

# Dispositifs mixtes : murs verticaux et buttes de terre

6.5

Tous dispositifs apparentés aux buttes de terre, terre armée, ou dispositifs mixtes « terre + écrans » constitueront des protections contre le bruit acceptables si elles ne comportent pas de « fentes » ni de « trous » susceptibles de laisser passer le bruit.

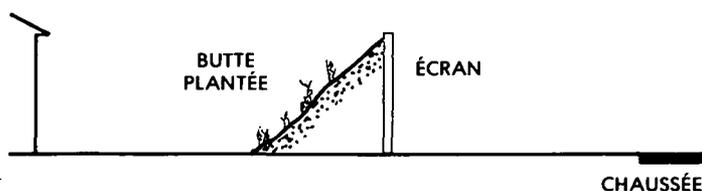
Ces dispositifs seront, en tout point d'une hauteur au moins égale à celle définie par les calculs d'efficacité acoustique, en adoptant les règles de dimensionnement définis pour les murs verticaux.

Comme pour les buttes de terre ou les écrans, on veillera à ne pas prévoir d'interruptions sans recouvrement.

A titre indicatif, les quelques schémas types suivant peuvent suggérer à l'imagination des futurs concepteurs, quelques protections possibles.

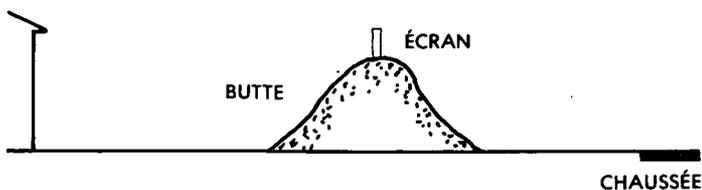
Ces solutions ne sont pas exhaustives, loin s'en faut. C'est l'idée de principe qui est schématisée. Le Maître d'Œuvre pourra éventuellement s'en inspirer pour créer une butte adaptée au problème auquel il est confronté :

## 1) Butte côté riverain, écran côté route



Un tel dispositif diminue l'emprise du sol de la protection et permet de bénéficier des avantages paysagers de la butte, côté riverain.

## 2) Butte surmontée d'un écran

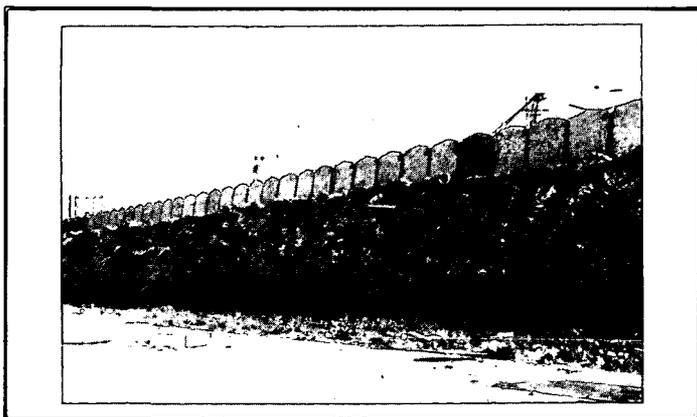


Cette solution permet :

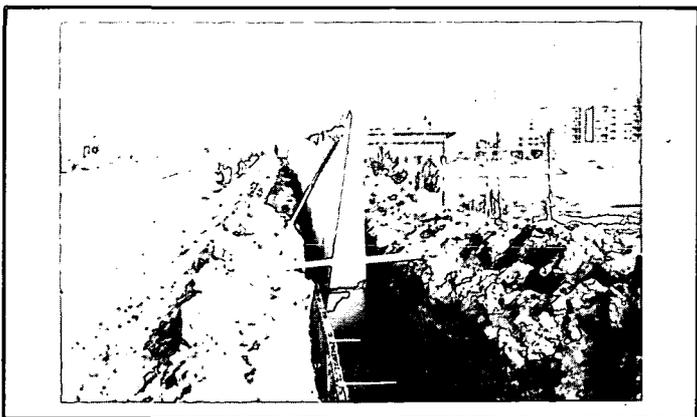
- de réduire l'emprise au sol, à hauteur de protection égale, par rapport à la simple butte de terre.
- d'éviter une grande partie des réflexions, en face de l'écran,
- de bénéficier des avantages esthétiques de la butte de terre.

Elle pose cependant des problèmes difficiles de fondation de l'écran dans la butte de terre, dont la solution peut conduire à des aménagements coûteux.

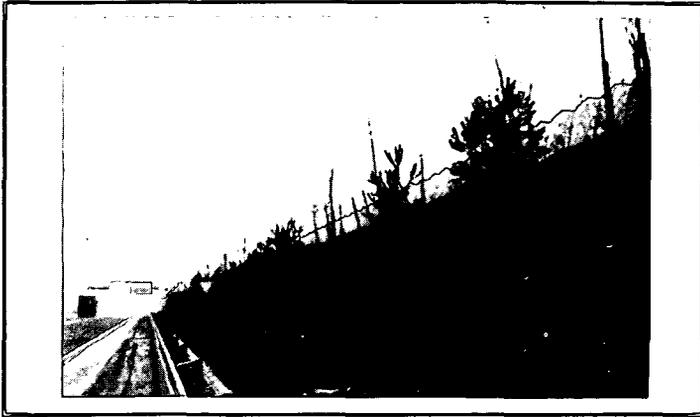
Des buttes surmontées d'écrans ont déjà été réalisées, comme le long de l'autoroute A86 à Asnières-Gennevilliers.



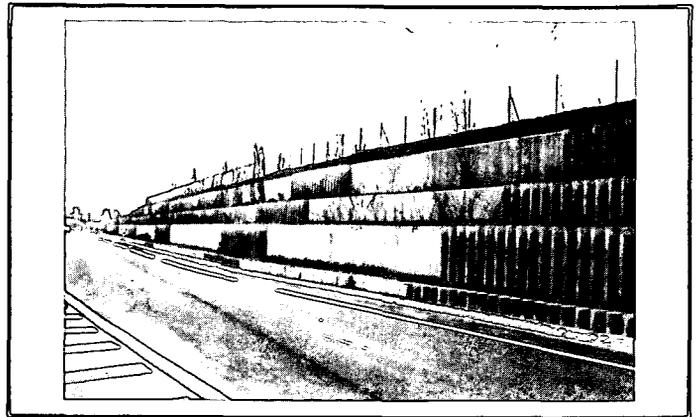
Butte de terre surmontée d'un écran le long de l'autoroute A86 à GENNEVILLIERS.



Mais ces solutions conduisent à mettre en œuvre des techniques délicates, notamment pour l'ancrage de l'écran dans une terre rapportée.

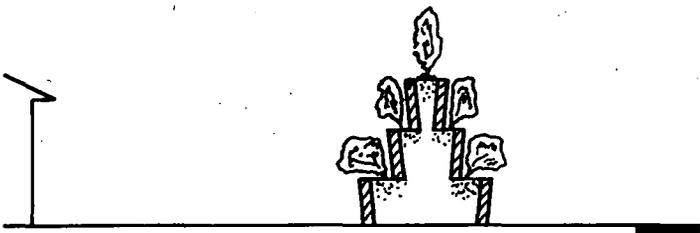


Elles permettent néanmoins de réaliser des protections de grande hauteur (ici 7 m par rapport à la chaussée), très efficaces, et riches pour l'aménagement esthétique.



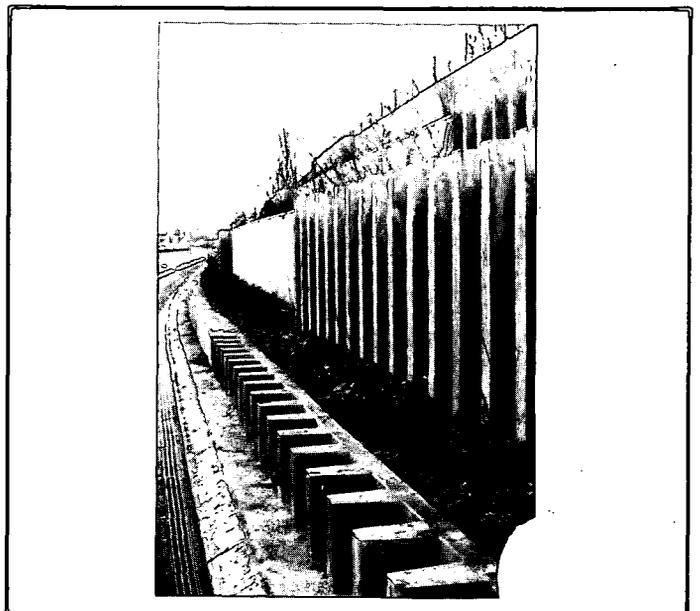
Cet écran (Haut Rhin) allie la technique de l'écran et celui de la butte. On distingue la séparation du domaine public en haut de la butte.

### 3) Ecrans paysagers

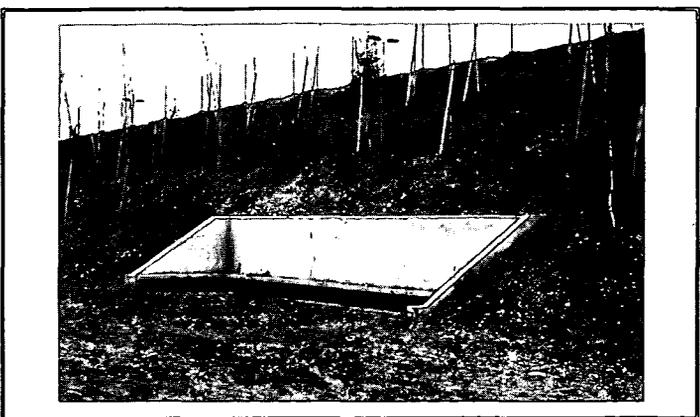


Un tel dispositif permet également de réduire l'emprise au sol tout en permettant de réaliser des plantations.

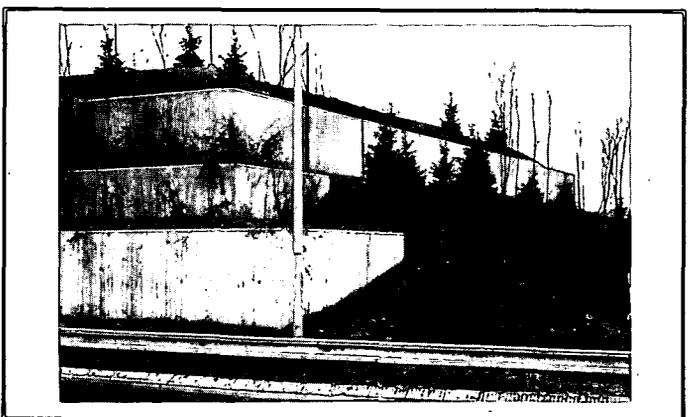
De telles buttes ont été réalisées dans le Haut-Rhin, qui sont présentées sur les photos ci-contre.



