence d'un dispositif de retenue devant un ouvrage à caractériser peut induire des phénomènes acoustiques préjudiciables à la qualité des mesures. La situation doit être analysée précisément par le responsable d'essais qui pourra conclure à la nécessité de soustraire la hauteur du dispositif de retenue à la hauteur totale de l'écran pour déterminer les conditions de mesure. Comme expliqué précédemment, ceci conduira à réduire significativement la plage de validité en fréquence de l'essai.

Écran béton de bois – Desserte parc industriel Saoneor — Fragnes et Champforgeuil (71)



11.5.3 - ÉCRANS SUR GBAE (GLISSIÈRE BÉTON ADHÉRENT ÉLARGIE)

Pour les mesures acoustiques en absorption, seule la partie située au-dessus de la GBAE est à considérer. La hauteur d'écran est donc réduite avec les limitations qui s'imposent aux écrans de faible hauteur. Pour les mesures en isolation, c'est la totalité de la hauteur de l'ouvrage (GBAE + panneaux) qui doit être considérée. Ceci permet de vérifier en particulier la qualité acoustique de la liaison entre ces éléments (absence de « fuite acoustique »).

Écran transparent — RN205 — Passy (74)



11.5.4 - ÉCRANS « MIXTES »

Un écran peut être composé de surfaces de caractéristiques acoustiques différentes (différences d'épaisseurs, de matériaux...).

Écran mixte béton de bois / transparent absorbant — Tangentielle Nord — Grand Paris (78, 93, 95)



Vis-à-vis de la performance en absorption, de nombreux cas peuvent se présenter :

- lorsque ces différences sont périodiques (selon 1 ou 2 axes) et que la période est de faible longueur par rapport aux dimensions de l'écran (quelques centimètres, voire un ou deux décimètres), la performance de l'écran peut être déterminée globalement en appliquant les principes de moyennage figurant dans les normes d'essais ;

- lorsque ces différences correspondent à des surfaces de très grandes dimensions par rapport aux dimensions de l'écran, il est préférable de considérer chaque surface indépendamment et donc de mesurer indépendamment leurs caractéristiques acoustiques. À noter que les surfaces considérées étant beaucoup plus faibles, d'importantes limitations en fréquences sont susceptibles de s'appliquer.

Quoi qu'il en soit, et pour les autres cas, le responsable d'essais devra apprécier la configuration en regard des exigences et caractéristiques des méthodes de mesure. Il devra proposer une démarche expérimentale permettant d'apprécier la performance de l'ouvrage. Dans les cas complexes, la comparaison des résultats obtenus avec les exigences du CCTP pourra cependant être non pertinente.

Vis-à-vis de la performance en isolation, les normes d'essais définissent précisément les positions de mesures, en général à mi-hauteur d'écran, en milieu de travée et en face d'un poteau. Par dérogation à cette règle, il peut cependant être pertinent de réaliser une/des mesure(s) complémentaire(s) d'isolation au niveau de jonctions entre panneaux constituant chaque travée pour vérifier la qualité acoustique de cette liaison (absence de « fuite acoustique »).

11.5.5 - ÉCRANS ACOUSTIQUEMENT HOMOGENES, MAIS COMPOSÉS D'ÉLÉMENTS JUXTAPOSÉS

Les normes d'essais définissent précisément les positions de mesures, en général à mi-hauteur d'écran et :

- en isolation, en milieu de travée et en face d'un poteau ;
- en absorption, en milieu de travée.

Écran aluminium de grande hauteur (9 m) — Bergame (Italie)



Par dérogation à cette règle, il peut cependant être pertinent de réaliser une/des mesure(s) complémentaire(s) d'isolation au niveau de jonctions entre panneaux constituant chaque travée pour vérifier la qualité acoustique de cette liaison (absence de « fuite acoustique »).

11.6 - EN CAS DE NON-CONFORMITÉ D'UN OU PLUSIEURS RÉSULTATS

En cas de non-conformité d'un ou plusieurs résultats, il est nécessaire de se poser les questions suivantes :

- la hauteur de l'écran est-elle conforme à la valeur demandée ?
- Les mesures ont-elles été réalisées dans des conditions satisfaisantes (conditions météorologiques, absorbant acoustique sans forte teneur en eau...) ou dans des conditions dégradées susceptibles d'augmenter les incertitudes de mesure ou de fournir un résultat non représentatif ?
- Est-ce que des systèmes additionnels (anti-graffiti, peinture...) sont présents ?
- Y a-t-il des défauts constatés visuellement (fuite acoustique, détérioration de l'isolant...)?
- Les résultats mesurés sont-ils cohérents avec les résultats attendus pour le type de produit mis en œuvre (avis possible auprès du bureau d'études acoustique ou de l'organisme ayant réalisé les mesures) ?
- De façon plus générale, les écarts obtenus peuvent-ils être imputables à une incertitude de mesure (avis possible auprès du bureau d'études acoustique du projet) ?

