

Congrès TP tech 2003
Module 5 : réduction du bruit

Panorama des techniques d'écrans acoustiques

Patrick Demizieux^a

^aLaboratoire Régional des Ponts et Chaussées de STRASBOURG
Rue Jean Mentelin - BP 9 - 67035 STRASBOURG cedex 2.
Tél. 03.88.77.46.29 – Fax 03.88.77.46.20 – Email : patrick.demizieux@equipement.gouv.fr

1. Introduction

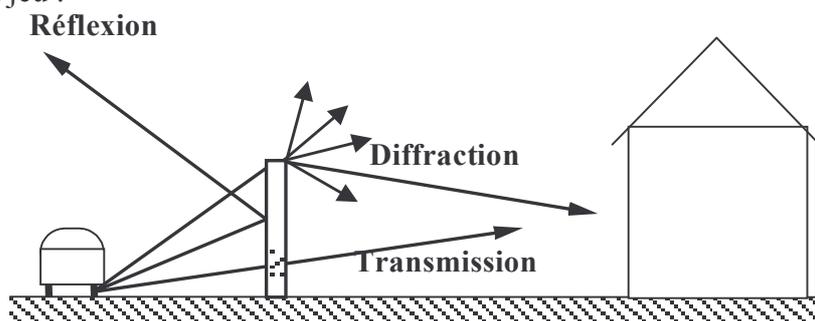
Les nuisances sonores sont dénoncées par un pourcentage important de la population comme la première gêne à laquelle ils sont confrontés quotidiennement. Dans le domaine du bruit des transports terrestres, la loi du 31 décembre 1992 fixe les règles à respecter lors de la création ou lors de l'aménagement significatif d'infrastructure routière ou ferroviaire. En particulier, elle définit des niveaux sonores limites et elle préconise un traitement des dépassements de seuils par une action sur l'infrastructure et ses abords.

Les écrans acoustiques constituent une des solutions permettant un traitement à la source. Cette technique consiste à insérer un obstacle entre la source de bruit et les bâtiments exposés.

2. Fonctionnement des écrans

L'efficacité acoustique constitue un objectif essentiel lors de la réalisation d'un écran acoustique.

Le schéma suivant présente, sur une coupe perpendiculaire à l'ouvrage, les différents phénomènes en jeu :



Lorsque l'onde sonore se propage en direction du récepteur, elle rencontre l'écran. Une partie de cette onde sonore :

- est transmise par l'écran,
- est absorbée par l'écran,
- est réfléchi par l'écran,
- est diffractée sur les arêtes de l'écran.

La diffraction : lors de la diffraction, l'onde sonore est atténuée et continue sa propagation en direction du récepteur. Le niveau d'atténuation est proportionnel à la différence de marche

imposée par l'écran (différence de distance entre le trajet direct sans écran et le trajet diffracté). L'amplitude de l'atténuation liée à la diffraction dépend donc essentiellement des caractéristiques géométriques de l'écran.

L'efficacité globale d'un écran pour les riverains est en grande partie conditionnée par son efficacité en diffraction (implantation, hauteur) ainsi que par la partie du site non masquée (longueur). Le choix du matériau a une influence faible pour les riverains exposés aux composantes diffractée et transmise. Les études acoustiques permettent de dimensionner, implanter les écrans et de déterminer leur efficacité. Cette dernière se situe, en moyenne, à l'intérieur de la fourchette 8 -12 dB(A).

La transmission : l'onde transmise à travers l'écran se propage vers le récepteur et se cumule à l'onde diffractée. Or, les lois de l'acoustique nous enseignent que lorsqu'un signal sonore est inférieur de plus de 10 dB à un autre signal, il devient négligeable. Dans le cas de notre écran, il suffit donc que l'onde transmise soit atténuée de 10 dB(A) de plus que la diffraction.

Cette atténuation de l'énergie au cours de la transmission est une caractéristique intrinsèque de l'écran facile à neutraliser en utilisant des matériaux appropriés.

A titre d'exemple, on peut indiquer les épaisseurs de matériau qui conviennent pour réaliser un écran :

- Bois (assemblage de clins rainurés) : 35 à 40 mm
- Plastique (polycarbonate ou méthacrylate) : 12 à 15 mm
- Acier : 1,5 mm
- Aluminium : 2,5 mm
- ...