Cette technique permet d'intégrer les plantations dans l'écran.



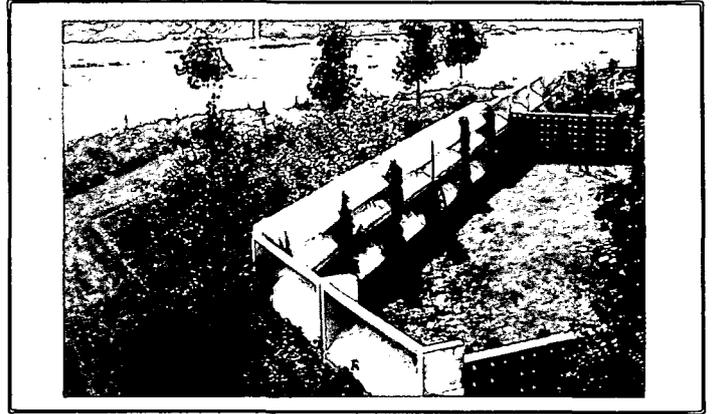
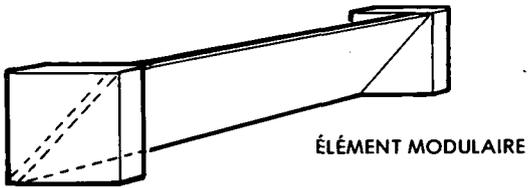
Aménagement d'un banc à l'intérieur de la butte de terre. La protection est un lieu qui peut être vécu par les Riverains.



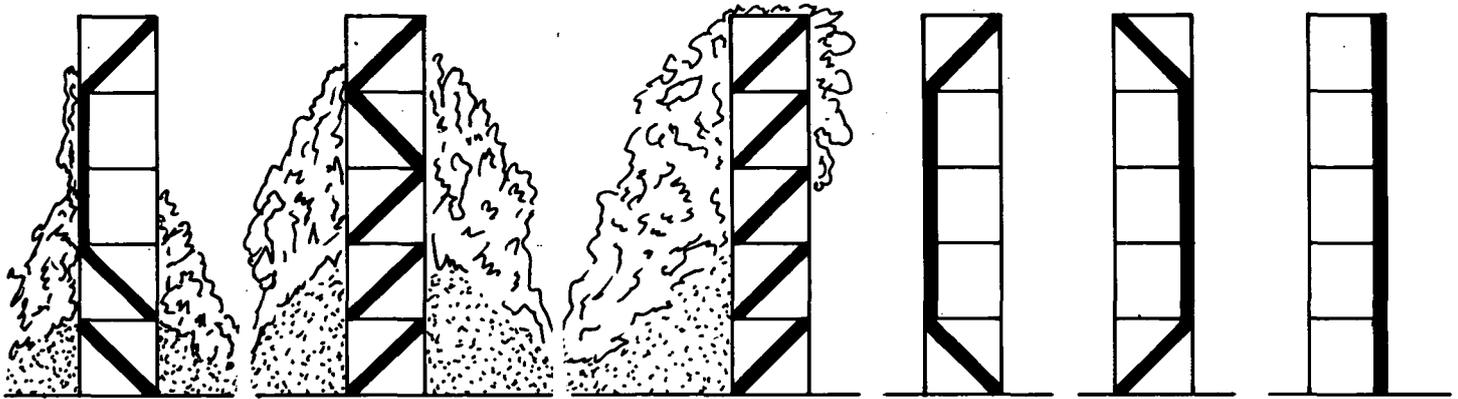
On peut tirer un parti esthétique d'une telle solution.

#### 4) Ecrans modulaires préfabriqués

Une solution peut être développée à partir d'éléments modulaires préfabriqués qui peuvent être assemblés de façons diverses :



Ecran modulaire mis en place dans la Ville Nouvelle du Vaudreuil.



DESSIN D'ÉCRANS

(MATI - Architecte)

Ces éléments peuvent être empilés de façon variée et permettant de changer l'aspect visuel de l'écran.

De tels écrans ont été mis en place dans la ville nouvelle du Vaudreuil.

# Utilisation des végétaux

## 6.6

---

### 6.6.1 Efficacité acoustique

L'atténuation acoustique apportée par la végétation est souvent négligeable. Il est couramment admis qu'il faut 10 m de végétation dense à tous les étages pour atténuer de 1 dB (A) le niveau sonore.

Des études menées au Centre National de Recherches Forestières (1) ont montré que les nombreux résultats qui existent sur ce sujet sont souvent contradictoires. Cependant, il n'est pas exclu qu'une bande boisée puisse provoquer des atténuations intéressantes : 5 à 10 dB (A) si elle est spécialement conçue pour faire écran contre le bruit.

La combinaison d'écrans végétaux, d'écrans inertes (murs ou talus) et de l'aménagement du sol peut donc ouvrir des voies de recherche prometteuses dans l'avenir. De telles solutions, si elles étaient mises au point auraient le mérite d'ajouter à l'efficacité acoustique la possibilité d'un aménagement esthétique.

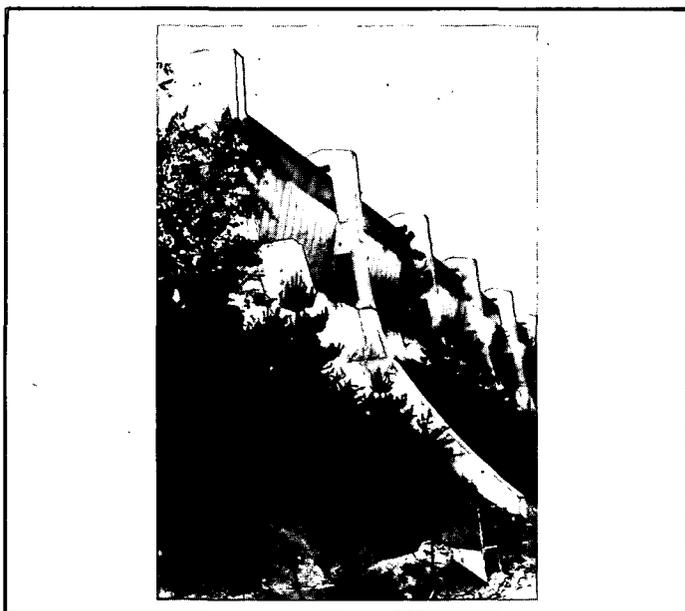
### 6.6.2 Aspect esthétique

L'impact immédiat de la végétation se situe bien au niveau de l'esthétique.

En ce sens, une implantation améliorera souvent l'aspect d'une protection classique (écran ou talus). Elle constitue un complément souvent intéressant, parfois même indispensable à une protection qui amène, elle, l'efficacité acoustique souhaitée.

Prévue dès la conception de l'ouvrage, elle peut y être intégrée, comme le montre l'exemple de la barrière paysagère Est de l'Hay-les-Roses, le long des autoroutes A6 et B6.

D'autres exemples plus modestes montrent comment une plantation peut agrémenter l'aspect d'une protection pour le riverain. L'ensemble écran et plantation peut être traité comme un lieu réservé aux loisirs ou aux jeux.



Plantations intégrées dans l'écran.

---

(1) Revue forestière française - novembre-décembre 1975:

AGREMENT OU  
RECEPTION

DES MURS  
VERTICAUX  
OU BUTTES DE TERRE

**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES  
AUX  
ÉCRANS  
VERTICAUX  
ET BUTTES DE TERRE**



A ce jour, le peu d'expérience en la matière n'a pas permis d'approfondir le problème du contrôle de réception des matériaux ou des dispositifs formant écran.

D'une façon générale, les procédures d'agrément ou de réception habituelles s'appliquent, en s'adaptant aux caractères particuliers des protections acoustiques.

Deux aspects particuliers peuvent cependant donner

lieu à des indications détaillées en matière d'agrément ou de réception :

- les aspects relatifs à l'efficacité acoustique des écrans contre le bruit,
- les aspects relatifs à la sécurité.

Ces problèmes constituent l'objet principal du présent paragraphe. Dans l'avenir, si l'avancement de l'expérience ou des connaissances le permet, les présentes indications pourront être revues et complétées.

# Agrément et réception acoustiques

## 7.1

---

### 7.1.1 Procédure générale

Il n'existe pas de procédure d'homologation des ouvrages de protection contre le bruit en ce qui concerne leurs qualités acoustiques. La mise au point d'une telle procédure n'est pas envisagée actuellement.

En effet, les sites sur lesquels sont implantés les écrans ont des caractéristiques acoustiques très variables. Chaque site constitue un cas d'espèces qu'il convient d'analyser de façon spécifique et pour lequel l'objectif final de réduction du bruit est particulier. L'atténuation que doit apporter l'écran est donc essentiellement liée au site dans lequel il s'insère.

Il s'ensuit que les qualités des écrans contre le bruit doivent être adaptées à l'objectif acoustique recherché, ce qui peut conduire à admettre sur certains sites peu exposés des dispositifs qui ne seraient pas acceptés dans d'autres sites plus exposés.

En outre, les qualités esthétiques des écrans dépendent beaucoup des conditions locales d'implantation. Cet élément s'est révélé extrêmement important lors de la mise en place des écrans les plus récents. Une procédure d'agrément doit être suffisamment souple pour qu'un dispositif jugé potentiellement convenable puisse être modifié en fonction des caractéristiques de chaque site et devenir satisfaisant au regard du problème posé.

Enfin les caractéristiques technologiques précises des dispositifs utilisés dépendent intimement des conditions locales de mise en œuvre. Elles doivent pouvoir être ajustées à tout moment à ces conditions.

D'une façon générale, en ce qui concerne les caractéristiques des écrans relatives à l'acoustique, le Maître d'Œuvre ne pourra donc à l'heure actuelle que délivrer un agrément « à priori » et vérifier que les dispositions prévues par un constructeur au moment de l'agrément, ont bien été respectées au moment de la réalisation.

Lors de l'étude d'un projet de protection acoustique, si l'utilisation d'écrans implantés en bordure de chaussée est envisagée, il convient de tenir compte, pour l'agrément du dispositif retenu, des présentes recommandations techniques.

Si la réalisation d'un écran soulevait des problèmes d'acoustiques particuliers pour lesquels des indications complémentaires étaient nécessaires, ces indications pourraient être fournies par le CETUR (1) ou par les CETE (2) sur demande du Maître d'Œuvre.

Les projets les plus importants sont généralement contrôlés avant financement, par le CETUR ou les CETE, sur demande de la Direction des Routes et de la Circulation Routière.

Avant leur réalisation, ils peuvent faire l'objet d'un avis technique par ces services, notamment pour les dispositifs les plus sophistiqués ou apparus récemment sur le marché. Cet avis peut être utilisé par le Maître d'Œuvre pour agréer le dispositif qui, finalement, sera retenu et réalisé.

Ultérieurement, lorsqu'un processus de mesure in-situ adapté à la réception des matériaux et dispositifs constituant les écrans aura pu être défini avec suffisamment de précision, les écrans projetés pourront être testés pour leurs qualités acoustiques avant mise en place et réceptionnés après réalisation.