En fonction des réponses à ces différentes questions, plusieurs pistes peuvent être envisagées :

- des mesures contradictoires peuvent être réalisées, en particulier si le nombre de mesures initiales est faible ;
- si, pour un même type de protection acoustique, le nombre de mesures non conformes est faible par rapport au nombre de mesures réalisées, avec en particulier un écart faible entre mesure non conforme et objectif, on peut considérer que le résultat global est acceptable. Le bureau d'études acoustique ou l'entité ayant réalisé les mesures pourra considérer pour l'analyse des résultats les incertitudes associées.

CHAPITRE 12

**Entretien
et durabilité**

ENTRETIEN ET DURABILITÉ

Sur un plan normatif, la durabilité des performances des dispositifs de réduction du bruit est actuellement couverte par les normes NF EN 14389-1 pour les performances acoustiques et NF EN 14389-2 pour les performances non acoustiques. Ces documents permettent au fournisseur de déclarer des performances pour une durée également déclarée.

La durée de vie d'un ouvrage est fonction de plusieurs paramètres tels que :

- le type de dispositif de réduction du bruit ;
- l'environnement et en particulier la classe d'exposition ;
- les éléments de conception (choix des matériaux, épaisseurs, traitements...).

D'après la section 1.4.1.1 du guide Cerema *Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers*, « Le maître d'ouvrage doit ainsi, en préalable au début des études, définir la durée de vie en service de l'écran, qui constitue une donnée d'entrée fondamentale à la réflexion sur les matériaux notamment. Afin d'illustrer l'importance de ce choix préalable, on peut par exemple noter l'impact sur l'enrobage des pièces en béton, totalement conditionné par cette durée de vie. Les pièces métalliques sont également concernées pour ce qui relève de la protection anticorrosion et de la détermination des éventuelles épaisseurs à sacrifier à la corrosion.

Il paraît judicieux d'opter pour une durée de vie en service des parties structurelles en élévation égale à 50 ans, et des fondations, égale à 100 ans. Ces dernières sont en effet difficiles à inspecter, à réparer et à remplacer, justifiant des contraintes plus sévères sur la durabilité.

Pour les parties acoustiques des écrans, une durée de vie de 25 ans paraît être une exigence minimale. Compte tenu de la très grande variété des technologies, qui sortent généralement du domaine d'application des codes de calcul des structures de génie civil, il est difficile d'évaluer a priori la durée de vie des éléments acoustiques. Les exigences du maître d'ouvrage portent alors essentiellement sur le respect de dispositions constructives robustes et sur la facilité d'entretien. Pour orienter ces exigences, le maître d'ouvrage peut se baser sur des retours d'expérience issus de l'inspection d'écrans existants. »

Par ailleurs, la durée de vie structurelle de l'ensemble de l'ouvrage est portée à 100 ans lorsqu'il est considéré comme un ouvrage de génie civil.

La durée de vie attendue doit pour ces raisons être clairement définie dans le CCTP. Elle conditionne fortement la conception de l'ouvrage et son coût. Elle conditionne également les dispositions d'entretien et de maintenance à prévoir. Le CCTP peut ainsi demander que les opérations de maintenance nécessaires soient listées et planifiées dans la réponse à l'appel d'offres. Ces éléments pourront contribuer à l'appréciation des offres.

CHAPITRE 13

Pour en savoir plus...

POUR EN SAVOIR PLUS...

13.1 - RÉGLEMENTATION

- Articles L571-9 et R571-44 à R571-52 du Code de l'environnement (anciennement décret n° 95-22 du 9 janvier 1995)
- Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires
- Circulaire du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national
- Circulaire du 28 février 2002 relative aux politiques de prévention et de résorption du bruit ferroviaire
- Circulaire du 12 juin 2001, modifiée par la circulaire du 25 mai 2004, cadrant la politique de résorption des points noirs bruit (PNB) des réseaux routiers et ferroviaires nationaux (l'annexe 2 de la circulaire définit à la fois les PNB et les objectifs acoustiques et les méthodes de vérification associées)

13.2 - OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

- Normes : voir annexe 1
- *Bruit et études routières, Manuel du chef de projet*, Guide Certu/Sétra, 2001.
- *Les écrans acoustiques, Guide de conception et de réalisation*, Guide Certu, 2007.
- *Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers*, Guide Cerema, 2017.