Pour beaucoup de matériaux, les contraintes mécaniques sont plus sévères que la seule contrainte acoustique.

Lors des études de dimensionnement des écrans, cette énergie transmise est considérée comme négligeable devant l'énergie diffractée (sauf cas particulier des couvertures légères).

Dans la pratique, lors de la construction d'un écran, une valeur minimum est donc exigée à l'appel d'offre (25 dB(A)) et contrôlée in situ afin d'être sûr que cette part de l'énergie sera négligeable.

La réflexion : lorsque l'onde sonore rencontre l'écran, elle se réfléchit sur lui. Cette énergie renvoyée par l'écran peut se révéler indésirable, par exemple pour les habitations qui y seraient exposées et qui peuvent voir leurs niveaux sonores augmenter, ou dans le cas de deux écrans en parallèle pour lesquels l'efficacité globale peut être détériorée. L'utilisation de matériaux adaptés pour la face de l'écran située coté route permet de réduire cette énergie réfléchi. Cette capacité à absorber une partie de l'énergie est une caractéristique intrinsèque de l'écran. Elle doit être prise en compte lors des études acoustiques.

Dans la pratique, lors de la construction d'un écran, une valeur minimum peut être exigée à l'appel d'offre (valeur identifiée dans l'étude acoustique) et contrôlée in situ afin d'être sûr que l'efficacité globale prévue pour l'écran ne risque d'être dégradée du fait de l'utilisation d'un matériau mal adapté au site.

En conclusion, on note que la prise en compte, lors de l'appel d'offre, de performances minimales en transmission et le cas échéant en absorption permet de garantir que l'efficacité globale de l'écran dans le site n'est pas dépendante du matériau choisi. Elle permet également de valider le travail du constructeur de l'écran et de dégager sa responsabilité en cas de non-respect des objectifs finaux chez les riverains.

3. Efficacité acoustique des écrans – Prévisions – vérifications

Dans ce chapitre sur la mesure et/ou la prévision des performances acoustiques, il faut distinguer deux types de performances :

- Les performances intrinsèques du produit "écran" lui-même : essentiellement la transmission et l'absorption
- Les performances obtenues en façades des bâtiments que l'on souhaite protéger

3.1. Les performances intrinsèques

Ces performances (essentiellement l'absorption et la transmission) sont par définition propres au produit et au type de montage utilisé. Leur vérification permet de garantir que les matériaux choisis et la mise en œuvre sont adaptés pour leur utilisation en tant qu'écran antibruit.

Deux niveaux de contrôle sont possibles :

- La mesure de qualification
- La mesure de réception

3.1.1. La mesure de qualification

3.1.1.1. Absorption

La méthode d'essai est décrite dans la norme NF EN 1793 partie 1 (et dans la norme NF EN 20354).

Elle consiste à poser au sol dans une salle d'essai réverbérante normalisée, un échantillon d'écran de 10 à 12 m² comportant au moins un poteau (si le système constructif prévoit des poteaux en montage réel).

Le principe de l'essai consiste à mesurer des durées de réverbération dans une salle réverbérante avec et sans l'échantillon en essai. Ces durées de réverbérations correspondent au temps mis par un bruit à décroître de 60 dB dans la salle, après son interruption. Lorsque l'absorption augmente, après mise en place de l'échantillon, cette durée diminue et on peut en déduire les coefficients d'absorption α_{sabine} par bandes de tiers d'octave.

On peut préciser que cette méthode d'essai ne s'applique que pour les écrans plans. Cette notion reste relativement vague puisque aucune définition précise de cette caractéristique n'est donnée dans le texte de la norme. Toutefois, on peut estimer qu'une bonne partie des produits existants sur le marché entrent dans le champ d'application de cette norme. Parmi les produits "exclus", on peut citer la famille des jardinières.

Cet essai fournit un indicateur global d'absorption DI_{α} ainsi que les valeurs d'absorption α_{sabine} pour les bandes de tiers d'octave comprises entre 100 et 5000 Hz.

