

## VADEMECUM DU BRUIT ROUTIER URBAIN

LES ÉCRANS ANTIBRUIT  
ET LES REVÊTEMENTS  
DE PAROIS  
ACOUSTIQUEMENT  
ABSORBANTS



# SOMMAIRE

<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>Facteurs déterminant l'efficacité d'un écran antibruit</b>	<b>5</b>
• <i>Les dimensions</i>	5
• <i>La forme des objets</i>	5
• <i>Les performances intrinsèques des dispositifs</i>	5
Les dimensions des dispositifs	6
• <i>La hauteur de l'écran</i>	6
• <i>La longueur de l'écran</i>	6
• <i>La longueur d'onde et la fréquence du bruit</i>	7
• <i>Topographie et profil de l'infrastructure</i>	9
La forme des objets	10
• <i>La forme de l'écran</i>	10
• <i>Les véhicules</i>	11
Les caractéristiques/performances intrinsèques des dispositifs	14
<b>Matériaux et systèmes utilisés pour réduire la propagation du bruit du trafic</b>	<b>17</b>
Écrans en béton	18
Écrans métalliques	19
Écrans transparents	20
Écrans en plastique opaques	21
Écrans végétalisés	22
Buttes en terre	23
Écrans en bois	24
<b>Intégration des écrans antibruit</b>	<b>27</b>
Intégration paysagère	27
Couverture d'un axe routier ou tunnel	28
<b>Mise en œuvre</b>	<b>31</b>
Installation d'écrans anti-bruit	31
Coût d'un écran anti-bruit	32
Références	34

## INTRODUCTION

La présente fiche concerne les dispositifs antibruit utilisés lors de la propagation du bruit, à savoir les écrans antibruit et les revêtements de parois (acoustiquement) absorbants.

Réduire le bruit lors de sa propagation consiste le plus souvent à interposer des obstacles à cette propagation. Ces obstacles peuvent être des bâtiments, des murs existants, mais aussi des écrans antibruit que l'on place afin de réduire les incidences du bruit routier.

Nous verrons également plus loin que le bruit peut aussi se réfléchir sur des parois (dites « acoustiquement réfléchissantes ») et être alors redirigé dans des directions telles que le bruit réfléchi vienne augmenter sensiblement le bruit dans l'environnement. Afin de réduire l'impact négatif de ces réflexions, des revêtements dits « acoustiquement absorbants » pourront être utilisés.

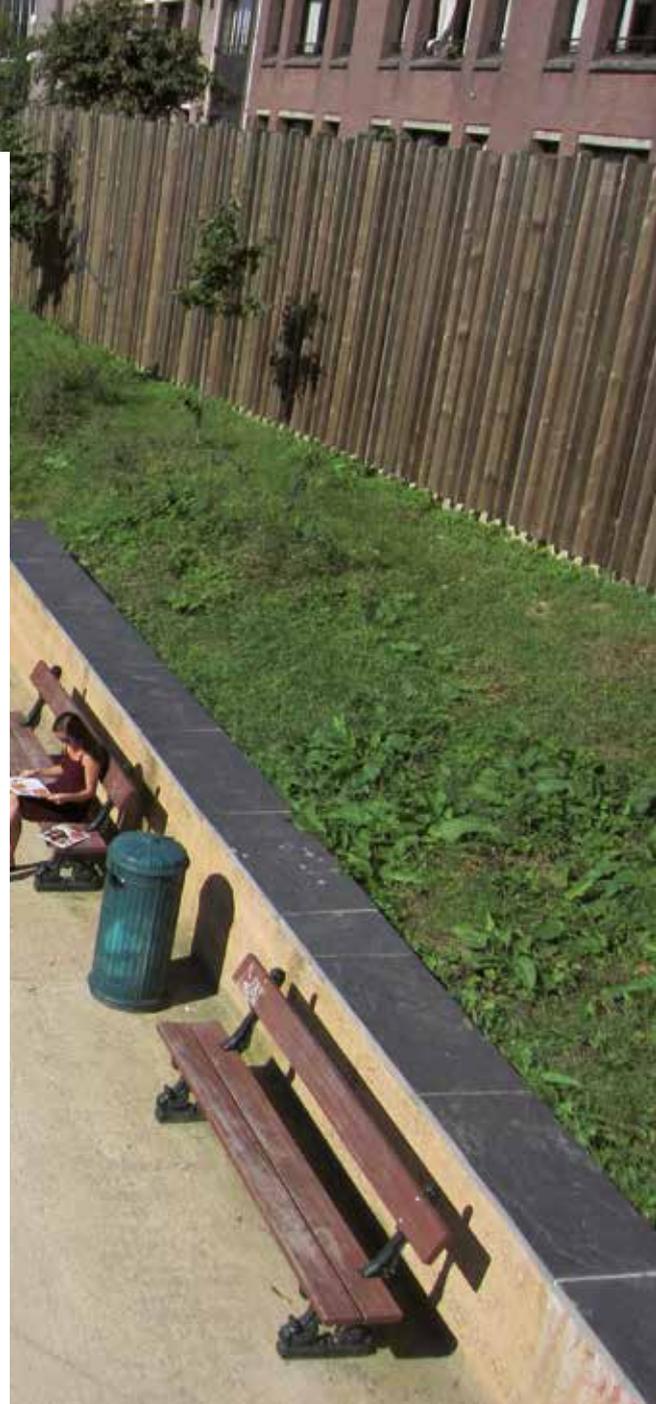
Cette fiche apporte notamment une réponse aux questions ci-après.

- ▶ Quels sont les facteurs déterminant l'efficacité d'un écran antibruit ?
- ▶ Quels sont les différents types d'écrans antibruit ?
- ▶ Quels sont leurs avantages et leurs inconvénients ?
- ▶ Quels sont les problèmes spécifiques inhérents aux bouches de tunnel et comment y remédier ?
- ▶ Quel est le coût des différentes solutions envisageables ?

Généralement, les mesures de lutte antibruit les plus efficaces sont mises en œuvre le plus près possible de la source.

Mais avant d'installer des écrans antibruit, il faut déterminer s'il est possible d'atténuer le bruit généré par le trafic proprement dit, notamment en rendant le revêtement plus silencieux, en réduisant la vitesse des véhicules, etc.

S'il s'avère impossible d'atténuer le bruit à la source et/ou d'installer des écrans antibruit, on peut encore envisager de prendre des dispositions directement chez les riverains impactés, en posant des vitrages d'isolation acoustique par exemple. Cette solution est généralement la plus coûteuse.





# FACTEURS DÉTERMINANT L'EFFICACITÉ D'UN ÉCRAN ANTIBRUIT

Les facteurs conditionnant la réduction du bruit routier lors de sa propagation, et notamment l'interposition d'obstacles tels que des écrans antibruit ou encore le placement de revêtements (acoustiquement) absorbants sur des parois, sont les suivants :

## LES DIMENSIONS :

- ▶ la hauteur de l'écran, la longueur de l'écran, la longueur d'onde / fréquence du bruit à atténuer;
- ▶ la position relative entre les véhicules et les récepteurs dans l'environnement, la topographie;
- ▶ le profil de l'infrastructure.

## LA FORME DES OBJETS :

- ▶ les écrans (plats verticaux, plats inclinés, non plats, volumiques, dispositifs additionnels, etc.);
- ▶ mais aussi celle des véhicules (voitures, camions, etc.).

## LES PERFORMANCES INTRINSÈQUES DES DISPOSITIFS :

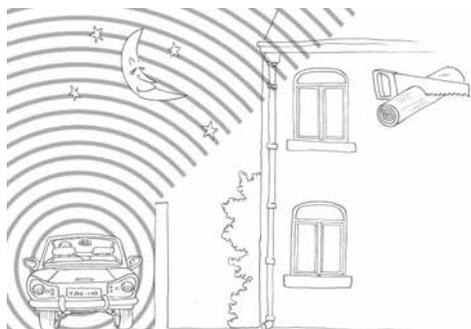
- ▶ absorption, transmission, diffraction.