13.3 - INTERLOCUTEURS

- Syndicat des fabricants, entreprises de pose et bureaux d'études (SER/APREA): <https://www.equipements-routiers-et-urbains.com/content/protections-acoustiques>
- Liste des organismes notifiés pour le marquage CE disponible sur le site Nando (recherche avec le no de la norme produit — EN 14388, voir annexe 5 la liste à jour à la date de publication du guide): <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>
- Bureaux de contrôle

13.4 - SITES INTERNET

- CNEA : <http://www.cnea-bruit.fr/>
- CEN : <https://www.cen.eu/>
- CIDB : <https://www.bruit.fr/>
- Cerema : <https://www.cerema.fr/fr>

Annexes

Annexe 1 - Référentiel normatif des dispositifs de réduction du bruit routier et ferroviaire	70
Annexe 2 - Exemples de rédaction de CCTP	72
Annexe 3 - Méthode de détermination des performances globales d'un écran de hauteur quelconque	75
Annexe 4 - Dispositifs de réduction du bruit pouvant ne pas relever du marquage CE	77
Annexe 5 - Liste des organismes notifiés pour le marquage CE suivant EN 14388: 2005	78

ANNEXE 1

Référentiel normatif des dispositifs de réduction du bruit routier et ferroviaire

BRUIT ROUTIER:

Référence	Intitulé de la norme	Date	Remarques
<i>Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier</i>			
NF EN 14388	Spécifications	juil.-05	Norme produit publiée Norme harmonisée
		févr.-16	Norme produit publiée Norme non harmonisée
<i>Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier — Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique</i>			
NF EN 1793-1	Partie 1: caractéristiques intrinsèques de l'absorption acoustique dans des conditions de champ acoustique diffus	mai-17	
NF EN 1793-2	Partie 2: caractéristiques intrinsèques de l'isolation aux bruits aériens dans des conditions de champ acoustique diffus	juin-18	
NF EN 1793-3	Partie 3: spectre sonore normalisé de la circulation.	nov.-97	
NF EN 1793-4	Partie 4: caractéristiques intrinsèques — Valeurs in situ de la diffraction acoustique	août-15	
NF EN 1793-5	Partie 5: caractéristiques intrinsèques — Valeurs in situ de réflexion acoustique dans des conditions de champ acoustique direct	mai-16	
NF EN 1793-6	Partie 6: caractéristiques intrinsèques — Valeurs in situ d'isolation aux bruits aériens dans des conditions de champ acoustique direct	juin-18	
<i>Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier — Performances non acoustiques</i>			
NF EN 1794-1	Partie 1: performances mécaniques et exigences en matière de stabilité	févr.-18	
NF EN 1794-2	Partie 2: exigences générales pour la sécurité et l'environnement	mai-20	
NF EN 1794-3	Partie 3: réaction au feu — Comportement au feu des dispositifs de réduction du bruit et classification	oct.-16	
<i>Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier — Méthodes d'évaluation des performances à long terme</i>			
NF EN 14389-1	Partie 1: caractéristiques acoustiques	juil.-15	
NF EN 14389-2	Partie 2: caractéristiques non acoustiques	juil.-15	
<i>Dispositif de réduction du bruit du trafic routier</i>			
NF EN 17383	Contribution au développement durable: déclaration des indicateurs clés de performance en matière de contribution au développement durable (ICPCDD)	Projet	

BRUIT FERROVIAIRE :

Référence	Intitulé de la norme	Date	Remarques
<i>Applications ferroviaires — Voie — Dispositifs de réduction du bruit — Méthode d'essai pour la détermination des performances acoustiques</i>			
NF EN 16272 -1	Partie 1: caractéristiques intrinsèques — Absorption acoustique en salle réverbérante dans des conditions de champ acoustique diffus	janv.-13	
NF EN 16272 -2	Partie 2: caractéristiques intrinsèques — Isolation au bruit aérien en salle réverbérante dans des conditions de champ acoustique diffus	janv.-13	
NF EN 16272 -3-1	Partie 3-1: spectre de bruit ferroviaire normalisé et indices uniques d'évaluation pour des applications en champ diffus	déc.-12	
NF EN 16272 -3-2	Partie 3-2: spectre de bruit ferroviaire normalisé et indices uniques d'évaluation pour des applications en champ direct	août-14	
NF EN 16272 -4	Partie 4: caractéristiques intrinsèques — Valeurs in situ de la diffraction acoustique dans des conditions de champ acoustique direct	juin-17	
XP CEN/TS 16272 -5	Partie 5: valeurs in situ de réflexion acoustique dans des conditions de champ acoustique direct	juin-14	Prochainement NF EN 16272 -5
NF EN 16272 -6	Partie 6: caractéristiques intrinsèques — Valeurs in situ de l'isolation acoustique au bruit aérien dans des conditions de champ acoustique direct	mars-18	
<i>Applications ferroviaires — Voie — Écrans anti-bruit et dispositifs connexes influant sur la propagation aérienne du son — Performances non acoustiques</i>			
NF EN 16727-1	Partie 1: tenue mécanique sous charges dynamiques — Calcul et méthodes d'essai	juin-18	
NF EN 16727 -2-1	Partie 2-1: tenue mécanique sous charges dynamiques dues à la circulation ferroviaire — Résistance à la fatigue	juin-18	
NF EN 16727 -2-2	Partie 2-2: tenue mécanique sous charges dynamiques dues à la circulation ferroviaire — Méthode de calcul	juil.-16	
NF EN 16727 -3	Partie 3: exigences générales pour la sécurité et l'environnement	mars-17	
<i>Applications ferroviaires — Voie — Écrans anti-bruit et dispositifs connexes influant sur la propagation aérienne du son — Méthodes d'évaluation des performances à long terme</i>			
NF EN 16951-1	Partie 1: caractéristiques acoustiques	mai-18	
NF EN 16951-2	Partie 2: caractéristiques non acoustiques	juin-18	

ANNEXE 2

Exemples de rédaction de CCTP

Le paragraphe suivant présente un exemple de texte pouvant être ajouté au CCTP afin de rappeler aux fournisseurs leurs obligations en matière de marquage CE. Cet exemple concerne un écran «standard» absorbant.