A ce jour, les agréments relatifs aux qualités acoustiques pourront porter sur trois facteurs prépondérants dans l'efficacité globale d'un écran : la diffraction, la transmission et la réflexion.

---

(1) Centre d'Etudes des transports urbains.

(2) Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement.

## Diffraction

### 7.1.2

L'efficacité de diffraction dépend (cf. § 3 et § 4, ci-dessus) :

- du dimensionnement de l'écran, en hauteur et en longueur ;
- de sa situation par rapport à la source de bruit et par rapport au site à protéger.

On ne peut prévoir de réception d'un écran, à l'égard de son efficacité en diffraction. Seul, le respect de dimensionnement prévu ou agréé par le Maître d'Œuvre avant construction semble pouvoir être exigé de l'entreprise qui le réalise.

## Transmission

### 7.1.3

L'efficacité en transmission dépend :

- des matériaux mis en œuvre ;
- de l'étanchéité d'ensemble du dispositif formant écran.

A l'égard des matériaux mis en œuvre, le Maître d'Œuvre peut agréer à priori des matériaux testés en laboratoire, conformément aux indications du § 4. Dans ce cas, et pour une efficacité globale de l'écran d'environ 10 dB (A), il pourra agréer ceux qui présentent un indice d'affaiblissement en transmission au moins égale à  $R = 22$  dB (A) pour le spectre de bruit routier normalisé. Pour une efficacité moindre, le Maître d'Œuvre pourra agréer des matériaux qui présenteraient des indices inférieurs à 22 dB (A), mais il lui est recommandé d'exiger des valeurs de l'indice R supérieures d'au moins 10 dB (A) à l'efficacité globale de l'écran.

A l'égard de l'ensemble du dispositif formant écran, le Maître d'Œuvre pourra, au moment de la réception de l'ouvrage, vérifier que :

- les joints entre plaques et éléments porteurs, et ceux entre plaques sont bien réalisés et qu'aucune fente n'est apparente,
- l'espace entre l'écran et le sol est bien comblé, conformément aux indications du § 4.2.7 précédent,
- les matériaux utilisés sont bien conformes à ceux agréés par lui et qu'ils présentent tous un indice d'affaiblissement R au moins égal à celui choisi lors de l'agrément.

## Absorption - Réflexion

### 7.1.4

Le paragraphe 4.2.6 ci-dessus, met en évidence l'existence de plusieurs façons de lutter contre les réflexions, en particulier par :

- l'inclinaison des écrans par rapport à la verticale,
- l'utilisation de matériaux absorbants.

Dans le premier cas, la réception de l'ouvrage consistera à vérifier que les dispositions construc-

tives prévues avant réalisation ont bien été respectées.

Dans le second cas, le Maître d'Œuvre agréé, avant utilisation les matériaux absorbants, conformément aux indications du § 4.1.2 ci-dessus. Lors de la réception de l'ouvrage, il s'assurera que le matériau utilisé correspond bien au matériau agréé par lui.

## Recherches en cours sur la réception ou l'agrément des ouvrages.

### Perspectives d'avenir

### 7.1.5

Actuellement des recherches sont en cours, en particulier au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, pour définir les caractéristiques acoustiques des écrans et buttes de terre de façon plus représentative de la réalité in-situ que les mesures en laboratoires auxquelles il est fait référence pour l'agrément des matériaux.

Ces recherches s'articulent autour de deux thèmes :

- un projet de station d'essai expérimentale,
- la mise au point d'une méthode de mesure in-situ des caractéristiques acoustiques des écrans.

#### ■ Station d'essai expérimentale :

Une telle station, si elle était construite et rendue opérationnelle dans un proche avenir, pourrait avoir pour objectif la mesure in situ, en site expérimental, des qualités acoustiques d'un écran et essentiellement :

- son indice en transmission
- la valeur de l'absorption, s'il s'agit d'un dispositif absorbant.
- la tenue des matériaux dans le temps.

Pour ce faire un échantillon réel d'écran, dont les dimensions restent à définir mais qui pourrait aller jusqu'à une cinquantaine de mètres, pourrait être testé sur la station, selon des procédés de mesures qui restent à établir et à codifier.

Les fabricants d'écrans, pourraient être tenus de tester systématiquement leurs produits nouveaux, au moins une fois, en station d'essai.

Par la suite, tout Maître d'Œuvre pourrait apprécier les qualités d'un dispositif grâce aux résultats obtenus en site expérimental, c'est-à-dire dans des conditions plus représentatives de la réalité que les mesures en laboratoire.

A la suite de ces études, la création d'une telle station deviendra peut-être possible, mais à l'heure actuelle, ce projet est encore au stade de la recherche.

En 1978 deux projets de station sont envisagés : l'un au C.E.T.E. de Rouen à vocation de recherche acoustique et agrément de dispositifs, l'autre au Laboratoire des Ponts et Chaussées du Bourget (Région Parisienne) pour l'étude des matériaux.

### ■ Méthode de mesure in-situ :

Si des méthodes de mesure in situ se développent, on pourra envisager dans l'avenir de réceptionner les écrans après leur réalisation, en mesurant :

- soit leur efficacité globale,
- soit leur efficacité selon les chemins acoustiques élémentaires (essentiellement transmission, absorption et, éventuellement, diffraction).

Mais la mise au point de telles méthodes semble encore incertaine vue la complexité des phénomènes et la diversité des situations à prendre en compte. Le code de mesure du Guide du Bruit devrait donner ultérieurement des précisions à ce sujet.

De telles mesures sont à l'étude, au CSTB (1) et dans les Laboratoires des Ponts et Chaussées. Elles ne pourront vraisemblablement pas être mises au point dans un avenir immédiat.

A partir de ce procès-verbal, le Maître d'Œuvre pourrait agréer un dispositif puis, au moment de la réception de l'ouvrage, exiger que l'écran réalisé présente des efficacités comparables à celles obtenues en site expérimental.

Bien sûr, il ne s'agit que d'un projet dont de nombreux aspects devraient être précisés. Des actions de recherches préliminaires sont nécessaires, dont certaines sont en cours et en particulier :

- la mise au point de méthodes de mesure in situ qui puissent différencier, avec une bonne fiabilité, les effets de diffraction, de transmission et de réflexion. Elles devront également permettre d'apprécier l'absorption d'ensemble du dispositif proposé,
- le choix d'un site expérimental,
- la caractérisation de la source qui servira de base aux essais : soit un trafic réel dont on maîtriserait parfaitement les différents paramètres, soit des sources fixes dont les caractéristiques acoustiques et la situation par rapport aux dispositifs testés seraient à définir.

Une station d'essai permettrait de développer des recherches : à l'égard des dispositifs de protection eux-mêmes : recherches de formes, d'inclinaisons, de dimensions, de natures de matériaux optimums.

Elle permettrait enfin de rendre la réception des ouvrages de protection contre le bruit, plus précise, plus aisée, moins discutable.

Les Laboratoires des Ponts et Chaussées, sous la conduite du Laboratoire Central, s'emploient actuellement à cerner les caractéristiques d'une telle station. Ils mènent les recherches préliminaires nécessaires.

---

(1) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

# Agrément pour la sécurité

7.2

## Dispositifs à fonctions séparées

7.2.1

Dans le cas général d'implantation de glissières simples ou de barrières devant l'écran, il n'y a pas lieu de suivre une procédure particulière : les dispositions générales en la matière s'appliquent.

Les différents dispositifs de sécurité font l'objet d'une procédure d'homologation à laquelle il convient de se reporter pour connaître les règles

d'utilisation et d'implantation qui doivent être respectées en la matière. Diverses circulaires de la Direction des Routes et de la Circulation Routière (1), ont abordé ces problèmes, pour lesquels la Division Exploitation Sécurité ou celles des Ouvrages d'Art du SETRA peuvent apporter tous les compléments d'information qui seraient nécessaires.

## Dispositifs à double fonctions

7.2.2

Les doubles dispositifs, que se soit l'écran sur barrière mis au point par l'IRT-CERN et par l'ONSER, ou d'autres types d'écrans comme l'écran SECURIBEL, constituent des dispositifs nouveaux dont la mise en œuvre peut être encore considérée comme expérimentale. Pour leur réalisation, il y a lieu de suivre une procédure d'agrément particulière.

En effet, un dispositif à double fonction possède une fonction principale, l'acoustique, et une fonction complémentaire, la sécurité.

Il ne peut être homologué comme dispositif de retenue, puisque là n'est pas sa fonction principale.

Il ne peut être homologué comme écran acoustique puisqu'une telle procédure n'existe pas, et n'est pas envisagé actuellement.

Ce type de dispositifs devra, au coup par coup, avant mise en place, faire l'objet d'une demande d'avis auprès de la Direction des Routes et de la Circulation Routière.

Cet avis portera d'une part sur l'efficacité acoustique du dispositif dont la réalisation est envisagée, et d'autre part sur ses qualités à l'égard de la sécurité. Le traitement des extrémités sera examiné.

Pour la mise au point de ces dispositifs, le CETUR en ce qui concerne l'aspect acoustique, le SETRA (Division Ouvrages d'Art ou Division Exploitation et Sécurité) et l'ONSER en ce qui concerne l'aspect sécurité peuvent apporter des indications utiles.

Il est rappelé, à titre indicatif, que les principaux textes concernant les dispositifs de retenue sont les suivants :

- Circulaire 70.5 du 22 janvier 1970
- Circulaire 75.59 du 13 avril 1975
- Circulaire 75.131 du 4 septembre 1975
- Circulaire 78.005 du 6 janvier 1978
- Bulletin technique a.6 de la Division Ouvrage d'Art du SETRA, et ses compléments
- Dossier GC 67 et GC 77 de la Division Ouvrage d'Art du S.E.T.R.A.