Par ailleurs, la norme fournit une classification selon 4 catégories de performances :

- A0 : non testé
- A1 : < 4 dB(A)
- A2 : 4 à 7 dB(A)
- A3 : 8 à 11 dB(A)
- A4 : > 11 dB(A)

3.1.1.2. Transmission

La méthode d'essai est décrite dans la norme NF EN 1793 partie 2 (et dans la norme NF EN ISO 140-3).

Elle consiste à installer dans une cloison séparant deux salles d'essai, un échantillon d'écran d'environ 10 m² comportant au moins un poteau (si le système constructif prévoit des poteaux en montage réel).

Le principe de l'essai consiste à mesurer les niveaux de pression acoustique moyen dans les deux salles d'essai (salles d'émission et de réception) pour en déduire l'indice d'affaiblissement R.

Cet essai fournit un indicateur global de l'indice d'affaiblissement Dl_R ainsi que les valeurs de l'indice d'affaiblissement R pour les bandes de tiers d'octave comprises entre 100 et 5000 Hz.

Par ailleurs, la norme une classification selon 3 catégories de performances :

- B0 : non testé
- B1 : <15 dB(A)
- B2 : 15 à 24 dB(A)
- B3 : > 24 dB(A)

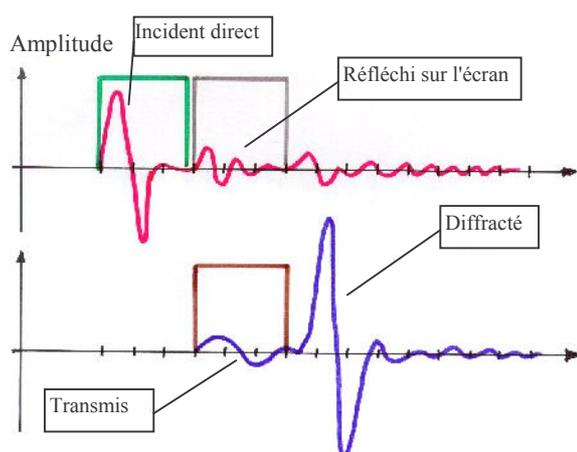
3.1.2. La mesure de réception

La méthode d'essai est décrite dans la norme NFS 31089 d'octobre 2000.

Elle permet de mesurer les performances en absorption et en transmission d'écrans installés sur site dont la hauteur atteint au moins 3 mètres.

Cette méthode consiste à positionner une source impulsionnelle (pistolet), générant un signal transitoire, à 2 mètres de l'écran et à installer un microphone devant l'écran et un microphone à l'arrière (pour la transmission seulement). En utilisant le caractère transitoire du signal, il est possible d'isoler chacun des signaux à l'aide d'un fenêtrage temporel. La puissance du signal est suffisante pour pouvoir réaliser les mesures sous circulation.

Le graphique suivant visualise l'allure des signaux captés simultanément par les deux microphones :



La voie supérieure représente le signal devant l'écran où l'on peut notamment identifier et isoler le signal incident direct et le signal réfléchi sur l'écran. Pour le microphone arrière (voie inférieure), on peut isoler notamment le signal transmis qui parvient avant le signal diffracté.

A partir de ces signaux, il est possible de calculer la perte d'énergie en réflexion (rapport des signaux réfléchi sur incident du micro avant) et la perte d'énergie en transmission (rapport du signal transmis du micro arrière sur le signal incident du micro avant).

Pour la transmission, la mesure est réalisée pour une seule incidence, normale à l'écran alors que la mesure d'absorption est le résultat d'un moyennage sur 4 incidences (0° , 10° , 20° et 30° par rapport à la normale).

Cette méthode fournit un indicateur global : perte locale en réflexion TL_R pour l'absorption et perte locale en transmission TL_T pour la transmission ainsi que les résultats par bandes de tiers d'octave entre 200 et 5 000 Hz.

Les deux photos visualisent une réception en bordure d'autoroute :



3.2. Les performances globales en façade des riverains

Ces performances ne sont pas liées au type de produit choisi pour réaliser l'écran, sous réserve que l'écran possède les performances intrinsèques requises pour le site (cf. paragraphe précédent)

C'est l'énergie diffractée par les arêtes de l'écrans (sommet et bord latéraux) ainsi que l'énergie provenant de la partie de la source non masquée par l'écran qui conditionnent l'efficacité finale de l'écran.