Il est rappelé que vu le règlement produits de construction, les "dispositifs de réduction du bruit" relevant de la norme EN 14388 doivent être marqués CE. En application de cette réglementation, il est donc demandé au fournisseur des panneaux acoustiques de joindre les documents suivants :

- *la déclaration des performances (DoP);*
- *la notice de montage et d'entretien;*
- *les rapports d'essais justifiant les performances obtenues (établis par un/des organisme(s) notifié(s) pour les caractéristiques relevant du marquage CE);*
- *les notes de calculs justifiant les performances obtenues (après validation par un/des organisme(s) notifié(s) pour les caractéristiques relevant du marquage CE).*

Dans le cadre de cet appel d'offres, il est demandé qu'au minimum les caractéristiques suivantes soient évaluées :

- *charge verticale maximum qu'un élément peut supporter;*
- *charge perpendiculaire (90°) qu'un élément acoustique peut supporter (due à la charge du vent et à la charge statique);*
- *absorption acoustique (selon NF EN 1793-5): DL_RI;*
- *isolation acoustique aux bruits aériens (selon NF EN 1793-6): DL_SI;*
- *durabilité prévue des performances acoustiques.*

Cette section présente deux exemples de textes pouvant être ajoutés au CCTP afin d'avoir des garanties sur les performances acoustiques intrinsèques des écrans installés. Deux niveaux de contrôle peuvent être exercés :

- lors de la réponse à l'appel d'offres;
- lors de la réalisation de l'ouvrage.

Les paragraphes suivants fournissent deux exemples de rédaction :

- exemple 1: cas d'un écran installé en champ acoustique diffus;
- exemple 2: cas d'un écran installé en champ acoustique direct.

La distinction des écrans selon l'usage prévu (champ direct ou champ diffus) est précisée dans les normes 1793-1, 2, 5 et 6 (voir paragraphe 5.3 du présent document).

EXEMPLE 1 – CAS D'UN ÉCRAN CHAMP DIFFUS**1 – Performances acoustiques intrinsèques minimales du produit proposé****a – Performances en isolation acoustique**

Afin de pouvoir être pris en compte lors de cette consultation, le fabricant devra joindre la déclaration des performances (DoP) indiquant la performance en isolation ainsi que le rapport d'essais correspondant, réalisé conformément à la norme NF EN 1793 partie 2. Les produits mis en œuvre devront être conformes à la description figurant dans ce rapport d'essais.

L'indice DL_R présentant la performance d'isolation aux bruits aériens, évalué selon cette norme, devra être supérieur ou égal à 25 dB.

b – Performances en absorption acoustique (si un écran absorbant est recherché)

Afin de pouvoir être pris en compte lors de cette consultation, le fabricant devra joindre la déclaration des performances (DoP) indiquant la performance en absorption ainsi que le rapport d'essais correspondant, réalisé conformément à la norme NF EN 1793 partie 1. Les produits mis en œuvre devront être conformes à la description figurant dans ce rapport d'essais.

L'indice DL_α , présentant la performance d'absorption acoustique, évalué selon cette norme, devra être supérieur ou égal à 8 dB.

2 – Réception acoustique de l'ouvrage

Le maître d'ouvrage se réserve le droit de faire réaliser des mesures de réception acoustique des performances intrinsèques de l'écran in situ, après la fin des travaux.

Pour les ouvrages à réaliser, les spécifications acoustiques portent sur les caractéristiques des écrans considérés comme un ensemble composite formé de la structure porteuse, des panneaux et des joints.

a – Performances en isolation acoustique

Ces mesures éventuelles seront réalisées selon la norme NF EN 1793 partie 6. Il faut noter que la norme utilisée pour les mesures in situ NF EN 1793 partie 6 est différente de celle utilisée pour la qualification (NF EN 1793 partie 2) et les résultats obtenus selon ces deux méthodes de mesures ne sont pas directement corrélés, ce qui peut expliquer des valeurs minimales différentes.

L'indice DL_{SI} , présentant la performance d'isolation aux bruits aériens, évalué selon cette norme, devra être supérieur ou égal à 28 dB.

b – Performances en absorption acoustique (si un écran absorbant est recherché)

Ces mesures éventuelles seront réalisées selon la norme NF EN 1793 partie 5.

L'indice DL_{RI} présentant la performance d'absorption acoustique selon cette norme devra, en tout point de l'écran, être supérieur ou égal à 5 dB.