C'est bien l'ensemble de TOUS ces facteurs qui conditionne l'efficacité globale des dispositifs antibruit utilisés lors de la propagation du bruit routier : les paragraphes suivants vont les détailler.

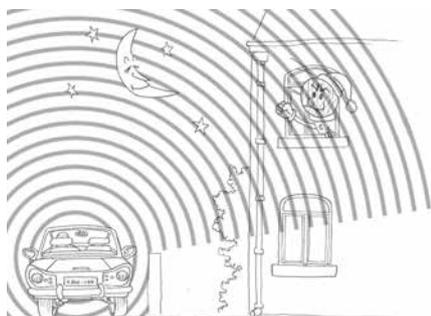
## LES DIMENSIONS DES DISPOSITIFS

### LA HAUTEUR DE L'ÉCRAN

Plus la hauteur de l'écran est importante, plus la ligne d'ombre qui joint la source de bruit (chaque véhicule) au sommet de l'écran est relevée; la « zone d'ombre » apportée par l'écran, et par conséquent son efficacité sont plus importantes. La hauteur est un des facteurs principaux du dimensionnement d'un écran.



*Influence du mur, hauteur et distance, sur la zone d'ombre*



Cependant, on peut parfois se retrouver face à des conditions pratiques, visuelles, financières ou encore de sécurité qui peuvent limiter la hauteur possible d'un écran. Dans ces cas, il faudra considérer d'autres types d'écrans plus performants, voire compléter l'efficacité ainsi limitée de l'écran, par exemple en réalisant des insonorisations de façades pour les étages supérieurs d'habitations qui ne seraient pas suffisamment protégés.

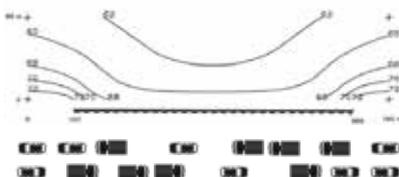
### LA LONGUEUR DE L'ÉCRAN

Le bruit routier est généré par un ensemble de véhicules se déplaçant sur plusieurs axes au milieu d'un contexte urbain complexe. D'autre part, les écrans ont une longueur limitée et leurs extrémités sont également des arêtes de diffraction par lesquelles les bruits de tous ces véhicules peuvent les contourner. Il en est de même pour toute ouverture au sein de l'écran (par exemple une sortie de sécurité, ou une bretelle d'accès).

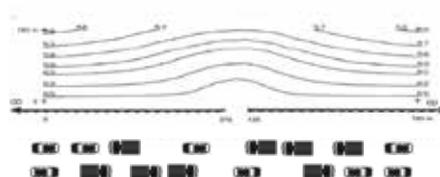
Ces effets sont explicités grâce aux courbes d'isoniveaux de bruit / cartes de bruit le long d'une route en ligne droite type et suivant différentes longueurs d'écrans (voir figures ci-dessous, NB : véhicules pas à l'échelle).



*Ecran infiniment long*



*Ecran de 500 m de long*



*Ecran infini avec ouverture de 50 m*

## LA LONGUEUR D'ONDE ET LA FRÉQUENCE DU BRUIT

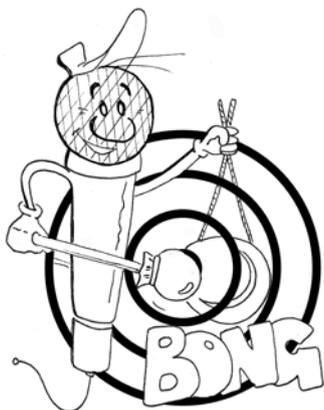
L'encadré de la page suivante décrit comment dimensionner un écran, et introduit notamment l'importance de la fréquence sur la propagation du bruit. La longueur d'onde  $\lambda$  est directement liée à l'inverse de la fréquence :  $\lambda = c/f$ .

$\lambda$  = la longueur d'onde (m).

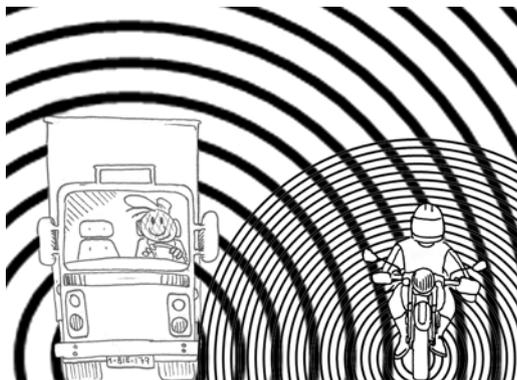
$c$  = la vitesse (célérité) du son (par exemple : 343 m/sec à 20°C).

$f$  = la fréquence (Hz).

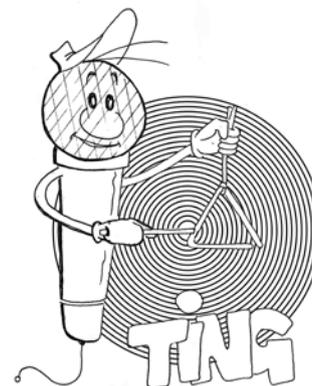
Ainsi, en basses fréquences (bruits « sourds »), les longueurs d'onde sont de l'ordre de 1 à plusieurs mètres (par exemple : 1 m à 340 Hz, 2 m à 170 Hz, 4 m à 85 Hz) : à ces fréquences, les ondes peuvent plus facilement « sauter par-dessus » les obstacles que sont les écrans antibruit de mêmes dimensions, alors qu'en moyennes et hautes fréquences (« aigües »), les longueurs d'ondes sont de l'ordre de 10 cm et moins (par exemple, 10 cm à 3 400 Hz, 5 cm à 6 800 Hz) et sont plus facilement freinées dans leur propagation.



*Basses fréquences :  
grandes longueurs d'ondes*



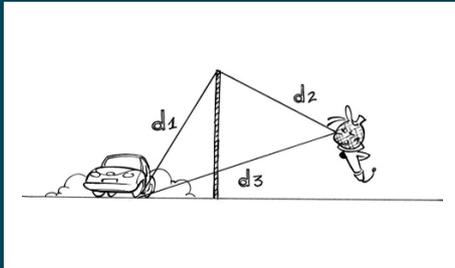
*Camions : basses fréquences  
Motos : hautes fréquences*



*Hautes fréquences :  
petites longueurs d'ondes*

C'est la longueur d'onde qui explique aussi pourquoi, derrière un écran, le bruit routier est non seulement atténué, mais aussi pourquoi il y est perçu de façon plus « sourde » (les basses fréquences sont moins atténuées que les hautes).

Un même écran est donc aussi moins efficace pour atténuer les sons sourds (le bruit produit par un poids lourd, par exemple) que les sons aigus (le bruit produit par un vélomoteur ou un tram, par exemple).



## COMMENT DIMENSIONNER UN ÉCRAN

Il est plus aisé de faire écran aux sons à hautes fréquences qu'aux sons à basses fréquences : en plus de la hauteur de l'écran et des positions relatives de la source de bruit et du récepteur par rapport à l'écran, la fréquence du bruit émis par la source est également déterminante.