# RECOMMANDATIONS TECHNIQUES RELATIVES

**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
POUR  
LES OUVRAGES  
DE PROTECTION  
CONTRE LE BRUIT**

# 2 PARTIE

AUX COUVERTURES PARTIELLES  
OU  
TOTALES DES CHAUSSÉES



# SOMMAIRE

<b>1. LA COUVERTURE EST UN ÉCRAN PARTICULIER</b> .....	107
<b>2. CLASSEMENT PAR TYPE DES COUVERTURES</b> .....	111
2.1 Couvertures légères .....	112
2.2 Couvertures semi-lourdes .....	113
2.3 Couvertures lourdes .....	114
2.4 Couvertures à ouvertures dissipatives .....	116
<b>3. ÉLÉMENTS D'ACOUSTIQUE</b> .....	119
3.1 Différents chemins acoustiques .....	120
3.2 Transmission du son à travers les couvertures .....	121
3.2.1 Deux catégories de parois .....	121
3.2.2 Indicateur de qualité : l'indice d'affaiblissement en transmission .....	121
3.2.3 Champ acoustique sous une couverture .....	121
3.3 Diffraction dans le cas des couvertures partielles .....	123
3.4 Réflexion .....	124
3.5 Absorption .....	125
3.5.1 Généralités sur l'absorption .....	125
3.5.2 Aire d'absorption équivalente .....	125
3.6 Energie directe résiduelle .....	126
<b>4. RECOMMANDATIONS RELATIVES AUX CARACTÉRISTIQUES ACOUSTIQUES DES COUVERTURES</b> .....	129
4.1 Recommandations concernant la transmission .....	130
4.1.1 Indicateur de qualité .....	130
4.1.2 Objectif quantifié pour le choix d'un matériau à l'égard de la transmission .....	130
4.2 Recommandations concernant l'absorption .....	132
4.2.1 Indicateur de qualité .....	132
4.2.2 Objectif quantifié .....	133
4.2.3 Recommandations d'utilisation des matériaux absorbants .....	133
4.3 Cas particulier des systèmes de couverture « ouverte » .....	135
4.3.1 Ouvertures acoustiquement gênantes .....	135
4.3.2 Ouvertures acoustiquement dissipatives .....	135

<b>5. AUTRES RECOMMANDATIONS TECHNIQUES</b>	
<b>5.1 Stabilité propre de l'ouvrage</b>	139
<b>5.2 Sécurité à l'égard du choc d'un véhicule</b>	140
5.2.1 Isolement des appuis pour la protection des automobilistes	140
5.2.2 Risque de destruction de la couverture	141
<b>5.3 Autres aspects liés à la sécurité</b>	142
5.3.1 Incendie	142
5.3.2 Circulation des piétons, évacuation des usagers	143
<b>5.4 Eclairage</b>	
5.4.1 Position du problème	144
5.4.2 Eclairage sous une couverture totale opaque	144
5.4.3 Dispositions pour éviter l'éclairage diurne	145
5.4.4 Couvertures partielles	147
5.4.5 Zones de transition	148
<b>5.5 Ventilation</b>	149
5.5.1 Utilité de la ventilation	149
5.5.2 Ventilation naturelle	149
5.5.3 Ventilation artificielle	150
5.5.4 Cas particulier des systèmes de couverture « ouverte »	151
<b>6. AGRÉMENT OU RÉCEPTION DES COUVERTURES ACOUSTIQUES</b>	
<b>6.1. Agréments</b>	155
6.1.1 Agrément des matériaux	155
6.1.2 Agrément de l'ensemble du dispositif	155
6.1.3 Traitements intérieurs en matériaux absorbants	155
<b>6.2 Réception des ouvrages</b>	156

LA COUVERTURE

RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES

EST

AUX COUVERTURES  
PARTIELLES  
OU TOTALES  
DES CHAUSSÉES

UN

ECRAN

PARTICULIER



Une couverture, partielle ou totale de la chaussée, est un écran acoustique particulier.

On a vu dans les chapitres précédents que pour protéger un point récepteur (R) du bruit émis par une source (S), une des techniques utilisées consiste à interposer un écran (aux dimensions appropriées) entre la source et le récepteur.

Lorsque le calcul du dimensionnement de la protection fait apparaître des hauteurs d'écran vertical supérieures à 6 ou 8 mètres, il devient nécessaire d'envisager d'autres solutions. Un écran vertical de hauteur supérieure à 8 mètres possède en effets des inconvénients majeurs :

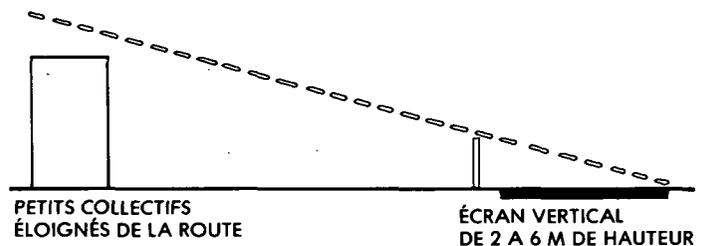
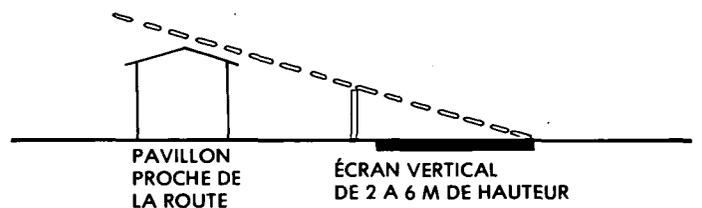
- il apporte une intrusion visuelle qui peut être fort préjudiciable au site et même intolérable,
- il constitue une protection difficilement intégrable,
- les efforts qu'il doit supporter (vent, poids propre) deviennent considérables et conduisent à des structures porteuses très importantes,
- le coût de sa réalisation devient souvent prohibitif.

Lorsque la réalisation d'écrans conduirait à mettre en place des dispositifs de hauteur supérieure à 6 ou 8 mètres, on aura souvent intérêt à utiliser des protections horizontales, couvrant partiellement ou totalement la chaussée.

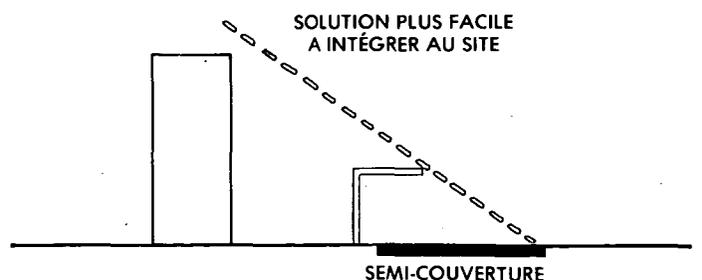
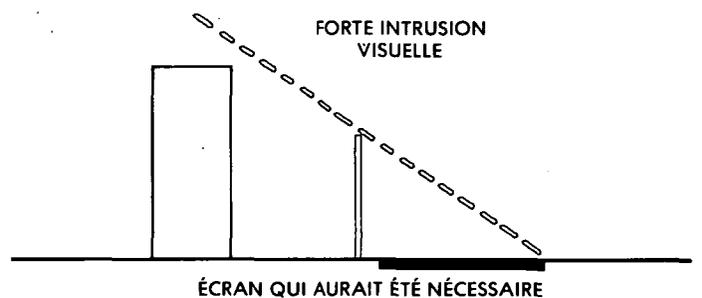
Pour qu'un écran ait une efficacité réelle, il est nécessaire qu'en tout point de la zone à protéger, on ne « voit plus » la source.

Le dimensionnement de la protection est déterminé de façon à ce qu'il mette les récepteurs à protéger dans la « zone d'ombre ».

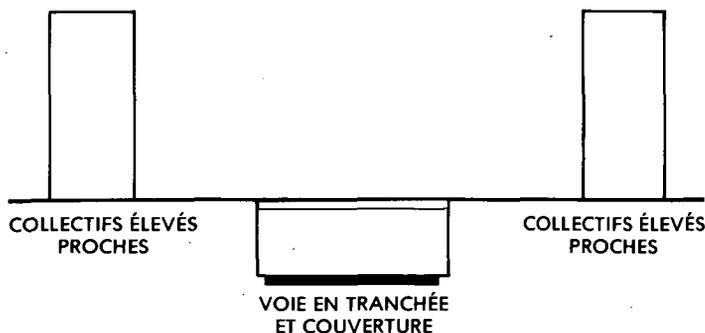
Dans le cas de pavillons proches de la route, ou bien de petits immeubles collectifs suffisamment éloignés de la route, on pourra utiliser des écrans pour les protéger efficacement.



Dans le cas notamment d'immeubles collectifs élevés proches de la route, il faudrait donner à un écran des dimensions bien trop importantes pour le protéger. On a donc recours à des écrans horizontaux, qui constituent des couvertures partielles de la chaussée, dont les schémas ci-dessous illustrent le principe.



Dans certains cas exceptionnels, notamment lorsque une voie de circulation est réalisée en tranchée à proximité d'immeubles collectifs de grande hauteur, une des rares protections possibles au niveau de la voie consiste en la réalisation d'une couverture complète.



Il convient de noter alors que ce type de solution devrait demeurer exceptionnel. D'autres solutions existent en effet, pour de telles situations, mais qui ne sont plus toutes situées en bordure d'infrastructure.

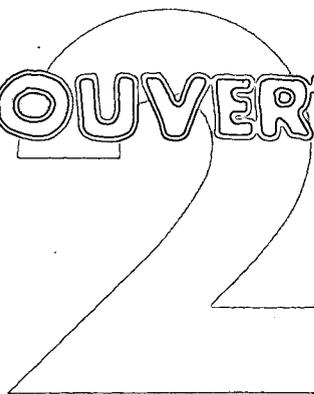
Pour de tels cas, on aura toujours intérêt à étudier en solution variante, un système mixte :

- écrans de faible hauteur implantés sur les sommets des talus ou des murs de soutènement, qui protègent les espaces extérieurs à proximité du sol (chemins piétons, aires de jeu, etc.),
- amélioration des isolements de façade qui apportent souvent une excellente efficacité pour réduire les niveaux sonores à l'intérieur d'ensemble de logements à une valeur acceptable, voire acoustiquement confortable.

Ces solutions mixtes conduisent souvent à des efficacités plus sûres que celle d'une couverture. En effet, une couverture, pour des raisons de coût, possèdera une longueur aussi réduite que possible. Le bruit provenant des tronçons non couverts des voies, même si celles-ci sont lointaines, en limitera toujours l'efficacité. Dans les cas les plus complexes de voirie, les systèmes mixtes écrans et amélioration d'isollements de façade seront donc plus fiables que les actions au niveau de l'infrastructure.

Enfin, ces solutions sont généralement beaucoup moins coûteuses que les couvertures.