EXEMPLE 2 – CAS D'UN ÉCRAN CHAMP DIRECT**1 – Performances acoustiques intrinsèques minimales du produit proposé****a – Performances en isolation acoustique**

Afin de pouvoir être pris en compte lors de cette consultation, le fabricant indiquera la performance en isolation et fournira le rapport d'essais correspondant, réalisé conformément à la norme NF EN 1793 partie 6. Les produits mis en œuvre devront être conformes à la description figurant dans ce rapport d'essais.

L'indice DL_{SI} , présentant la performance d'isolation aux bruits aériens, évalué selon cette norme devra être égal ou supérieur à 28 dB.

b – Performances en absorption acoustique (si un écran absorbant est recherché)

Afin de pouvoir être pris en compte lors de cette consultation, le fabricant indiquera la performance en absorption et fournira le rapport d'essais correspondant, réalisé conformément à la norme NF EN 1793 partie 5. Les produits mis en œuvre devront être conformes à la description figurant dans ce rapport d'essais.

L'indice DL_{RI} , présentant la performance d'absorption acoustique, évalué selon cette norme devra être égal ou supérieur à 5 dB.

2 – Réception acoustique de l'ouvrage

Le maître d'ouvrage se réserve le droit de faire réaliser des mesures de réception acoustique des performances intrinsèques de l'écran in situ, après la fin des travaux.

Pour les ouvrages à réaliser, les spécifications acoustiques portent sur les caractéristiques des écrans considérés comme un ensemble composite formé de la structure porteuse, des panneaux et des joints.

a – Performances en isolation acoustique

Ces mesures éventuelles seront réalisées selon la norme NF EN 1793 partie 6.

L'indice DL_{SI} , présentant la performance d'isolation aux bruits aériens, évalué selon cette norme, devra être supérieur ou égal à 28 dB.

b – Performances en absorption acoustique (si un écran absorbant est recherché)

Ces mesures éventuelles seront réalisées selon la norme NF EN 1793 partie 5.

L'indice DL_{RI} présentant la performance d'absorption acoustique évalué selon cette norme, devra en tout point de l'écran, être supérieur ou égal à 5 dB.

Remarques:

- La procédure de qualification est à la charge de l'entreprise.
- Les valeurs requises dans le cahier des charges sont à définir par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre en fonction de la destination de l'écran et des résultats des études acoustiques. Les valeurs indiquées dans les exemples correspondent à des performances courantes.
- Pour l'exemple 1, des valeurs de performances différentes sont indiquées pour les essais de qualification en laboratoire selon les normes NF EN 1793-1 et -2 et les essais de réception in situ selon les normes NF EN 1793-5 et -6. Ces différences sont liées au fait que les méthodes d'essais sont différentes et les valeurs d'exemple indiquées correspondent à des valeurs courantes.
- La procédure de réception est en général à la charge du maître d'ouvrage.
- Pour la réception acoustique de l'ouvrage, le maître d'ouvrage peut également prévoir des essais de validation en début de chantier, par exemple à l'aide d'un prototype, selon les mêmes procédures que celles prévues pour la réception finale.



ANNEXE 3

Méthode de détermination des performances globales d'un écran de hauteur quelconque

Les normes EN 1793-5 et EN 1793-6 et leurs mises à jour présentent les méthodes de caractérisation des écrans acoustiques en champ direct, relatives à leurs performances respectivement en absorption acoustique et en isolation acoustique.

Pour les qualifications de produit (déclaration de performances) et comme explicité au chapitre 5 du présent document, l'application de la méthode doit se faire nécessairement sur des écrans de dimensions supérieures à :

- 4 m (longueur) x 4 m (hauteur) en absorption¹ ;
- 6 m (longueur) x 4 m (hauteur) en isolation.

L'application de la méthode de mesure suivant les dimensions préconisées rappelées ci-dessus conduit à des résultats valides sur la gamme de fréquences allant de 200 Hz à 5000 Hz (les valeurs aux tiers d'octave 100, 125 et 160 Hz sont néanmoins gardées pour information). C'est avec cette plage de fréquences que sont alors déterminés les indicateurs performantiels globaux (DL_RI en absorption et DL_SI en isolation) qui servent généralement aux industriels pour déclarer la performance de leurs produits. Ce sont également souvent ces indicateurs globaux qui figurent dans les CCTP pour définir les niveaux minimaux de performances recherchés.

En revanche, dans le cas de réceptions d'écrans, il arrive pour différentes raisons que des mesures soient réalisées sur des hauteurs inférieures à ces préconisations. Le cas particulier des écrans sur GBAE (Glissière béton adhérent élargie)² n'est pas spécifiquement détaillé ici, mais peut correspondre à cette situation.

L'application de la méthode sur des écrans de hauteur inférieure à 4 m implique des ondes parasites plus précoces dans les signaux des mesures (exemple : arrivée plus rapide de l'onde de réflexion sur le sol). La longueur de la fenêtre Adrienne³ doit donc être raccourcie de sorte à exclure ces ondes, et la limite de validité basse fréquence augmente en conséquence.