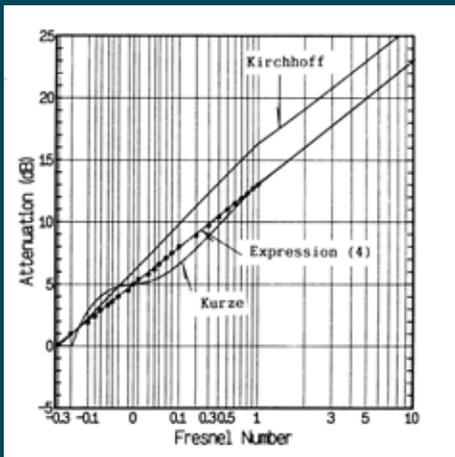
L'abaque de Maekawa permet de calculer la réduction du niveau de pression acoustique obtenue grâce à l'installation d'un écran. Cet abaque s'applique à des écrans de longueur infinie (il s'agit d'une bonne approche lorsque la distance observateur – écran est beaucoup plus petite que la longueur de l'écran). Il convient tout d'abord de calculer  $N$ , le nombre de Fresnel :

$$N = (2/\lambda) \times (d1 + d2 - d3)$$

$\lambda$  est la longueur d'onde du son

$d1$ ,  $d2$  et  $d3$  représentent les distances, telles qu'illustrées sur la figure en haut à gauche.

Soulignons que le nombre de Fresnel dépend de la fréquence du son : plus la longueur d'onde est élevée, plus le nombre de Fresnel est petit. Le diagramme de gauche, qui reprend l'abaque de Maekawa, permet de lire la réduction du niveau de pression acoustique.



### Exemple

Supposons qu'une source sonore se trouve à 3 m d'un écran haut de 3 m et émet un son dont la fréquence ( $f$ ) est égale à 1000 Hz. Un observateur se trouve de l'autre côté de l'écran, à une distance de 3 m également. L'observateur et la source se trouvent à 1 m au-dessus du sol. Dans ce cas,  $d1$ ,  $d2$  et  $d3$  sont respectivement égales à 3,6 m, 3,6 m et 6 m. La longueur d'onde  $\lambda$  est  $c/f = (343 \text{ m/s})/(1000/\text{s}) = 0,34 \text{ m}$  ( $c = 343 \text{ m/s}$  est la vitesse du son à 20°C). Le nombre de Fresnel est alors calculé comme suit :  $N = (2/0,34) \times (3,6 + 3,6 - 6) = 7,05$ . Le graphique à gauche permet de lire immédiatement que si  $N = 7$ , l'efficacité de l'écran à la fréquence de 1000 Hz correspond à 22 dB.

## TOPOGRAPHIE ET PROFIL DE L'INFRASTRUCTURE

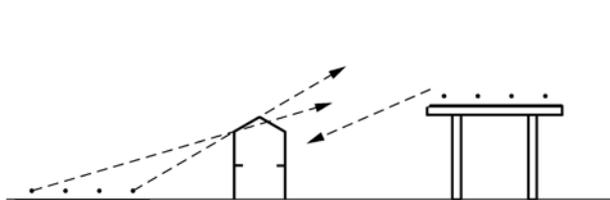
Les positions relatives des véhicules, des obstacles (écrans) et des récepteurs (piétons, bâtiments) conditionnent également, et de façon très importante, l'efficacité des écrans. En fait, il en va exactement de même que pour la hauteur des écrans (obstacles) : plus la ligne d'ombre qui joint la source (le véhicule) au sommet de l'obstacle (écran) est relevée, et plus l'efficacité est importante. Ainsi, l'environnement, de même que le profil de la route (en déblai, en tranchée ouverte, en surface, en remblai ou encore en viaduc), vont beaucoup agir sur la propagation du bruit, voire même créer des obstacles « naturels ».

Sans écran, plus la route est surélevée, plus la zone qu'elle impacte est grande :

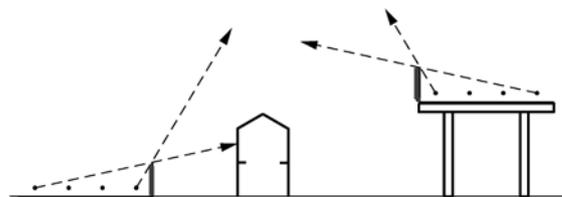
- ▶ les routes en déblai ou en tranchée (de profondeur moyenne, c'est-à-dire environ 5 à 7 m) apportent une faible protection sur les bâtiments qui n'ont pas de vue directe sur la chaussée;
- ▶ les maisons « en 1ère ligne » des routes circulées sont très exposées, cependant qu'elles protègent les maisons « en 2ème ou 3ème ligne » (ex. : les îlots Bruxellois); les écrans sur viaducs sont les plus efficaces;
- ▶ **les routes en viaduc ou en remblai non protégées sont donc les plus impactantes en zone urbaine.**

Avec écran, plus la route est surélevée, plus l'efficacité de l'écran (de même hauteur) est grande :

- ▶ placer des écrans en bord de routes en déblai est inefficace;
- ▶ placer des écrans en bord de tranchées ou au sommet de routes en déblai, lorsque cela est possible, peut être efficace, sauf pour les étages ayant vue directe sur la chaussée (même une vue partielle sur certaines des voies de circulation suffit à y rendre les écrans inefficaces);
- ▶ en ville, il est quasi impossible de placer des écrans, sauf pour protéger des espaces urbains (parcs, chemins pédestres), ou si les maisons à protéger sont suffisamment en recul par rapport à la route;
- ▶ **les écrans sur viaducs ou remblais sont les plus efficaces car ils remontent fort les zones d'ombre.**



*Sans écran, les viaducs urbains sont les plus bruyants*



*Avec écran, les viaducs urbains sont les moins bruyants*

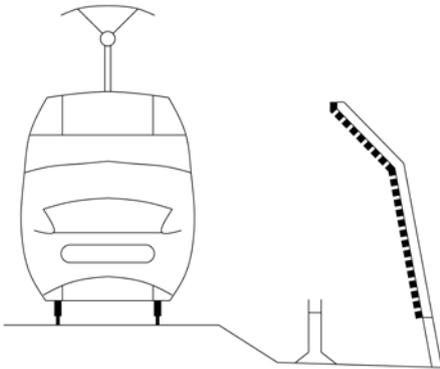
# LA FORME DES OBJETS

## LA FORME DE L'ÉCRAN

Le marché des écrans antibruit est très vaste, il est cependant facile de le subdiviser en grandes catégories (tout en se rappelant qu'ils peuvent être acoustiquement absorbants ou réfléchissants) :

- ▶ les écrans plats « fins » : verticaux ou inclinés (vers les véhicules ou vers l'environnement);
- ▶ les écrans non plats « fins » : courbés ou de forme particulière;
- ▶ les écrans « volumiques » : les écrans avec végétation, les murs de soutènement « en escaliers »;
- ▶ les écrans surmontés par des dispositifs « additionnels » destinés à agir sur la diffraction.

Souvent sur les **viaducs**, des écrans visuellement transparents sont préférés car ils réduisent leur impact visuel. Cependant, les écrans visuellement transparents sont malheureusement acoustiquement réfléchissants et, s'ils étaient disposés de façon verticale, ils apporteraient des réflexions multiples pouvant dégrader leur performance : des formes courbes sont utilisées.



Forme d'écran optimisée pour un train



Écrans transparents incurvés sur un viaduc

Les écrans de formes non plates peuvent aussi être conçus pour optimiser leurs performances, surtout lorsqu'ils sont placés **à proximité directe de véhicules tels que des trams ou des trains.**

Les écrans « volumiques » tels que les **écrans végétalisés**, ou les **murs de soutènement en escaliers** doivent être utilisés de façon très circonstanciée : en effet, leurs caractéristiques d'absorption acoustique sont souvent médiocres et leur végétation résiste souvent très mal à la proximité du trafic et de sa pollution.

Enfin, des **dispositifs additionnels** peuvent être rajoutés au sommet d'écrans antibruit. Il convient cependant de rester prudent quant aux performances de ces dispositifs, qui ne sont efficaces que sous la ligne d'ombre de l'écran, mais qui ne peuvent en rien justifier une réduction équivalente de hauteur si des maisons se retrouvent ainsi au-dessus la ligne d'ombre de l'écran.