# CLASSEMENT PAR TYPE DES COUVERTURES



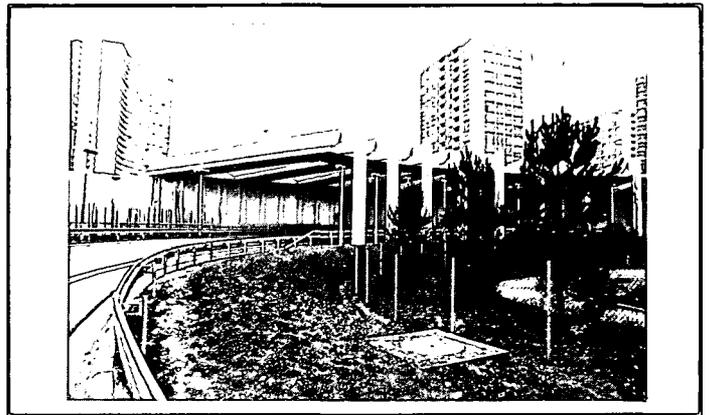
**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES  
AUX COUVERTURES  
PARTIELLES  
OU TOTALES  
DES CHAUSSÉES**



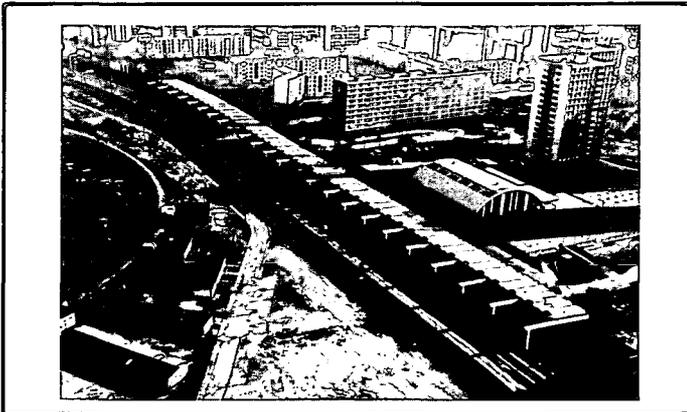
Comme pour les écrans, il ne s'agit pas dans ce paragraphe de décrire de façon exhaustive toutes les couvertures réalisées ou proposées sur le marché actuel, mais plutôt d'amorcer une classification rationnelle des couvertures qui sera complétée ultérieurement au fur et à mesure de l'approfondissement des connaissances et de l'expérience en la matière.

Les couvertures peuvent être classées en fonction de leur usage, selon la typologie suivante.

- Couvertures légères.
- Couvertures semi-lourdes.
- Couvertures lourdes.
- Couvertures à ouvertures acoustiquement dissipatives.



*Couverture légère d'une bretelle de l'échangeur avec la route PORT à COLOMBES.*



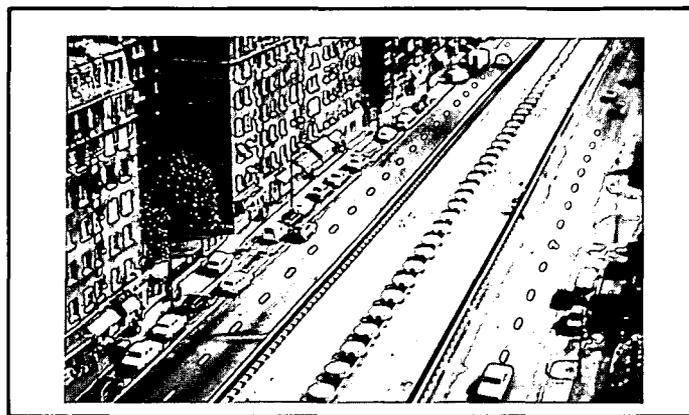
*Couverture légère réalisée le long de l'autoroute A 86 à COLOMBES.*

# Couvertures légères

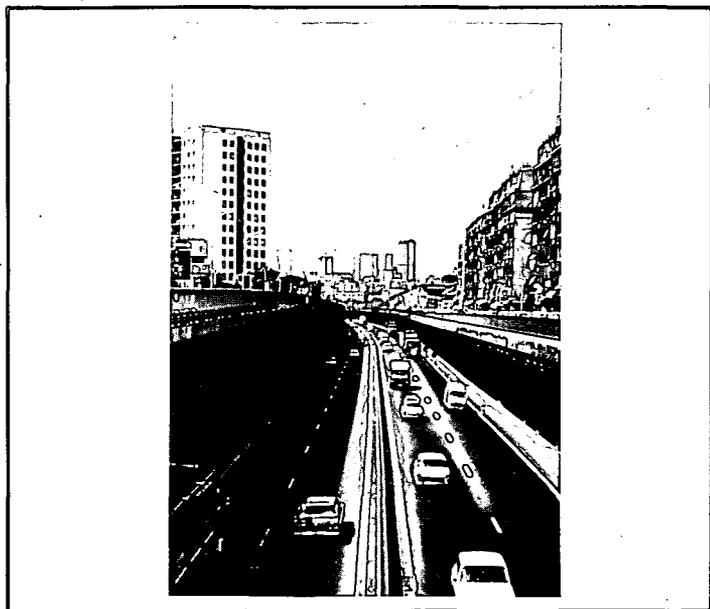
## 2.1

Ces couvertures peuvent être définies comme n'ayant qu'un rôle uniquement acoustique. Les matériaux utilisés seront le plus léger possible, tout en étant suffisamment résistants pour supporter les surcharges climatiques et suffisamment lourdes ou rigides pour posséder un facteur d'affaiblissement en transmission élevé. Tous matériaux adéquats pourront être utilisés : métal, bois, plastique, coques de béton autoporteurs, etc.

Ces couvertures ne seront pas accessibles au public. Elles peuvent comporter des éléments translucides afin de permettre d'éviter l'éclairage diurne.



...maintenant protégé par une couverture légère.



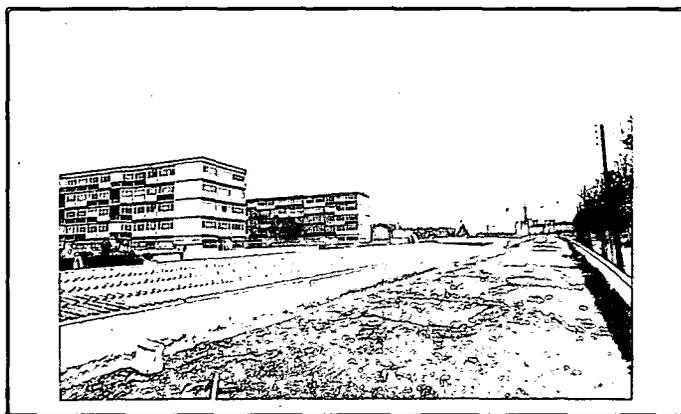
Tranchée de l'autoroute B 6 au Sud de PARIS...

# Couvertures semi-lourdes

2.2

Un accès est autorisé au public, mais interdit à tous véhicules. Un léger engazonnement et une chape d'étanchéité sont admissibles, ou bien un équipement sportif tel qu'un court de tennis.

Dans ce type de solution, la surcharge à prendre en compte pour rendre possible l'accès au public est défini conformément aux indications du titre II du Cahier des Prescriptions Communes des Ouvrages Routiers.

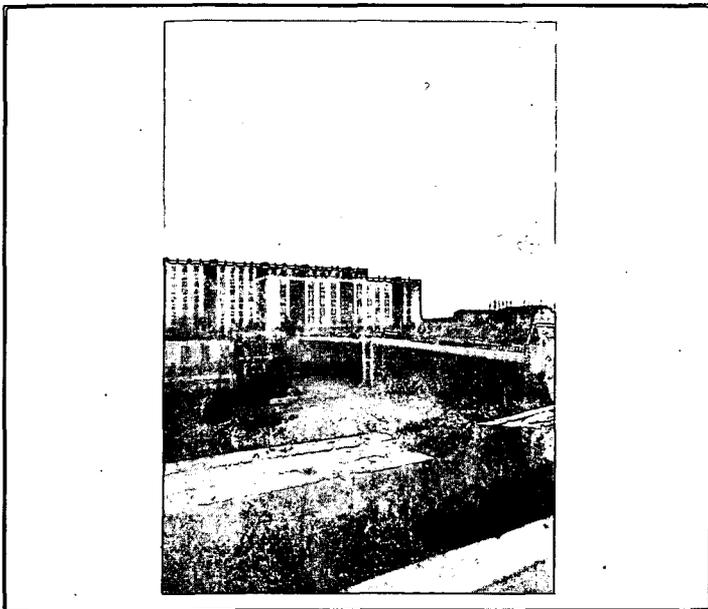


Ces deux immeubles sont protégés par une couverture semi-lourde réalisée sur l'autoroute A 4. Ici la partie supérieure. On distingue les éléments translucides pour éviter l'éclairage diurne. La partie bétonnée à droite des éléments translucides, a reçu une couche de terre végétale qui a, depuis, été engazonnée.

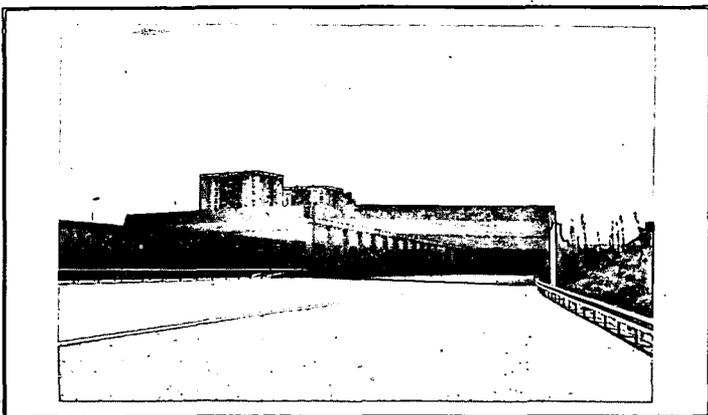
# Couvertures lourdes

## 2.3

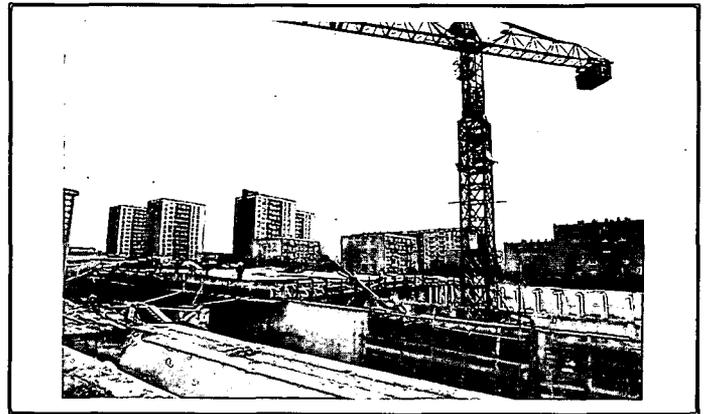
Un accès est autorisé aux véhicules. Ces couvertures lourdes seront donc dimensionnées comme des dalles pouvant être circulées ou utilisées pour le stationnement.



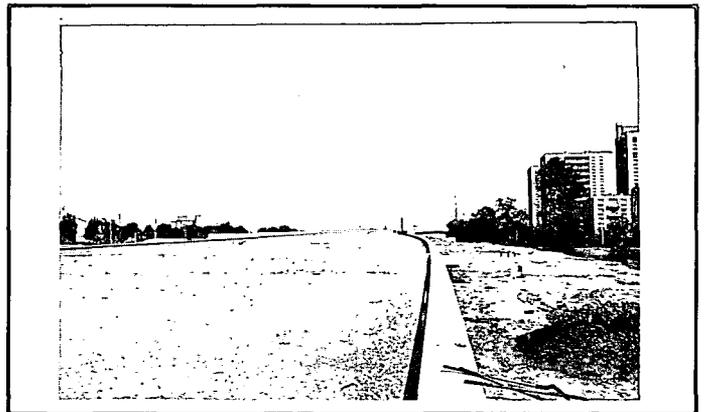
Les immeubles des Boulereaux, proches de l'autoroute A4...