Ces performances au niveau du riverain sont donc fonction des caractéristiques géométriques de l'écran (hauteur, longueur,...) ainsi de son implantation (distance à la voie, longueur de voie masquée par l'écran).

L'efficacité de ce type de protection peut-être évaluée :

- Par simulations acoustiques
- Par mesures in situ, chez les riverains après réalisation

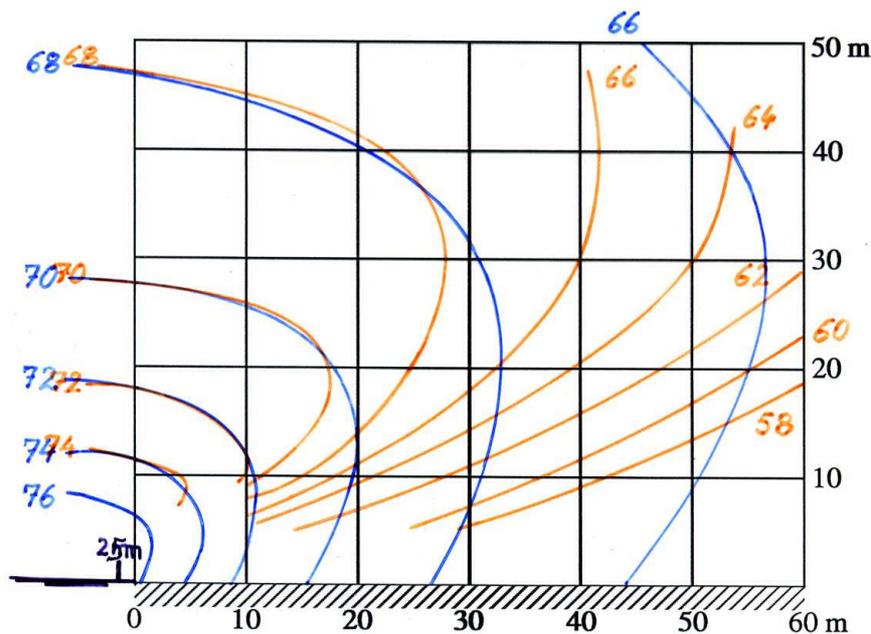
3.2.1. Évaluation de l'efficacité par simulations acoustiques

Cette efficacité est évaluée lors de chaque étude de dimensionnement d'écran. Les dimensions de la protections sont en effet déterminées en optimisant les paramètres de l'écrans (coût, dimensions, implantation,...) en fonction d'un objectif sonore visé en façade.

Pour réaliser ce dimensionnement, différentes méthodes peuvent être mises en œuvre :

- Calculs manuels à l'aide du Guide du Bruit (CETUR, novembre 1980). Un exemple de calcul est donné en annexe B de l'ouvrage Bruit et Études Routières – Manuel du Chef de Projet (CERTU, SETRA, octobre 2001). Cette méthode par calculs simples ou par lecture sur abaques permet de traiter des géométries simples.
- Méthodes basées sur la recherche de chemins acoustiques entre sources et récepteurs. Leur mise en œuvre nécessite l'utilisation de logiciels. Certaines prennent en compte les effets météorologiques. C'est le cas de la méthode NMPB décrite dans la norme XPS 31 133, imposée sur le réseau national par la circulaire du 12 décembre 1997. La mise en œuvre de ces méthodes permet de traiter des cas plus complexes.

L'exemple suivant montre l'effet d'un écran sur l'ambiance sonore à l'arrière :



Cet exemple est calculé avec les hypothèses suivantes : sans écran et avec écran de 2,5 m -- Trafic 9000 veh/j et 10% P1 -- Chaussée à 2 x 1 voie -- vitesse 80 km/h

3.2.2. Évaluation de l'efficacité par mesures in situ

La circulaire du 12 décembre 1997 précise :

"L'article 5 de l'arrêté du 5 mai 1995 précise les modalités de contrôle des niveaux sonores après mise en service. Celles-ci sont cohérentes avec les règles développées par ailleurs sur l'obligation de rendre publics les engagements de l'Etat lors de la déclaration d'utilité publique des projets, et de mettre en place des comités de suivi des engagements de l'Etat qui veillent à leur bonne application. Après réalisation des projets, le maître d'ouvrage doit donc justifier qu'il a bien respecté ses engagements. Cette mesure d'ordre général s'applique, bien évidemment, au bruit.