## LES VÉHICULES

En circulation urbaine, plusieurs types de véhicules composent l'ensemble du trafic :

- ▶ les deux roues;
- ▶ les voitures privées;
- ▶ les camionnettes;
- ▶ les poids lourds : mono volumes, semi-remorques et remorques;
- ▶ les bus « simples », « doubles », voire « triples » articulés;
- ▶ les trams, etc.

Chaque type de véhicule présente soit un carénage (2 roues), soit une carrosserie plus ou moins continue et de différentes longueurs. Les ondes vont donc s'y réfléchir de façon différente suivant sa forme et sa longueur. Les ondes ainsi réfléchies vont être renvoyées vers l'écran et pouvoir interagir avec celui-ci de sorte que sa performance s'en trouve modifiée : ce sont les interactions entre les véhicules et les écrans.



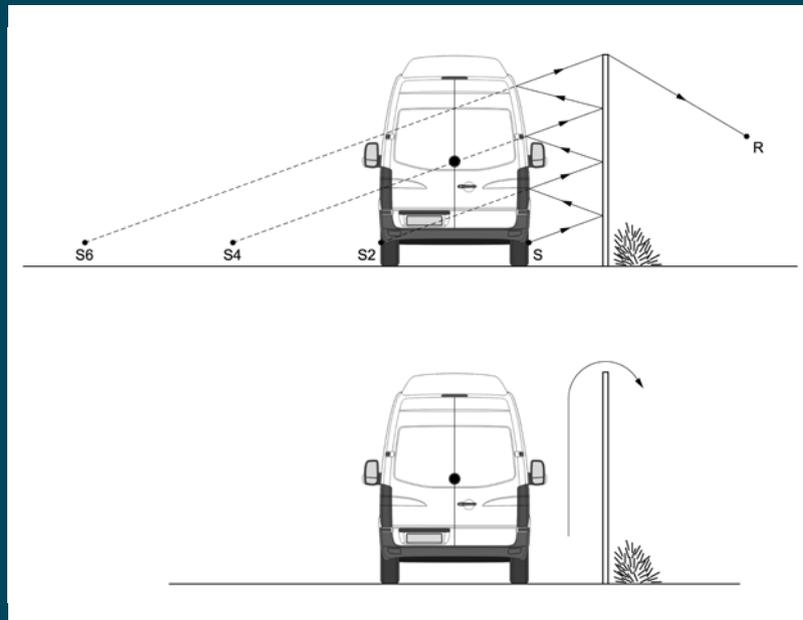
## INTERACTIONS ENTRE ÉCRANS ET VÉHICULES

Des réflexions multiples peuvent intervenir entre les écrans et les caisses des véhicules qui circulent à proximité. En effet, si les véhicules peuvent, en grandes lignes, être assimilés à des sources ponctuelles de bruit, ces véhicules correspondent en fait à de vrais volumes se déplaçant sur la route, volumes dont les parois (caisses des véhicules) sont aussi (acoustiquement) réfléchissantes. Se faisant, des interactions s'installent entre les écrans et les véhicules lorsque ceux-ci leur font face.

Ainsi, en « remontant » artificiellement la hauteur de la source de bruit, ces interactions vont réduire notablement l'effet protecteur que pourraient apporter les écrans réfléchissants.

Cet effet est d'autant plus prononcé que les véhicules sont hauts (rehausse fictive de la source de bruit) et longs (augmentation de la durée de l'effet). Malheureusement, les véhicules les plus hauts et les plus longs sont bel et bien les camions, c'est-à-dire les véhicules les plus bruyants dans la circulation.

L'utilisation d'écrans acoustiquement absorbants, ou des formes incurvées permettent de réduire cet effet.



*Interactions entre une camionnette et un écran (acoustiquement) réfléchissant (comme si la source de bruit était artificiellement remontée)*

## INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION

La végétation n'est guère efficace comme barrière antibruit.

Seule la plantation d'une végétation très dense permet d'obtenir une légère diminution du bruit. Le tableau ci-dessous montre également que les sons à fréquences plus élevées sont mieux absorbés que les sons à fréquences graves.

Fréquence moyenne de bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Absorption par 100 m de végétation dense (dB)	3	5	7	9	12	15

La gamme de fréquences du bruit du trafic est généralement comprise entre 500 et 1500 Hz. Dans ce cas, la réduction de bruit est de 7 à 10 dB par 100 m de végétation dense. Malheureusement, cela est donc impossible à mettre en œuvre en milieu urbain.

## LES BUTTES EN TERRE

Une butte en terre est moins efficace qu'un écran vertical pour deux raisons :

- ▶ la diffraction opérée en haut de la butte en terre est plus forte que celle mesurée en haut d'un écran vertical. La diffraction est la capacité d'une onde à contourner un obstacle. Ce phénomène survient lorsque la longueur d'onde du son est du même ordre de grandeur que les dimensions de l'obstacle. Pour une butte présentant un angle d'ouverture de 45° entre ses deux versants, l'atténuation est inférieure d'environ 2 dB(A) à celle obtenue avec un écran mince de même hauteur, en raison de la diffraction accrue;
- ▶ étant donné que le pied d'une butte en terre occupe davantage de place qu'un écran, le haut de la butte est inévitablement plus éloigné de la source et/ou du récepteur, de sorte que la protection acoustique est moins efficace.



## LES CARACTÉRISTIQUES/PERFORMANCES INTRINSÈQUES DES DISPOSITIFS

Les caractéristiques/performances dites « intrinsèques » sont les caractéristiques propres au produit lui-même (par différence avec sa mise en œuvre - longueur, hauteur, localisation qui ne sont pas propres au produit).

Suivant le type de dispositif, les caractéristiques (acoustiques) essentielles requises sont :

- ▶ pour les écrans antibruit : l'absorption acoustique (si le produit se prévaut d'être acoustiquement absorbant) et l'isolation acoustique;
- ▶ pour les revêtements de parois acoustiquement absorbants : l'absorption acoustique;
- ▶ pour les dispositifs additionnels placés en tête d'écrans : la performance à la diffraction acoustique.



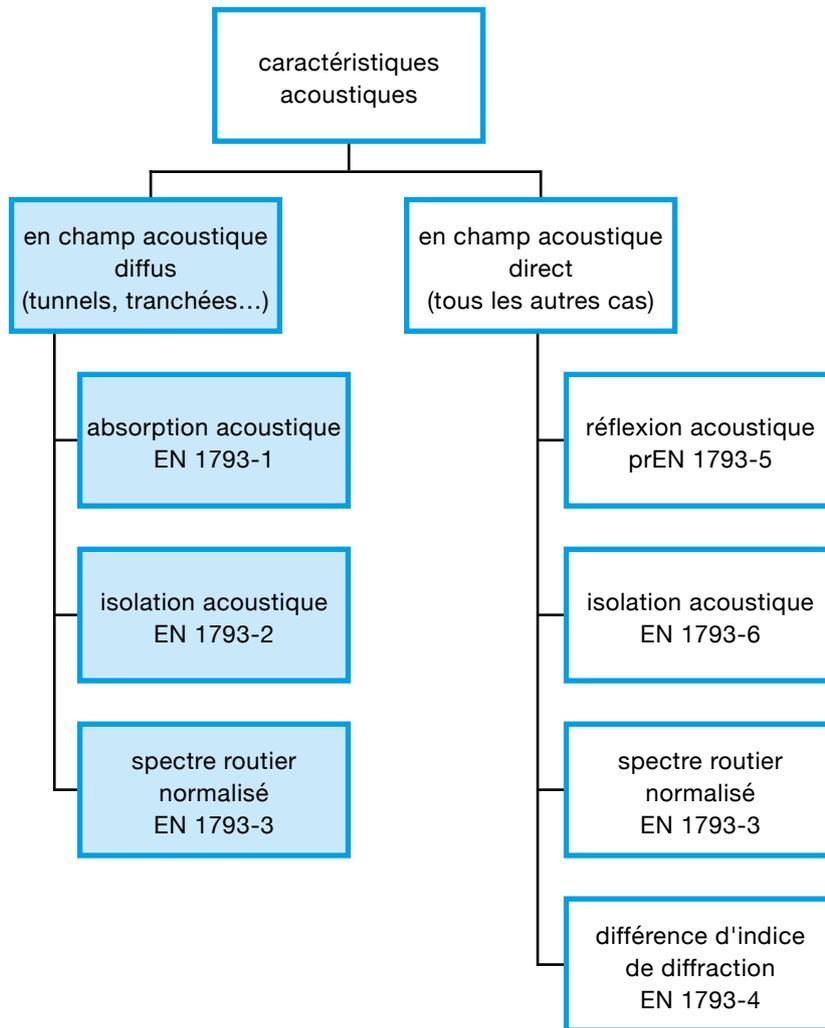
Les caractéristiques d'absorption/réflexion, de diffraction et d'isolation sont très importantes pour la performance finale des dispositifs antibruit : afin de comparer les différents produits distribués sur le marché européen, le Comité européen de Normalisation (CEN) a rédigé un ensemble de normes (EN) spécifiant les méthodes de mesures permettant la caractérisation objective des produits.