La procédure permettant de connaître la limite basse fréquence dans ces conditions est la suivante (selon EN 1793-5 et EN 1793-6) :

1. Évaluation de la dimension critique de l'écran (en hauteur ou largeur) ;
2. Détermination des délais de chaque chemin acoustique (direct, réfléchis, diffractés...) en tenant compte des conditions météorologiques (température), des conditions d'implantation (angle, topologie du sol, éventuelles parois réfléchissantes parasites...) et des caractéristiques des produits (épaisseur...);
3. Détermination de la longueur de la fenêtre Adrienne permettant d'exclure les chemins parasites pour tous les microphones ;
4. Détermination de la fréquence minimale (f_{min}) valide.

1. Les dimensions données ici sont des dimensions minimales, qui peuvent par exemple dans le cas d'écrans acoustiques hétérogènes ou de géométrie non plane devoir être majorées.

2. Rappel pour un écran acoustique sur GBAE : En absorption, seule la section absorbante de l'écran est caractérisée selon la méthode (la partie basse correspondant à la GBAE est donc exclue à moins qu'elle soit considérée comme partie intégrante du produit) — voir 5.3.2 d'EN 1793-5 ; en affaiblissement, la GBAE est systématiquement considérée comme une partie de l'écran testé — voir 5.3.2 d'EN 1793-6.

3. La fenêtre Adrienne est une fenêtre temporelle définie dans les normes EN 1793-4, EN 1793-5 et EN 1793-6, qui est appliquée aux réponses impulsionnelles mesurées pour isoler les différentes composantes du signal (composantes directe, réfléchie, transmise...).

Dans le cas des mesures d'affaiblissement, selon certaines hypothèses détaillées à la section 4.5.8 de l'EN 1793-6 : 2021, la fréquence minimale valide peut être directement estimée selon l'abaque présenté figure 13 de cette même norme.

Les résultats issus de mesures dans de telles situations restent donc physiquement valides, mais sur une plage de fréquence réduite à $[f_{\min}, 5000 \text{ Hz}]$. Ceci rend difficile, voire impossible, la comparaison du résultat global de mesure avec l'objectif fixé par le CCTP ou la performance globale déclarée par le fabricant.

Le chapitre 11 du présent document détaille deux solutions applicables :

- comparaison des tiers d'octave valides des mesures de contrôle avec les 1/3 d'octave déclarés par le fabricant ;
- comparaison de la performance globale sur la plage valide de la mesure de contrôle avec la performance globale fournie par l'industriel **sur cette même plage de fréquence.**

Cette performance globale en fonction de plage fréquentielle n'est pas à ce jour une caractéristique normalisée. Elle peut cependant être déduite par l'organisme notifié ayant réalisé les mesures de qualification sur écran avec les dimensions minimales normatives. Ce travail, pouvant prendre la forme d'un complément au rapport d'essais (document de type « Avis et interprétation » au sens de la norme NF EN 17025), doit être réalisé en appliquant la méthodologie suivante :

- définir avec le demandeur (a priori le fabricant) les différentes hauteurs possibles d'ouvrage ;
- déterminer, pour chaque hauteur, les délais de chaque chemin acoustique (direct, réfléchis, diffractés...) en tenant compte des caractéristiques du produit (épaisseur...) et si besoin pour plusieurs conditions d'implantation types ;
- calculer, pour chaque cas, la longueur de la fenêtre Adrienne permettant d'exclure les chemins parasites pour tous les microphones ;
- déterminer, pour chaque cas, la fréquence minimale valide ;
- dans l'état actuel des connaissances, plusieurs cas peuvent alors se présenter :
 - en absorption, si la longueur de la fenêtre Adrienne correspondant à la hauteur d'écran considérée est supérieure à la longueur de la réponse impulsionnelle en champ libre majorée par le délai de parcours aller et retour de l'onde sonore entre le plan de référence et de dernier plan de réflexion dans l'épaisseur de l'écran, alors il est possible d'évaluer l'indicateur de performance global en ne considérant que les tiers d'octave valables et sans avoir besoin de rephenêtrer toutes les réponses impulsionnelles,
 - en isolation, si la longueur de la fenêtre Adrienne correspondant à la hauteur d'écran considérée est supérieure à la longueur de la réponse impulsionnelle en champ libre, alors il est possible d'évaluer l'indicateur de performance global en ne considérant que les tiers d'octave valables et sans avoir besoin de rephenêtrer toutes les réponses impulsionnelles,
 - dans les cas contraires, il est nécessaire de rephenêtrer toutes les réponses impulsionnelles (pour chaque microphone, avec et sans écran), avec la longueur de fenêtre Adrienne déterminée ; il faut cependant s'attendre à des écarts de résultats plus importants entre mesure sur écran de 4 m de hauteur et mesure sur écran de hauteur inférieure si la réponse impulsionnelle en champ libre correspondant aux deux séries de mesure n'est pas identique.