C'est la raison pour laquelle je vous demande de vérifier le respect des niveaux sonores réglementaires après réalisation ou aménagement de chaque nouvel ouvrage. Cette vérification sera effectuée selon des méthodes adaptées aux sites concernés, en s'appuyant, autant que possible, sur des mesurages des niveaux sonores conformes à la norme NFS 31085, afin d'améliorer encore la transparence de nos démarches. Les résultats de ces évaluations seront intégrés aux bilans environnementaux prévus dans la circulaire 96-21 du 11 mars 1996 relative à la "prise en compte de l'environnement et du paysage dans les projets routiers", et ses annexes."

Dans le cas de la réalisation d'un écran acoustique, la mesure permet donc de vérifier que les objectifs visés en façade des riverains sont bien respectés.

4. Techniques utilisées

4.1. exemples d'écrans réfléchissants

4.1.1. écrans bois

Ces écrans peuvent être réalisés soit en pins traités soit en essence tropicale. Ils sont composés d'une ou deux parois généralement constituées d'un assemblage de clins.



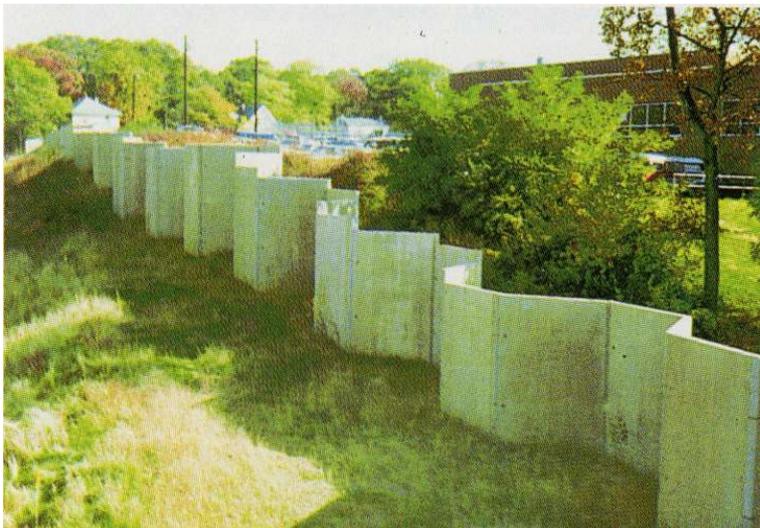
4.1.2. écrans métalliques

Ces écrans peuvent être réalisés soit en acier ou en aluminium. Ils peuvent être composés d'une ou deux parois. Certaines réalisations ont utilisé des palplanches.



4.1.3. écrans béton

Ces écrans sont généralement constitués d'un voile béton de 10 à 15 cm d'épaisseur



4.1.4. écrans plastiques

Ces écrans peuvent être opaques ou plus généralement transparents



4.2. exemples d'écrans absorbants

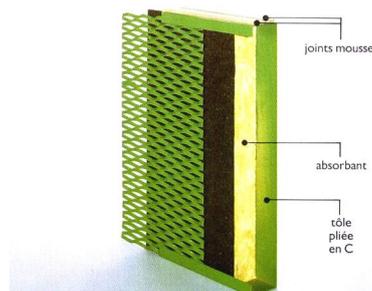
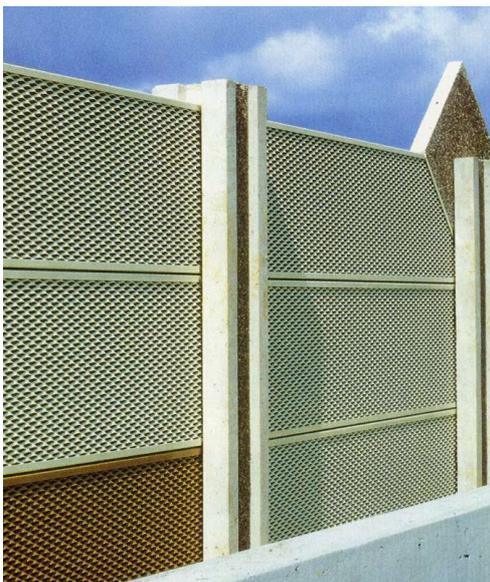
4.2.1. écrans bois