...ont été protégés par une couverture lourde réalisée au-dessus des chaussées.



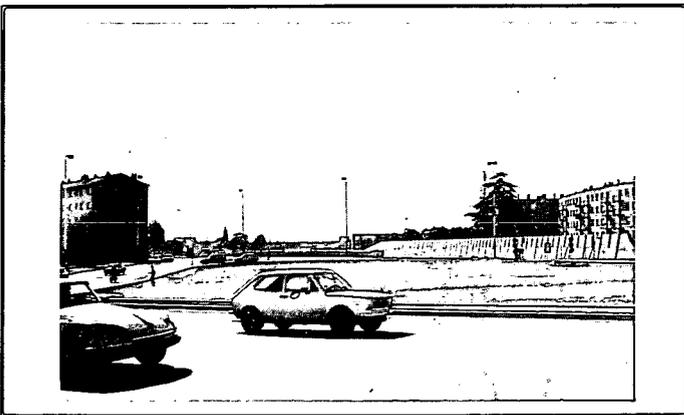
Cette couverture lourde...



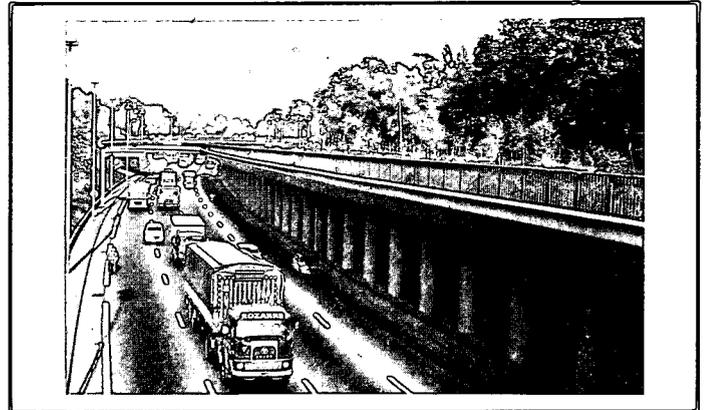
...a permis la reconstitution d'espaces ouverts au public.



Le long de l'autoroute A 4, les immeubles du « Verrou » ont été également protégés par une couverture lourde.



Cette couverture a permis de reconstituer la voirie locale en surface. Elle est accessible aux véhicules.



La couverture du Boulevard Périphérique de Paris, à la Porte de la Muette...



...a permis de réaliser des plantations grâce à sa structure de couverture lourde.

# Couvertures à ouvertures acoustiquement dissipatives

## 2.4

Dans cette catégorie, on pourra classer tous les systèmes de couvertures du type « damier acoustique » encore à l'étude actuellement (1).

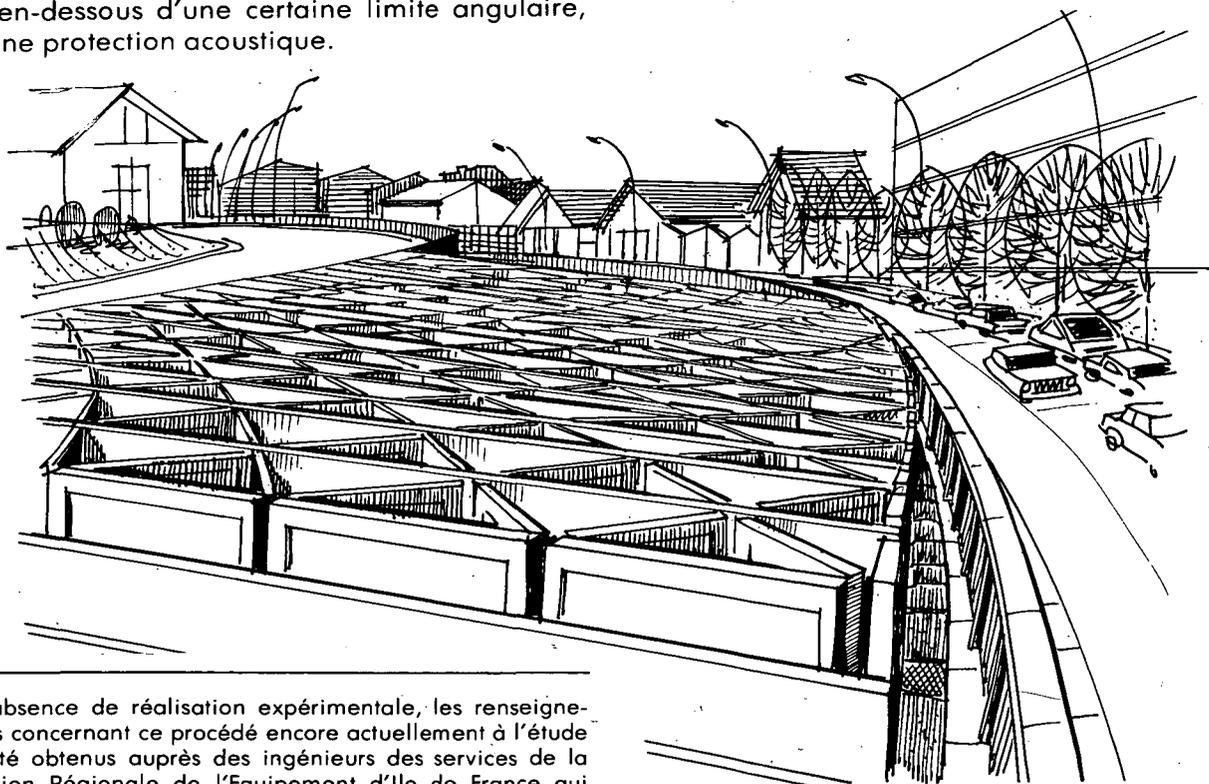
Le « damier acoustique » constituera un procédé qui devrait permettre d'obtenir des efficacités acoustiques proches de celles d'une couverture, tout en évitant dans certains cas de mettre en place une ventilation et un éclairage diurne.

Ce type de procédé « inaugure la troisième génération de procédés de réduction du bruit, succédant aux écrans et couvertures, puis aux écrans à fonctions multiples ».

Il est constitué de la juxtaposition de conduits verticaux revêtus de matériaux absorbants qui ont la propriété de laisser passer partiellement l'air et la lumière tout en assurant, en façades des immeubles situées en-dessous d'une certaine limite angulaire, une bonne protection acoustique.

Ce procédé n'est pas encore au point de façon opérationnelle. Les services de la Direction Régionale de l'Équipement d'Île de France qui en ont assuré, dès 1973, en liaison avec le C.S.T.B. (2), la conception et la mise au point, doivent encore procéder à son expérimentation en vraie grandeur pour vérifier sa faisabilité et son efficacité acoustique. Cette expérimentation pourrait avoir lieu prochainement en Région Parisienne. D'autres essais sont également en cours, qui concernent la ventilation et l'éclairage.

Quand ces études auront attesté les qualités du procédé, il pourra être utilisé en tant que protection acoustique. Des indications seront fournies ultérieurement aux services pour juger de sa réussite et, éventuellement, pour son utilisation opérationnelle.



(1) En l'absence de réalisation expérimentale, les renseignements concernant ce procédé encore actuellement à l'étude ont été obtenus auprès des ingénieurs des services de la Direction Régionale de l'Équipement d'Île de France qui l'ont promu et développé au cours des dernières années, et dans un article « Un système anti-bruit original » - revue Chantier Magazine n° 93c Juin-Juillet 1978. Ces types de couverture sont connus sous le nom de « damier phonique ».

(2) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

ELEMENTS

**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES  
AUX COUVERTURES**

**3**

**PARTIELLES  
OU TOTALES  
DES CHAUSSÉES**

D'ACOUSTIQUE



Les hypothèses simplificatrices particulières à l'acoustique de transports développés dans le § 3.1 de la première partie s'appliquent intégralement aux études de couverture de chaussées.

En ce qui concerne les couvertures partielles, les effets acoustiques prépondérants à prendre en compte sont les suivants :

- la transmission,
- les réflexions
- la diffraction.

Pour les couvertures totales, l'effet acoustique prépondérant est constitué par la transmission.

Les présentes recommandations ont pour objet l'analyse de ces effets et l'indication d'éléments conduisant aux choix des matériaux et des dispositifs aptes à constituer une protection efficace.

# Différents chemins acoustiques

## 3.1

En l'absence d'écran ou de couverture, l'onde se propage de la source au récepteur en suivant le rayon sonore « SR ».

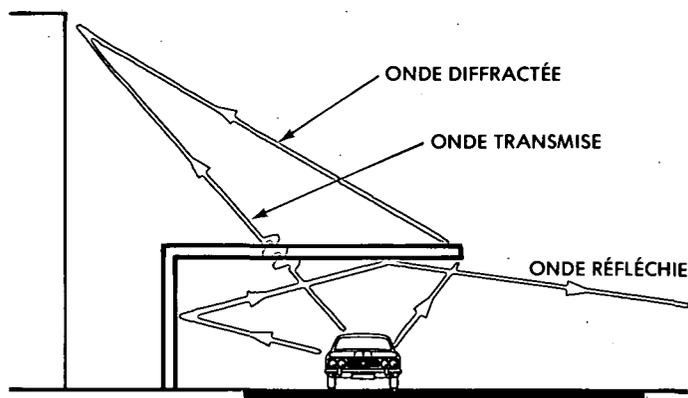
L'analyse de ce trajet acoustique, développée dans le § 3.2 de la première partie du présent document demeure applicable. On s'y reportera pour la prise en compte des phénomènes suivants :

- absorption par l'air,
- divergence géométrique,
- influence du sol. (Il est à noter que les couvertures protègent en général des récepteurs situés à grande hauteur. Les cas où ces protections sont envisageables seront donc généralement beaucoup moins sensibles aux effets de sol que ceux protégés par des écrans verticaux),
- influence du vent et de la température.

En présence d'une couverture, on pourra distinguer, comme dans le cas d'un écran vertical, plusieurs chemins acoustiques :

Ces différents chemins ont été analysés dans la première partie du présent document, § 3.3.

Dans la suite de ce document, on trouvera essentiellement les indications complémentaires particulières aux couvertures, et l'on se reportera aux indications de la première partie pour des explications plus détaillées.



Différents chemins pour les ondes sonores.

# Transmission du son à travers les couvertures

3.2

## Deux catégories de parois

3.2.1

La transmission du son à travers une couverture, pourra être analysée conformément aux indications développées dans le § 3.3.1 de la première partie du présent document, relative aux écrans verticaux.

On peut distinguer :

- les parois simples, pour lesquelles l'atténuation en transmission est essentiellement liée à la

masse surfacique du dispositif. Cette atténuation est donnée par la loi de masse expérimentale pour un bruit routier normalisé indiqué au § 3.3.1 de la 1<sup>re</sup> partie.

- les parois multiples pour lesquelles l'indice d'affaiblissement en transmission dépend de la masse et, également, des fréquences de résonance des systèmes constituant le dispositif de protection.