La norme produit est la norme NBN EN 14388.

La figure ci-contre en reprend la série NBN EN 1793 de normes support pour les caractéristiques acoustiques. D'autres normes telles que les séries NBN EN 1794 ou encore NBN EN 14389 réfèrent respectivement aux caractéristiques non acoustiques (principalement la stabilité, la sécurité et l'environnement) et à la durabilité : **toutes ces caractéristiques sont importantes à considérer lors de la conception de dispositifs antibruit.**

Il est fortement conseillé de **n'utiliser que des produits certifiés et dont les performances (garanties par le fournisseur sur base de rapports d'essais officiels) sont en adéquation avec l'application** retenue.

Les buttes en terre ou encore la végétation peuvent aussi être utilisées comme dispositifs antibruit, mais ceux-ci ne seront pas couverts par des certificats ou autres labels. On notera que la végétation n'est pas vraiment un bon dispositif antibruit.



Norme NBN EN 1793



# MATÉRIAUX ET SYSTÈMES UTILISÉS POUR RÉDUIRE LA PROPAGATION DU BRUIT DU TRAFIC

Il ressort de ce qui précède que les conditions de réalisation de l'écran antibruit (absorbant ou non, suffisamment lourd,...) sont essentielles, tout comme le choix de son matériau.

Une série de matériaux différents se prête à sa fabrication :

- ▶ Métal: aluminium ou acier (absorbant ou non absorbant)
- ▶ Béton (absorbant ou non absorbant)
- ▶ Bois (absorbant ou non absorbant)
- ▶ Verre (non absorbant uniquement)
- ▶ Plastique: transparent, comme le polycarbonate ou le polyméthacrylate de méthyle (non absorbant uniquement), ou opaque (absorbant ou non absorbant)
- ▶ Terre

Ces matériaux sont abordés en détail dans les pages suivantes.



## ÉCRANS EN BÉTON

Les écrans en béton peuvent se décliner dans beaucoup de formes et dimensions.

Les écrans en béton peuvent être dotés de propriétés absorbantes : on utilise à cet effet différents matériaux poreux (béton-bois, béton poreux, argex, etc.) cependant directement exposés aux intempéries et projections.

A même surface, les performances de ces matériaux poreux étant moindres que celles de produits en laine minérale, ils ont une surface développée plus grande, gaufrée ou striée. Les atouts de ces écrans incluent leur durée de vie élevée et leur entretien réduit (mais moins aisé). Le béton offre moins de possibilités en termes de couleur.

### AVANTAGES

- ▶ Matériau lourd, inerte et très résistant.
- ▶ Les éléments peuvent être autoportants.
- ▶ Exigent peu d'entretien.
- ▶ Assez bonne souplesse de forme.
- ▶ Traitement anti-graffitis facile pour les parties pleines (non absorbantes)

### INCONVÉNIENTS

- ▶ Pose lourde et remplacement moins aisé des éléments.
- ▶ Fragilité des éléments poreux permettant l'absorption.
- ▶ Performances d'absorption acoustique correctes.
- ▶ Entretien peu aisé des matériaux poreux (mais moins nécessaire).
- ▶ Coloris plus limités.
- ▶ Traitement anti-graffitis difficile sur les matériaux poreux (absorbants).



*Écran en béton à motif strié pour une meilleure absorption du bruit*

## ÉCRANS MÉTALLIQUES

Les écrans métalliques comportent généralement des caissons remplis de laine minérale : ces caissons sont fabriqués soit en acier galvanisé plié, soit en aluminium de qualité mis en forme. Les caissons sont intégrés ou superposés entre deux poteaux support. Ces caissons peuvent être perforés sur une face (orientée côté route), ou sur les deux (écrans centraux). Cette perforation, complétée par une laine minérale appropriée à l'intérieur, confère à ces écrans métalliques des caractéristiques d'absorption acoustique de haut niveau.

Correctement protégés contre la corrosion, les écrans métalliques ont une durée de vie de 30 ans et plus, moyennant un entretien suffisant. Les versions absorbantes se caractérisent par une excellente capacité d'absorption acoustique.

Les écrans métalliques peuvent être réalisés dans n'importe quelle couleur.



### AVANTAGES

- ▶ Matériau léger, solide et résistant.
- ▶ Facilité de pose et de remplacement par éléments modulaires d'un poids raisonnable.
- ▶ Performances d'absorption acoustique de haut niveau.
- ▶ Facilité d'entretien (ex. : nettoyeur à haute pression).
- ▶ Souplesse de forme.
- ▶ Quasi infinité de coloris.
- ▶ Traitement anti-graffitis facile.

### INCONVÉNIENTS

- ▶ Doivent être traités contre la corrosion :
  - les aciers nécessitent un traitement de type galvanisation pour les éléments pleins (caissons) : ce traitement est efficace;
  - cependant, les tôles perforées en acier, même galvanisées sont à proscrire car la perforation accentue la sensibilité à la corrosion ;
- ▶ Les laines minérales requièrent des précautions afin d'être durables (ventilation, protection contre l'humidité, évacuation des eaux).

## ÉCRANS TRANSPARENTS

Les écrans transparents peuvent être réalisés en verre ou en matière plastique transparente (du polycarbonate ou du polyméthacrylate de méthyle (PMMA)). Le verre présente l'avantage d'être plus résistant aux rayons ultraviolets (U.V. : exposition au soleil) ainsi qu'aux rayures, alors que les matériaux plastiques sont moins fragiles.

Les écrans transparents offrent l'avantage majeur de ne pas entraver le champ de vision des riverains et des usagers. En principe, les écrans transparents sont donc plutôt réservés à une utilisation en milieu urbain (voir photo du bas). L'écran doit cependant conserver ses qualités de transparence : celles-ci peuvent être amoindries par la saleté, la poussière, la condensation ou les graffitis. Les écrans transparents ne sont pas absorbants et leurs performances à réduire le bruit sont par conséquent inférieures à celles des écrans absorbants. Les écrans transparents nécessitent l'intégration des systèmes de protection en cas de chocs (vandalisme ou projection de pierres).

Le bord inférieur d'un écran transparent est généralement réalisé dans un autre matériau (métal, béton, bois).

### AVANTAGES

- ▶ N'obstruent pas (ou de façon moins importante) le champ de vision des riverains et permettent aussi aux passagers de s'orienter ou d'apprécier le paysage.
- ▶ Peuvent présenter différentes teintes dans la masse.
- ▶ Assez faciles d'entretien.

### INCONVÉNIENTS

- ▶ Nécessitent l'intégration des systèmes de protection en cas de chocs (vandalisme ou projection de pierres).
- ▶ Acoustiquement réfléchissants.
- ▶ Les écrans en plastique peuvent être inflammables.
- ▶ Deviennent sales sous l'effet de la poussière et de la pluie (mais facilement lavables).