Note : les normes NF EN 1793-5 et 1793-6 spécifient que la durée de la réponse impulsionnelle en champ libre doit être inférieure à 3 ms.

ANNEXE 4

Dispositifs de réduction du bruit pouvant ne pas relever du marquage CE

LES BUTTES DE TERRE (OU MERLONS) IMPLANTÉES EN BORDURE DE L'INFRASTRUCTURE ROUTIÈRE

Ce type d'ouvrage peut être préféré à l'écran acoustique dans le cas de matériaux excédentaires liés à un projet neuf, pour une meilleure intégration paysagère en milieu périurbain, ou pour des raisons de coût. Par rapport à l'écran acoustique, les merlons nécessitent une emprise bien supérieure, rarement compatible avec une implantation en milieu urbain. Du fait de leur géométrie (plusieurs mètres d'emprise au sol) et de la nature des matériaux qui les constituent, il n'est pas possible d'en définir des performances acoustiques intrinsèques (absorption/isolation) pouvant être qualifiées dans le cadre du présent document. Il faut noter que des éléments permettant, par exemple, de raidir la butte de terre peuvent relever en tant qu'éléments structuraux de la norme EN 14388. Pour des applications en site routier, ces éléments préfabriqués peuvent donc être assujettis au marquage CE et donc à une déclaration de leurs performances (sauf performances acoustiques).

LES GABIONS ACOUSTIQUES

Il s'agit d'un empilement de pierres et de granulats de nature et de granulométrie variables généralement contenu dans des cages métalliques. Les performances acoustiques minimales explicitées dans le présent document sont applicables à ce type d'ouvrage.

Les performances, en particulier acoustiques, de ces produits sont très variables en fonction de la nature et de la granulométrie des granulats, de la conception des joints entre blocs, de la nature et de la mise en œuvre d'une éventuelle âme acoustique... La définition des familles étant techniquement complexe dans ce cas, une grande vigilance doit être apportée sur les valeurs acoustiques déclarées; celles-ci devant être validées et de préférence sécurisées en amont grâce à un prototype sur chantier. Une attention doit enfin être apportée aux dispositions prises pour limiter les effets du tassement des pierres et granulats dans le temps.

Pour des applications en site routier et lorsque les éléments de gabion sont préfabriqués en milieu industriel (carrière en particulier) ces produits relèvent de la norme EN 14388 en tant qu'éléments structuraux et acoustiques et sont donc assujettis au marquage CE.

LES ÉCRANS VÉGÉTALISÉS

Ces ouvrages sont actuellement réalisés à partir d'éléments structuraux industrialisés remplis sur site de substrat de végétalisation. Une attention doit être apportée aux dispositions prises pour limiter les effets du tassement des terres dans le temps. Les performances acoustiques minimales explicitées précédemment sont applicables à ce type d'ouvrage. Elles peuvent cependant dépendre fortement de nombreux facteurs tels que la nature et le taux de tassement du substrat, son taux d'humidité, les caractéristiques de la végétation... Pour des applications en site routier, les éléments structuraux présents dans ces ouvrages peuvent être assujettis au marquage CE et donc à une déclaration de leurs performances (sauf performances acoustiques).

ANNEXE 5

Liste des organismes notifiés pour le marquage CE suivant EN 14388: 2005

Export du site Nando (<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>) par recherche avec le numéro de la norme produit — EN 14388, en date du 18/11/2021:

Code organisme	Nom de l'organisme	Pays
NB 1268	Bautechnisches Institut GmbH	Austria
NB 1379	Technische Universität Graz	Austria
NB 1136	CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION (CSTC) — WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF (WTCB) — BELGIAN BUILDING RESEARCH INSTITUTE (BBRI)	Belgium
NB 1173	WFRGENT N.V. (WARRINGTON FIRE GENT)	Belgium
NB 2032	Building Research Institute	Bulgaria
NB 2477	Institut IGH dioničko društvo za istraživanje i razvoj u graditeljstvu	Croatia
NB 1020	TECHNICKY A ZKUSEBNI USTAV STAVEBNI PRAHA s.p.	Czech Republic
NB 1023	INSTITUT PRO TESTOVÁNÍ A CERTIFIKACI, a. s. (merged with ex-NB 1390)	Czech Republic
NB 0199	FORCE Technology	Denmark
NB 0809	Eurofins Expert Services Oy	Finland
NB 0380	FCBA Institut technologique (anciennement CTBA)	France
NB 1164	Centre d'études et de recherche de l'industrie du béton (CERIB)	France
NB 0800	Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH - MFPA Leipzig GmbH	Germany
NB 2502	Müller-BBM GmbH Akustisches Prüflaboratorium	Germany
NB 1414	CEMKUT CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTO KFT.	Hungary
TAB 1414	CEMKUT CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTO KFT.	Hungary
NB 1415	ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.	Hungary
NB 0407	ISTITUTO GIORDANO S.P.A.	Italy
NB 0497	CSI SPA	Italy
NB 2131	AISICO SRL	Italy
NB 2264	Peutz bv	Netherlands
NB 1488	INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ (ITB)	Poland
NB 2211	Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade	Portugal
NB 1301	Technicky a skusobny ustav stavebny, n. o.	Slovakia
NB 1358	VYSKUMNY USTAV DOPRAVNY, A.S.	Slovakia
NB 1404	ZAG - ZAVOD ZA GRADBENISTVO SLOVENIJE	Slovenia
NB 0370	LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S. A./Applus	Spain
NB 1292	FUNDACION TECNALIA RESEARCH & INNOVATION	Spain
NB 0402	RISE Research Institutes of Sweden AB	Sweden
NB 1783	TURKISH STANDARDS INSTITUTION (TSE)	Turkey