## Indicateur de qualité : l'indice d'affaiblissement en transmission

3.2.2

Comme pour les écrans verticaux, une couverture sera caractérisée à l'égard de la transmission des sons par son indice d'affaiblissement en transmission noté « R ».

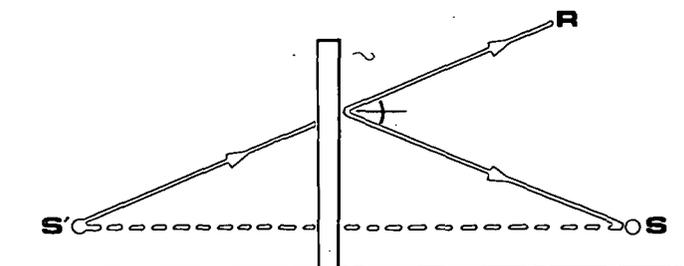
Cet indice est mesuré en laboratoire, conformément à la norme NFS 31 002. Il représente le logarithme du rapport de l'énergie incidente à l'énergie transmise par la paroi.

## Champ acoustique sous une couverture

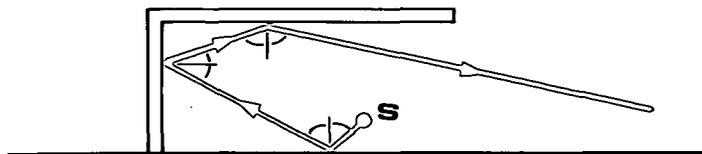
3.2.3

La principale différence acoustique entre une couverture et un écran vertical tient dans le fait qu'une couverture modifie profondément la répartition des ondes sonores : elle crée un espace acoustique nouveau, très différent de celui qui règne devant un écran.

Devant un écran, les ondes issues de la source linéaire que constitue la route sont réfléchies. Cette réflexion conduit à une augmentation du niveau de pression acoustique en avant de l'écran. Le champ acoustique qui règne devant un écran correspond à la superposition du champ direct émis par la source (S) et d'un champ réfléchi émis par l'image fictive (S') de la source réelle par rapport à l'écran considéré comme un miroir.



Dans le cas d'une couverture, les réflexions sont complexes et multiples, puisqu'elle ne s'effectue plus entre deux parois perpendiculaires (écran et route) comme dans le cas des écrans, mais entre trois parois constituées par la route, l'écran vertical qui soutient la couverture et clôt l'espace à protéger, et la couverture elle-même.



On constate que même pour une seule source ponctuelle, et sur un chemin acoustique simple, les réflexions sont nombreuses. Les sources images sont donc nombreuses elles aussi.

En fait, le champ réverbéré qui règne sous une couverture partielle ou totale de la chaussée peut être assimilé à un champ partiellement diffus. Plus la couverture est importante, et plus on s'approche des conditions du champ diffus.

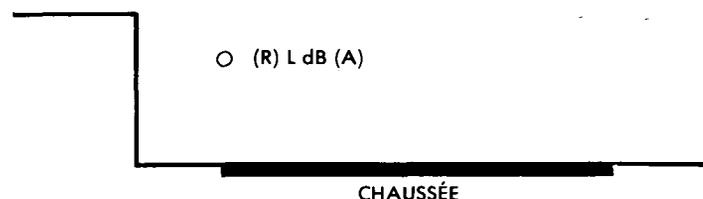
Une route circulée par plusieurs files de véhicules ne peut plus être assimilée à une ligne source équivalente sous une couverture. Les réflexions multiples entraînent la création d'une infinité de sources images auxquelles s'ajoutent les sources réelles.

L'onde sonore résultante est une onde issue d'un champ plus ou moins diffus, dont les équations sont différentes de celles d'un champ extérieur direct.

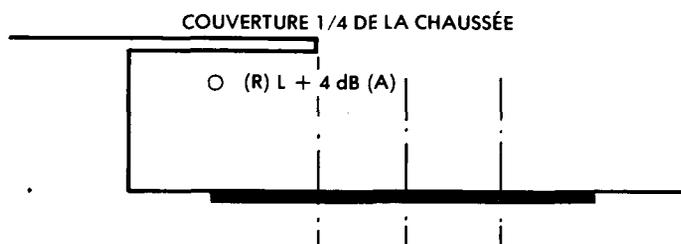
On vérifie expérimentalement que cette nouvelle répartition de l'énergie acoustique entraîne une augmentation du niveau de pression acoustique par rapport à la situation en champ libre.

Ainsi, si l'on considère un point géométrique proche de la sous face d'une couverture, on peut admettre que (en première approximation) (1).

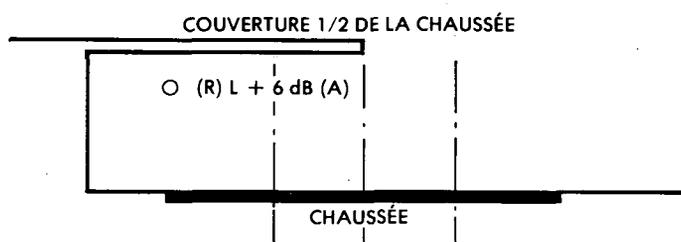
- si en l'absence de couverture le niveau est  $L$  dB (A),



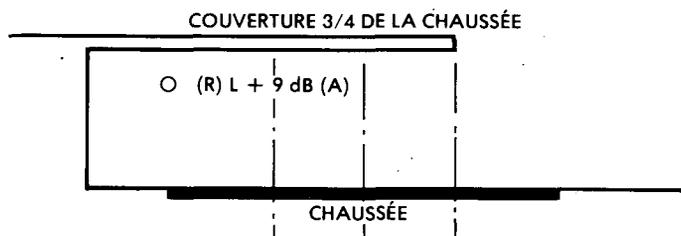
- en présence d'une couverture réfléchissante couvrant 1/4 de la chaussée, le niveau sonore en (R) sera  $L + 4$  dB (A).



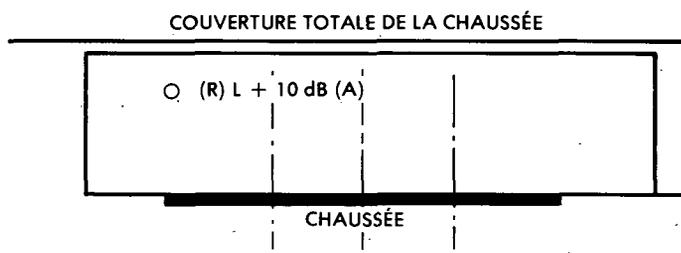
- en présence d'une couverture réfléchissante couvrant la moitié de la chaussée, l'augmentation du niveau de pression acoustique sera égal à 6 dB (A),



- en présence d'une couverture réfléchissante couvrant les 3/4 de la chaussée, le niveau de pression acoustique sera égal à  $L + 9$  dB (A),



- en présence d'une couverture totale réfléchissante le niveau de pression acoustique peut atteindre  $L + 10$  dB (A) à  $L + 15$  dB (A) par rapport à la situation sans couverture.



Si la couverture est partiellement absorbante (utilisation de matériaux absorbants), le niveau de pression acoustique dépendra de l'aire d'absorption équivalente du système. Seul un calcul précis mené par un acousticien permet d'apprécier ce niveau sonore.

Cet effet est pris en compte dans les recommandations relatives à la transmission indiquées ci-après.

(1) Données du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

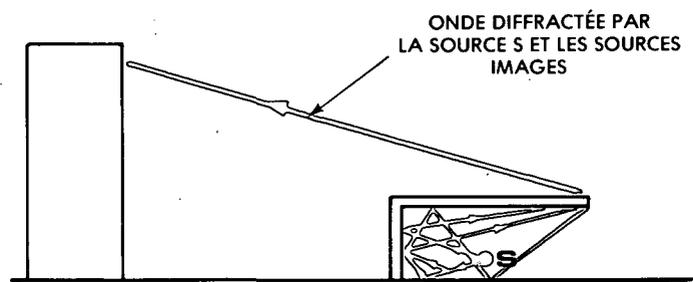
# Diffraction dans le cas des couvertures partielles

3.3

Le phénomène de diffraction a été présenté de façon résumée au § 3.3.2 de la première partie du présent document.

Cependant, cette description s'appliquait à la diffraction d'une onde émise par une source (S) ponctuelle ou linéaire sur un écran vertical.

Dans le cas d'une couverture partielle de la chaussée, le phénomène de diffraction existe : une partie de l'onde émise par une source (S) est diffractée par l'arête de la couverture. Cependant, cette source n'est plus une source ponctuelle simple, mais, en présence d'un système à trois côtés réfléchissants, une infinité de sources images se superposent à elle.

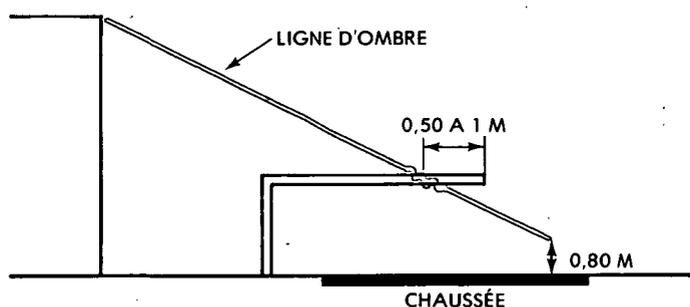


La diffraction ne peut plus s'analyser à partir des lois de l'acoustique géométrique. Il faut faire appel à la théorie du champ diffus. Le fascicule méthode de prévision du Guide du Bruit indiquera une méthode de calcul pour résoudre ce type de problème et mener un calcul d'efficacité rigoureux.

La mesure de l'allongement de parcours  $SA + AR - SR$ , et l'utilisation d'un abaque comme celui de Redfearn conduirait dans ce cas à des résultats qui peuvent être très imprécis, voire fortement erronés.

En première approximation, pour le dimensionnement d'une couverture partielle à l'égard de la diffraction, on pourra adopter la règle simple suivante :

Si l'on trace la ligne d'ombre qui joint l'émetteur extrême (situé au droit de l'extrémité de la chaussée la plus éloignée du récepteur et à 0,80 m au-dessus du niveau de la chaussée) et le point le plus exposé de la façade, la couverture doit se prolonger d'au moins 0,50 m à 1 m au-delà de la ligne d'ombre pour apporter une atténuation en diffraction d'au moins 8 dB (A). Cette atténuation s'ajoute à l'effet de la distance.



Pour des efficacités supérieures, seul un calcul précis permet d'évaluer les niveaux sonores en façade.