*Écran antibruit en plastique (PMMA) armé*

## ÉCRANS EN PLASTIQUE OPAQUES

Les écrans en plastique non visuellement transparents constituent une alternative aux écrans métalliques : ils sont souvent construits suivant les mêmes principes (caissons, laine minérale, face avant perforée).

Ces écrans se composent donc d'éléments en PVC perforé incluant une couche de laine de roche qui leur confère alors de très bonnes performances d'absorption acoustique, similaires aux écrans métalliques ou encore aux écrans en bois.

Ce système offre une bonne flexibilité au niveau des couleurs.

Ils présentent l'avantage de pouvoir être fabriqués à partir de plastique recyclé et d'être eux-mêmes recyclables.



Écran absorbant en PVC

### AVANTAGES

- ▶ Matériau léger, solide et résistant.
- ▶ Facilité de pose et de remplacement par éléments modulaires d'un poids raisonnable.
- ▶ Performances d'absorption acoustique de haut niveau.
- ▶ Facilité d'entretien (ex. : nettoyeur à haute pression).
- ▶ Souplesse de forme.
- ▶ Choix de coloris.
- ▶ Traitement anti-graffitis possible.
- ▶ Peuvent être fabriqués à partir de plastique recyclé et sont eux-mêmes recyclables.

### INCONVÉNIENTS

- ▶ La fabrication du PVC requiert l'utilisation de produits chimiques toxiques.
- ▶ Les écrans en plastique peuvent être inflammables

### AVANTAGES

- Possibilité de créer un ensemble très esthétique, qui s'intègre aisément dans le paysage naturel.
- La longévité est déterminée par le matériau de base et peut donc être élevée. La durée de vie peut être supérieure à 30 ans dans le cas d'écrans en béton.
- Un écran végétalisé peut également offrir une valeur ajoutée écologique, car des petits animaux (araignées, insectes, etc.) viennent s'y installer.

### INCONVÉNIENTS

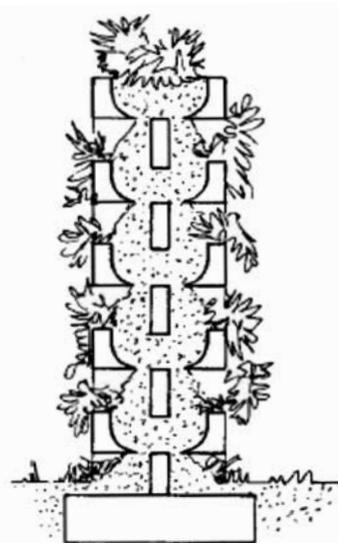
- Exigent généralement beaucoup de soins et d'entretien. Les entretiens sont souvent fréquents les premières années, mais un seul entretien par an suffit habituellement une fois que la végétation a terminé sa croissance.
- La terre peut être lessivée par les pluies ou devenir très sèche, ce qui provoque la mort de la végétation. Un système d'irrigation peut contribuer à résoudre le problème, mais augmente les coûts.
- Sans recours à des matériaux adéquats, les écrans végétalisés ne sont pas acoustiquement absorbants : la végétation, même lorsqu'elle existe en densité et qualité suffisante, n'est pas un matériau acoustiquement absorbant.
- La terre est un matériau « vivant » : si elle est utilisée à des fins d'isolation acoustique, des défauts peuvent apparaître lorsque la terre se tasse.

## ÉCRANS VÉGÉTALISÉS

Les écrans antibruit végétalisés sont généralement réalisés en bacs superposés (différents matériaux sont possibles : béton, plastique, bois, métal, gabions), et sont ensuite remplis de terre. Des plantes sont semées dans cette terre et recouvrent progressivement l'ensemble de la construction. On obtient ainsi une barrière antibruit très « naturelle ». Le rôle de la végétation est purement esthétique : l'absence ou la présence de plantes n'a guère d'influence sur le plan acoustique. Ce type d'écran antibruit s'intègre de façon plus harmonieuse dans le paysage, ce qui constitue un atout majeur. Les coûts d'entretien d'un tel écran sont généralement élevés (tailler les plantes, remplacer les sujets qui ont dépéri, etc.) et il est nécessaire de les irriguer. En guise d'alternative à un écran où les plantes poussent « à l'intérieur » (la terre se trouve donc dans l'écran même), on peut envisager de faire croître la végétation « contre » l'écran. On utilise souvent du lierre à cet effet, que l'on fait par exemple grimper le long d'un écran en béton présentant une texture brute, afin de donner une meilleure « prise » à la plante.



Écran antibruit composé de bacs en béton superposés



## BUTTES EN TERRE

L'aménagement d'une butte en terre en guise d'écran antibruit peut être une solution séduisante et peu coûteuse si l'on dispose de grandes quantités de terre excédentaire à proximité. Il faut cependant un espace suffisant pour l'assise de la butte, ce qui est loin d'être évident en milieu urbain. Une butte en terre dépourvue de renforcement doit avoir une pente maximale de 45°, de sorte que sa largeur doit au moins être égale au double de sa hauteur. Si l'on prévoit un renforcement utilisant des éléments en métal, en plastique ou en béton, la pente de la butte peut avoir une inclinaison plus forte sans risque de glissement de terrain, mais les coûts sont également plus importants.



*Butte en terre servant d'écran antibruit*

Lien entre la hauteur et la largeur de la base des buttes en terre			
Hauteur (m)	Largeur de la base (m) si la pente = 60°	Largeur de la base (m) si la pente = 45°	Largeur de la base (m) si la pente = 30°
3	3,5	6,0	10,4
4	4,6	8,0	13,9
5	5,8	10,0	17,3

### AVANTAGES

- ▶ Solution peu coûteuse si l'on dispose de grandes quantités de terre excédentaire dans les environs.
- ▶ Aspect « naturel », à plus forte raison si la butte est tapissée de plantes.
- ▶ Extrêmement durable : la durée de vie est « illimitée ».
- ▶ Insensibles aux graffiti.

### INCONVÉNIENTS

- ▶ Exigent beaucoup plus de place qu'un écran « mince » ordinaire. Il est toutefois possible de réduire l'espace nécessaire en aménageant une butte dont l'un des deux versants est renforcé, ce qui permet de réaliser une pente dont l'angle est supérieur à 45°.
- ▶ La protection acoustique est moins efficace que celle d'un écran mince de même hauteur.
- ▶ Exigent un entretien relativement important (tailler, faucher).
- ▶ Obstruent le champ de vision des riverains et des usagers.

## ÉCRANS EN BOIS

Les écrans antibruit peuvent également être réalisés en bois.

À cet effet, on utilisait il y a quelques années du bois dur tropical. Ces bois sont devenus très coûteux et mal considérés dans le développement durable.

On leur préfère maintenant des bois indigènes. Ces bois sont beaucoup moins denses et moins durs. Ils sont même fort poreux et nécessitent un traitement afin de les rendre imputrescibles, vu leur forte exposition aux intempéries et aux projections des routes (ex. : sels de déneigement).

Ce traitement des bois indigènes utilise cependant des produits chimiques extrêmement toxiques.

Malgré le traitement, la durée de vie de ces écrans en bois demeure assez limitée.

Il faut toutefois admettre qu'un écran en bois présente un caractère « chaud » et « naturel » que les écrans en béton ou en métal ne possèdent pas.

### AVANTAGES

- ▶ Matériau « vivant ».
- ▶ Apparence « naturelle » et « chaude », généralement bien intégrée et appréciée.
- ▶ Performances d'absorption acoustique de haut niveau en utilisant des laines minérales correctement protégées (similaires aux écrans métalliques).

### INCONVÉNIENTS

- ▶ Sensibilité des bois indigènes aux champignons, au soleil et à la température : un traitement est alors nécessaire. Ce traitement est malheureusement à base de produits toxiques.
- ▶ Quasiment pas de palette de couleurs, les bois se ternissent avec le temps.
- ▶ Matériau « vivant » (craquelures, mouvement des éléments, certaines chutes de pièces possibles si non anticipées).