TRADUCTION

Noise barriers and noise protections

A guide for contracting authorities and project managers

Noise pollution – from vehicles, neighbouring properties and nearby businesses – is a daily problem for the majority of French people. Despite the existence of anti-noise laws and regulations, transport is responsible for more noise pollution than any other source. For this reason, noise barriers that reduce noise for all nearby buildings are the preferred method of addressing this problem, since they are considered to be more effective than local solutions. These barriers must meet CE marking requirements, and their performance is governed and characterised by European standards. This publication provides a review of these standards and useful guidance on their proper application. It will be of interest to contracting authorities, as well as to design offices, architects, manufacturers and other construction-industry operators

Pantallas y protecciones acústicas

Guía del promotor y del director de obra

Ya sea que proceda de los transportes, del vecindario o incluso del entorno profesional, el ruido es una fuente de molestia diaria para la gran mayoría de los franceses. Son los transportes los que más contaminación acústica generan, a pesar de que existen textos que enmarcan la lucha contra esta molestia. Es así que se privilegian protecciones del tipo pantalla acústica, que permiten un tratamiento global de los edificios colindantes más bien que un tratamiento local considerado menos eficaz. Estos equipos deben responder a las exigencias del mercado CE y las normas europeas enmarcan la caracterización de sus desempeños. Esta obra traza un inventario de estas normas y aporta una preciosa ayuda para su correcta aplicación. También será de interés para los promotores, así como para todos los actores de la industria de la construcción: oficinas de estudio, arquitectos y fabricantes.

© 2022 – Cerema

LE CEREMA, L'EXPERTISE PUBLIQUE POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Le Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, est un établissement public qui apporte son concours à l'État et aux collectivités territoriales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques au service de la transition écologique, de l'adaptation au changement climatique et de la cohésion des territoires. Il porte des missions de recherche & innovation et appuie le transfert d'innovations dans les territoires et auprès des acteurs privés.

Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & Ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral. Présent partout en métropole et dans les Outre-mer par ses 26 implantations, il développe une expertise de référence au contact de ses partenaires européens et contribue à diffuser le savoir-faire français à l'international.

Le Cerema capitalise les connaissances et savoir-faire dans ses domaines d'activité. Éditeur, il mène sa mission de centre de ressources en ingénierie par la mise à disposition de près de 3 000 références à retrouver sur www.cerema.fr rubrique nos publications.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Dupliprint est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication / Pôle éditions

Conception de la maquette graphique : Farénis

Mise en page : Frédéric Morel (06 17 07 81 74 - fredericmorel4@sfr.fr)

Impression : Dupliprint, 733 rue Saint-Léonard 53100 Mayenne

Achevé d'imprimer : septembre 2022

Dépôt légal : septembre 2022

Crédit photo couverture : Syndicat des équipements de la route (SER)

ISSN : en cours - ISBN : 978-2-37180-556-9 (pdf) - ISBN : 978-2-37180-557-6 (papier)

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25, avenue François Mitterrand CS 92803 – 69674 Bron Cedex – France

www.cerema.fr

ÉCRANS ET PROTECTIONS ACOUSTIQUES

Guide du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre

Qu'il provienne des transports, du voisinage ou encore du milieu professionnel, le bruit est une source de nuisance quotidienne pour une grande majorité de Français. Ce sont les transports qui engendrent le plus de pollutions sonores si bien que des textes encadrent la lutte contre cette nuisance. Sont ainsi privilégiées des protections de type écrans acoustiques qui permettent un traitement global des bâtiments riverains plutôt qu'un traitement local jugé moins efficace. Ces équipements doivent répondre aux exigences du marquage CE et des normes européennes encadrent la caractérisation de leurs performances. Cet ouvrage dresse un état des lieux de ces normes et apporte une aide précieuse à leur bonne application. Il intéressera ainsi les maîtres d'ouvrage mais aussi l'ensemble des acteurs de la filière construction : bureaux d'études, architectes, fabricants.



EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE | BÂTIMENT | MOBILITÉS |
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT | ENVIRONNEMENT & RISQUES |
MER & LITTORAL