Ces écrans peuvent être réalisés soit en pins traités soit en essence tropicale. Ils sont composés d'une paroi généralement constituée d'un assemblage de clins (coté riverains) et d'un matériau absorbant protégé par un lattage (coté route, voire des deux cotés pour un absorbant double face).

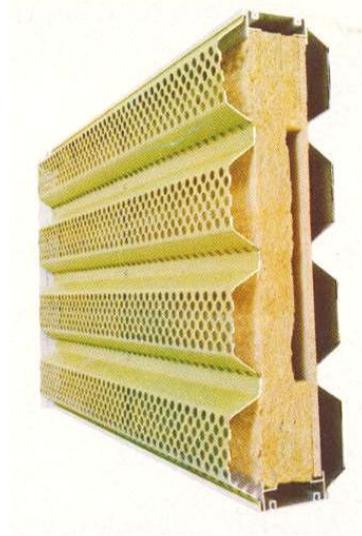


4.2.2. écrans métalliques

Ces écrans peuvent être réalisés soit en acier ou en aluminium. Ils sont généralement composés de caissons comportant une tôle pleine coté riverains, une tôle perforée coté route et un remplissage à l'aide d'un matériau absorbant (ou une tôle pleine en partie centrale et deux tôles perforées pour un absorbant double face)



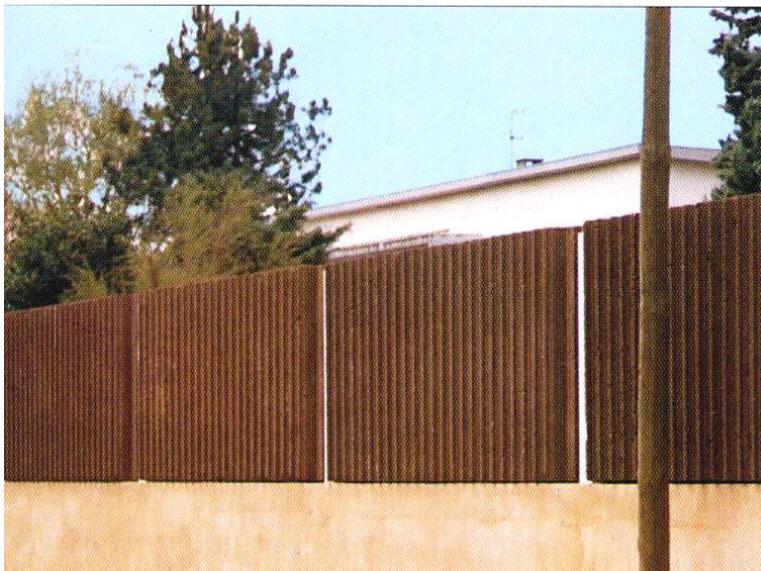
exemple en acier



exemple en aluminium

4.2.3. écrans béton

Ces écrans sont généralement composés d'un voile en béton classique coté riverain et d'une couche en béton poreux (béton de pouzzolane, de bois, ...) coté route



4.2.4. écrans briques



4.2.5. écrans type "jardinière"



5. Conclusions

Les écrans antibruit constituent une technique de protection contre les nuisances sonores qui permet des gains acoustiques de 10 à 15 dB(A) selon la configuration du site. Cette solution est bien adaptée pour la protection de bâtiments de hauteur peu importante (individuels, petits collectifs,...).

Cette protection est assurée avec une certaine pérennité moyennant quelques précautions au niveau de la conception de l'ouvrage et de sa maintenance et sous réserve d'un dimensionnement intégrant des hypothèses à long terme (en particulier au niveau du trafic).

Le choix des matériaux et des techniques est assez vaste pour permettre une insertion environnementale adaptée à différents types de sites.