*Écran antibruit réalisé en bois*

## TABLEAU RÉCAPITULATIF

Type	Métal				Béton		Bois		Matériaux transparents			Écrans végétalisés	Buttes en terre/talus
	acier		alu		A	R	A	R	verre	PC	PMMA		
	A	R	A	R									
Modularité	++	++	++	++	+	+	++	++	++	++	++	=	PA
Légèreté	+	+	++	++	--	--	=	=	-	+	+	--	PA
Flexibilité (forme)	+	+	+	+	+	+	=	=	=	+	+	PA	=
Flexibilité (couleur)	++	++	++	++	+	+	-	-	=	+	+	PA	PA
Espace nécessaire	+	+	+	+	+/=	+/=	+/=	+/=	+	+	+	--	--
Résistance au vol	=	=	-	-	++	++	=	=	+	=	=	++	PA
Fragilité	=	+	=	=	-	++	-	=	--	+	+	=	PA
Possibilités antigriffitis	+	++	+	++	--	++	--	--	=	=	=	=	PA
Facilité des entretiens	++	++	++	++	--	++	--	--	++	+	+	--	--

### Légende

- A** Dispositif acoustiquement absorbant
- R** Dispositif acoustiquement réfléchissants
- PC** Ecran en polycarbonate
- PMMA** Polycarbonate ou Polyméthacrylate de méthyle
- PA** Critère non-applicable à ce type d'écran
- + / ++** Le type d'écran apporte une réponse favorable au critère
- =** Le type d'écran est neutre par rapport au critère
- / --** Le type d'écran apporte une réponse défavorable au critère



# INTÉGRATION DES ÉCRANS ANTIBRUIT



## INTÉGRATION PAYSAGÈRE

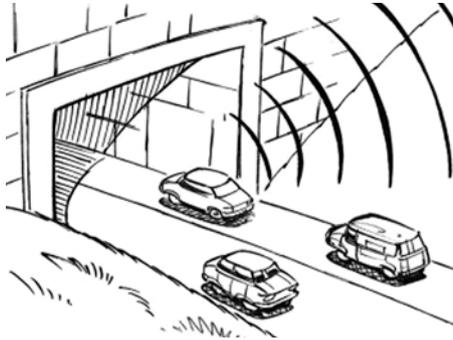
Parallèlement aux qualités acoustiques et techniques que doivent présenter les écrans antibruit, un troisième aspect revêt une importance non négligeable, à savoir l'esthétique. Lors de la conception d'écrans antibruit, il faut éviter l'installation d'une construction dérangeante dans le paysage. Pour obtenir une construction esthétiquement judicieuse, il faut tenter de l'intégrer au mieux dans le paysage ou bien de souligner sa présence en jouant sur l'effet de contrastes, afin de créer un tout harmonieux.

Le concepteur d'un écran antibruit dispose de quatre paramètres : couleur, texture, forme et éléments secondaires, tels que plantations, ornements, etc.

Les plantations servent souvent à dissimuler, ou tout au moins « adoucir », un écran antibruit - en béton, par exemple - qui semble « dur » et « froid ». Cette forme d'intégration « naturelle » est plutôt retenue lorsqu'il faut installer un écran antibruit dans un environnement champêtre.

En milieu urbain, il est possible d'intégrer l'écran en lui donnant par exemple une couleur et une texture identiques à celles des bâtiments avoisinants.





Tunnel aux parois réfléchissantes

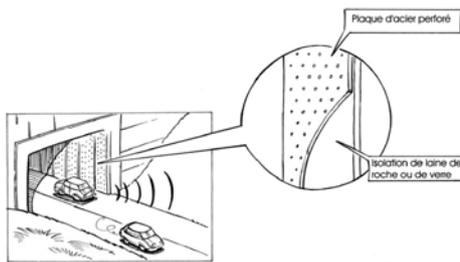
## COUVERTURE D'UN AXE ROUTIER OU TUNNEL

Une solution radicale – mais aussi coûteuse – pour réduire le bruit du trafic peut consister à recouvrir entièrement la route. On peut opter pour une couverture « légère » meilleur marché ou pour une couverture « lourde » plus coûteuse. Dans le premier cas, la construction sert uniquement à retenir le bruit, dans le deuxième, il est possible d'aménager des routes et des parcs, ou encore de construire des bâtiments au-dessus de l'ouvrage.

Cependant, un problème spécifique peut se poser aux bouches d'accès d'un tunnel (entrée et sortie) : le bruit des véhicules se répercute en effet contre les parois et le plafond du tunnel, ce qui augmente considérablement le niveau de bruit.

cette « réverbération » dans le tunnel a deux conséquences :

- ▶ un niveau de bruit plus élevé aux extrémités;
- ▶ mais aussi la persistance (temporelle) du niveau de bruit aux extrémités de chacun des véhicules progressant dans le tunnel.



Tunnel aux parois absorbantes

La pose de matériaux absorbants au niveau des parois du tunnel et au plafond, sur une distance de plusieurs dizaines de mètres à partir de la bouche du tunnel, permet de réduire ce type de nuisance sonore. Les parois de la tranchée partant de ou menant à la bouche du tunnel doivent également être recouvertes de matériaux absorbants.

Dans la pratique, on a souvent recours à de l'acier ou de l'aluminium perforé comprenant une couche d'isolation en laine minérale.



## BRUIT RAYONNÉ AUX ABORDS DES BOUCHES D'ACCÈS D'UN TUNNEL

Avec « deux fois deux » parois parallèles (les deux murs latéraux, et le sol et le plafond) généralement (acoustiquement) réfléchissantes, les tunnels sont très « réverbérants » : les ondes qui y sont émises ne peuvent que s'y réfléchir, sans se dissiper.

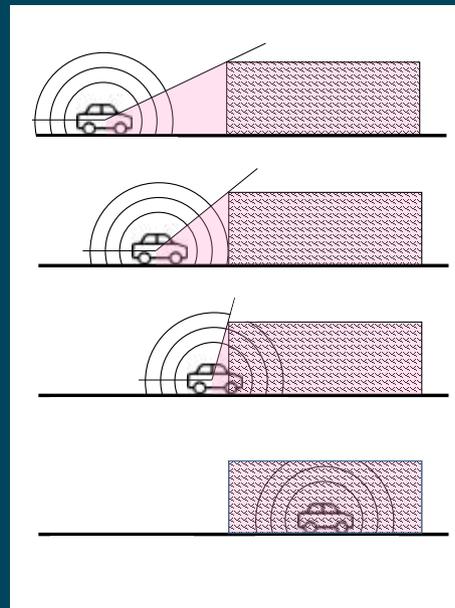
Ainsi, lors de la progression d'un véhicule isolé :

- ▶ lorsque le véhicule est suffisamment loin du tunnel, la quasi-totalité de l'énergie acoustique qu'il rayonne ne rentre pas dans le tunnel;
- ▶ à l'approche du tunnel, le véhicule va progressivement rayonner une partie de plus en plus grande d'énergie vers l'intérieur du tunnel, et de moins en moins grande vers l'extérieur, jusqu'au moment où il se trouvera complètement dans le tunnel;
- ▶ à ce moment, à l'exception des extrémités ouvertes du tunnel, le véhicule se retrouvera « enfermé » dans un espace où le bruit se réfléchira « à l'infini » (réflexions multiples, comme pour un local équipé sur chacune de ses faces par un miroir) : **cet effet persiste tant que le véhicule se trouve dans le tunnel.**

**Lorsque le trafic est important**, la persistance du niveau de bruit à la bouche du tunnel de chaque véhicule vient s'ajouter au bruit de tous les autres, mais l'effet du tunnel reste en partie masqué par le trafic en dehors du tunnel.

**Par contre, lorsque les véhicules sont beaucoup plus espacés**, la persistance du niveau de bruit peut être beaucoup plus gênante. Ainsi, si les véhicules étaient distants de la longueur du tunnel, l'effet de persistance pourrait être que l'on entende le bruit de façon quasi permanente.

**Cet effet de persistance du bruit est donc surtout gênant la nuit** car il pourrait provoquer des changements de phases de sommeil pouvant même aller jusqu'au réveil (le meilleur exemple est le passage d'une moto bruyante, la nuit, dans un tunnel de 300 m de long par exemple).





# MISE EN ŒUVRE



## INSTALLATION D'ÉCRANS ANTI-BRUIT

À l'exception des buttes en terre, pratiquement tous les écrans en métal, en béton, en bois, en verre ou en plastique sont construits à partir d'éléments préfabriqués. Une méthode fréquemment utilisée consiste à placer d'abord des profilés en H verticaux, en acier peint ou galvanisé, sur des fondations adéquates. Les profilés sont parfaitement verticaux et séparés les uns des autres par une distance bien définie. À l'aide d'une grue, on fait ensuite glisser les éléments préfabriqués entre les encoches des profilés en H. Ce principe de montage est représenté ci-dessous.



*Montage d'éléments d'écrans préfabriqués, entre deux profilés en H verticaux*

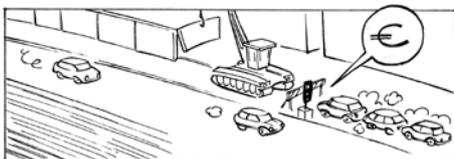
Ce principe est aussi souvent appliqué aux écrans en béton, mais ces derniers peuvent également présenter une conception autoportante, qui ne nécessite pas de profilés de soutien. Les écrans couverts de verdure se composent parfois de bacs en béton empilés, sans éléments de soutien.

### EXTRÉMITÉS DES ÉCRANS ANTI-BRUIT

Il convient de prêter une attention particulière aux extrémités d'un écran antibruit. Il n'est généralement guère esthétique d'interrompre brutalement un écran antibruit. Plusieurs solutions sont envisageables : « réduire » progressivement la hauteur de l'écran antibruit et le fondre ainsi dans le paysage. Cette réduction peut prendre la forme d'un escalier ou d'une pente

Une autre possibilité consiste à camoufler l'extrémité de l'écran, à l'aide de végétation par exemple.

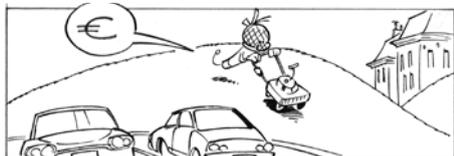
Dans un certain nombre de cas, on décide néanmoins d'interrompre brutalement l'écran, précisément pour souligner son caractère « contemporain ».



## COÛT D'UN ÉCRAN ANTI-BRUIT

Le coût réel d'un écran antibruit inclut tous les coûts suivants :

- ▶ conception, matériau et installation;
- ▶ entretien;
- ▶ transformation au terme de sa durée de vie.

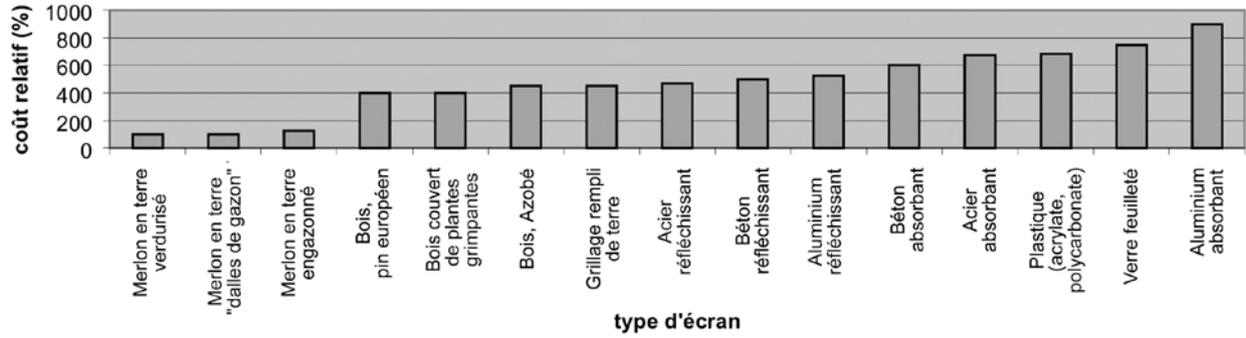


Une multitude de facteurs influence ce prix, de sorte qu'il est impossible de donner un prix unitaire précis pour un type de matériau donné. Le prix de l'écran par m<sup>2</sup> variera donc d'un projet à l'autre et sera notamment conditionné par les facteurs suivants

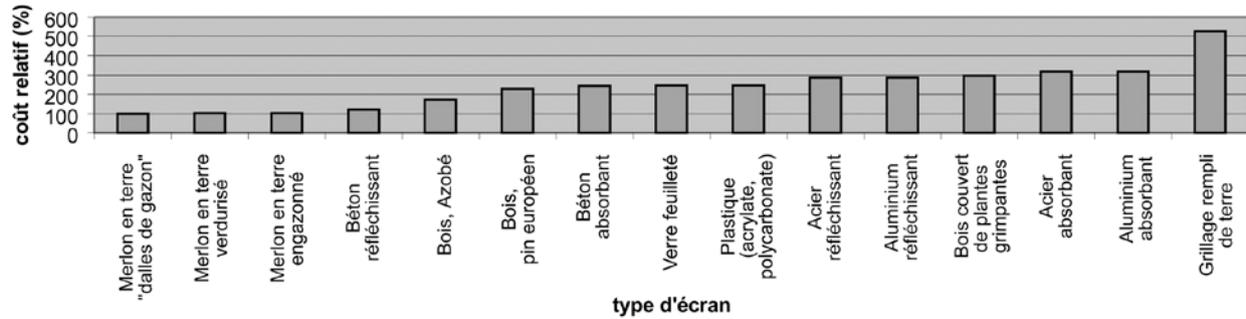
- ▶ épaisseur, hauteur et longueur de l'écran;
- ▶ dimensions des fondations requises;
- ▶ capacité de résistance au vent exigée;
- ▶ sécurité (espaces dégagés, viaducs, remblais, tunnels, proximité d'autres voies, etc.);
- ▶ espace disponible et accessibilité du chantier (pour l'installation et l'entretien des écrans);
- ▶ signalisation requise (pour l'installation et l'entretien des écrans);
- ▶ accessibilité de la terre (pour les buttes en terre).



Coût approximatif de l'installation par m<sup>2</sup>



Coût d'entretien annuel approximatif de l'installation par m<sup>2</sup>



## RÉFÉRENCES

- NBN EN 14388 Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier · Spécifications
- NBN EN 1793-1 à 6 Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique
- NBN EN 1793-6 Valeurs in situ d' isolation aux bruits aériens dans des conditions de champ acoustique direct
- NBN EN 1794-1 à 3 Performances non acoustiques
- NBN EN 1794-2 Performances non acoustiques
- NBN EN 1794-3 Comportement au feu des dispositifs de réduction du bruit et classification
- NBN EN 14389-1 et 2 Méthodes d'évaluation des performances à long terme





**Pour plus d'informations :**

Rédaction : ARIES consultants & CRR (édition 2004) - A-Tech (édition 2018)

Comité de lecture : J.-L. Simons, F. Saelmackers, E. Monami-Michaux & V. Thibert

Dépôt légal : D/5762/2017/20

Crédits photographiques : Bruxelles Environnement, A-Tech, Thinkstock

Éditeurs responsables : F. Fontaine & B. Dewulf · Avenue du Port 86C/3000 · B-1000 Bruxelles

Imprimé avec de l'encre végétale sur papier recyclé.