# 3.4

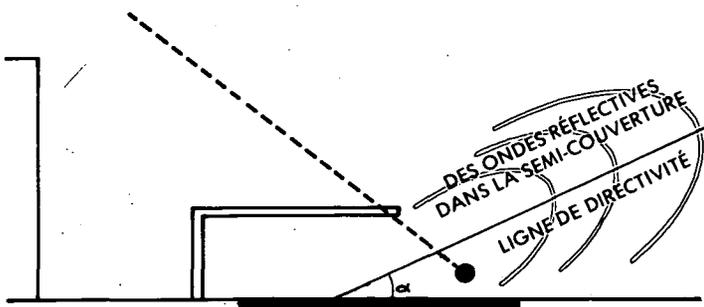
# Réflexions

La notion de réflexion sous une couverture a été décrite au § 3.2 précédent. Elle est fondamentale pour l'étude de ces protections.

Pour une couverture totale, elle conduit à une forte augmentation du niveau de pression acoustique, sous la couverture qui peut atteindre plus de 10 dB (A) par rapport à une tranchée non couverte.

Pour une couverture partielle, elle conduit à une augmentation du niveau de pression acoustique moindre que dans le cas d'une couverture totale mais qui peut être importante.

Les réflexions, outre cet effet, d'augmentation du niveau sonore conduisent à faire d'un système à trois côtés réfléchissants [route - écran vertical - couverture] un système d'émission fortement directif.

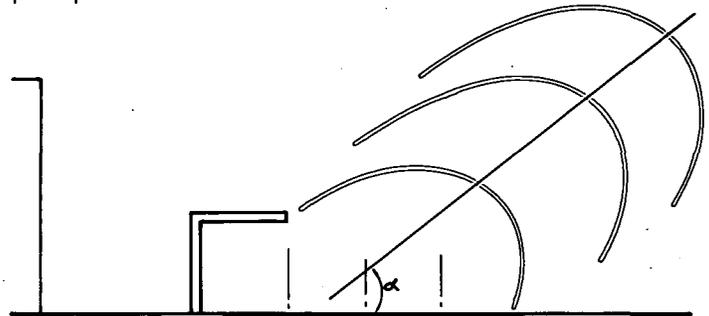


$\alpha$  = ANGLE DE DIRECTIVITÉ

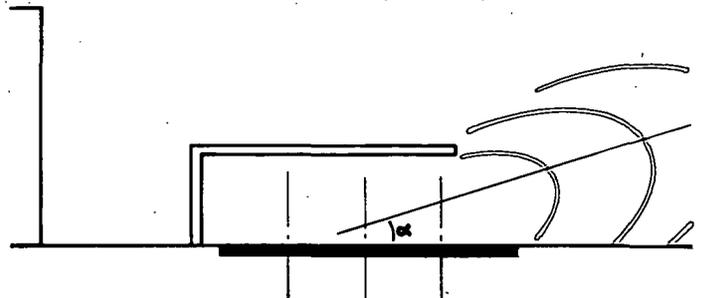
Schéma illustrant la notion de directivité.

Les ondes sonores sont réfléchies à l'intérieur du système [couverture partielle] et se propagent selon une direction préférentielle fortement marquée.

Plus la couverture couvre une part de chaussée importante, et plus elle est directive. Une couverture qui couvre 1/4 de la chaussée sera légèrement directive, selon un angle relativement élevé. A l'inverse, une ouverture qui couvre 3/4 de la chaussée sera fortement directive, selon une direction plus proche de l'horizontale.



L'angle de directivité est élevé pour une couverture peu importante. La directivité est elle-même peu marquée.



Pour une couverture importante, la directivité est proche de l'horizontale.

# Absorption

## 3.5

### Généralités sur l'absorption

#### 3.5.1

Le phénomène d'absorption acoustique a été précédemment décrit, au § 3.3.4 de la première partie des présentes recommandations. Les indications précédentes demeurent valables pour les couvertures partielles ou totales de la chaussée en ce qui

concerne, outre la description du phénomène, les indications sur les principaux types d'absorbants et sur l'indicateur de qualité (le facteur d'absorption  $\alpha$  Sabine).

### Aire d'absorption équivalente

#### 3.5.2

Une différence existe cependant entre les écrans verticaux et les couvertures : le champ acoustique n'est pas le même.

Comme indiqué précédemment, sous une couverture les équations théoriques du champ direct ne sont plus applicables. Il faut analyser les phénomènes à partir des équations d'un champ diffus.

Dans un champ diffus, l'expression du niveau de pression acoustique est de la forme suivante :

$$L_p = 10 \log \frac{kW}{A} + C$$

où

- W représente la pression acoustique de la source,
- K est un paramètre qui tient compte de la célérité du son dans l'air et de la masse spécifique du milieu de propagation,
- A représente l'aire d'absorption équivalente.
- C représente une correction d'intensité.

Sous une couverture, on constate que si on double la valeur de la quantité (A), on diminue de 3 dB la valeur du niveau de pression acoustique.

La notion d'aire d'absorption équivalente est donc importante pour l'étude des couvertures.

Elle peut être exprimée, concrètement, de la façon suivante :

$$A = \sum_i S_i \cdot \alpha_i, \text{ exprimée en mètre carré,}$$

où Si représente la surface en mètre carré des différents éléments qui constituent la couverture,

$\alpha_i$  représente le coefficient d'absorption de chacun des éléments de surface (il est rappelé que le coefficient d'absorption représente le rapport de l'intensité acoustique absorbée à l'intensité acoustique incidente).

L'estimation de l'aire d'absorption équivalente A d'un système [couverture - paroi verticale - route], s'obtient par le calcul lorsqu'on connaît les coefficients d'absorption des différents éléments de surface, ou bien par des mesures in situ.

D'une façon simplifiée, le projeteur retiendra que dans un champ réverbéré, le son perd une partie de son énergie chaque fois qu'il frappe une des parois. Plus l'aire d'absorption équivalente A est grande, plus l'absorption est importante. Cette absorption compense alors l'augmentation du niveau de pression acoustique décrit au § 3.4 précédent.

On peut augmenter l'aire d'absorption équivalente soit en augmentant la surface des matériaux absorbants, soit en utilisant des matériaux à fort coefficient d'absorption  $\alpha$  Sabine.

# Energie directe résiduelle

## 3.6

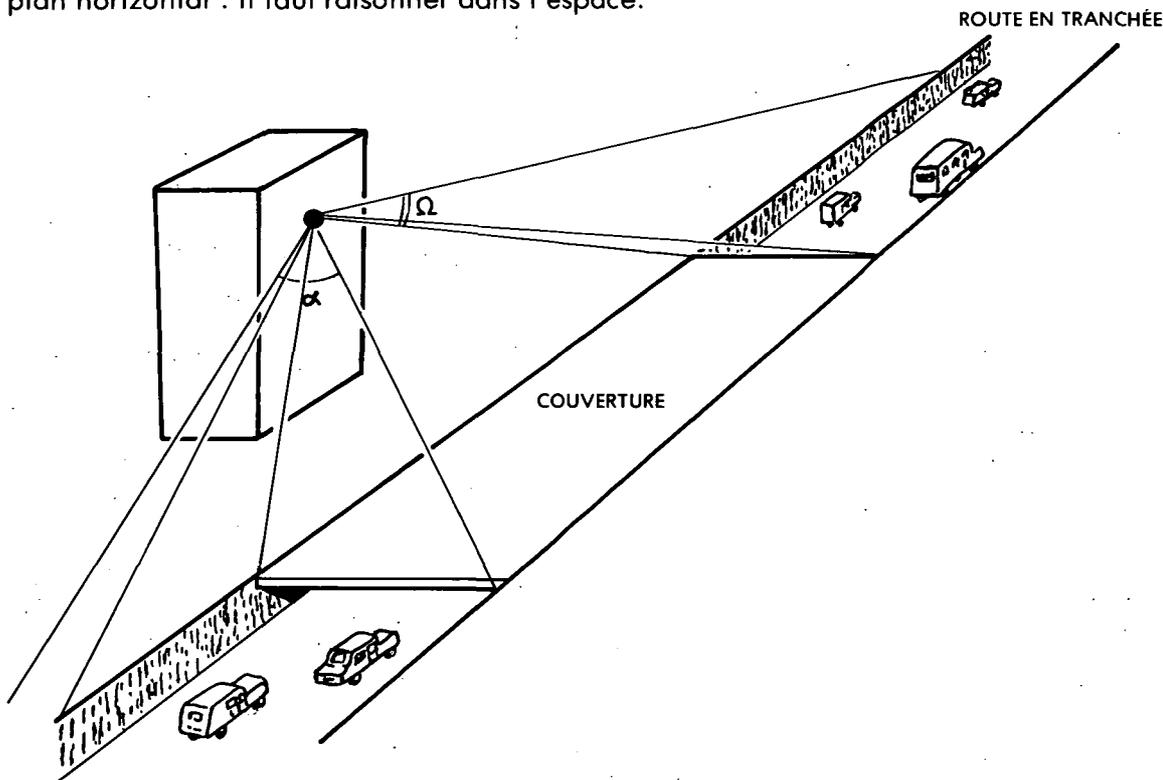
Comme un écran, une couverture, qu'elle soit partielle ou totale, possède toujours une longueur finie alors que la source, elle, peut être souvent considérée comme infiniment longue.

Aussi, dans bien des cas, une part d'énergie directe continue d'être perçue par un récepteur protégé par une couverture : c'est celle qui est issue des parties de sources lointaines.

Cette part d'énergie est proportionnelle à l'angle sous lequel on continue à voir la source, mais on ne peut pas, pour les couvertures, raisonner dans un plan horizontal : il faut raisonner dans l'espace.

Ainsi, une couverture totale ou bien une couverture partielle bien dimensionnée à l'égard de la diffraction, pourront avoir une efficacité très fortement diminuée si une part d'énergie importante est perçue par les côtés de la couverture depuis les tronçons de voie demeurés en vue directe.

On constate aisément toute l'importance d'un bon dimensionnement en longueur d'une couverture totale ou partielle, ainsi que l'effet d'une implantation judicieuse par rapport au site à protéger.



RECOMMANDATIONS  
RELATIVES  
AUX  
CARACTERISTIQUES  
ACOUSTIQUES  
DES COUVERTURES

RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES  
AUX COUVERTURES  
PARTIELLES  
OU TOTALES  
DES CHAUSSÉES



Les présentes recommandations, plus encore que dans le cas des écrans, portent sur un domaine nouveau et même par maints aspects, expérimental.

A ce jour, quelques couvertures seulement ont été réalisées en France dans le but de protéger des bâtiments contre le bruit :

- couvertures partielles ou totales de certains tronçons du Périphérique de Paris,
- couverture totale de 3 tronçons de la tranchée de l'autoroute B 6 au Sud de Paris,
- couverture partielle d'un tronçon de l'autoroute A 86, dans la commune de Colombes,
- couverture totale de la bretelle de raccordement entre la Route du Port et l'autoroute A 86 à Colombes,
- couverture totale de 2 tronçons de l'autoroute A 4 dans la traversée de la commune de Champigny.

D'autres couvertures devraient être réalisées prochainement :

- couverture partielle de la voie rapide LY 1 à Lyon, au droit des immeubles du complexe de Villeurbanne,
- couverture partielle de l'autoroute A 47 dans la commune de Firminy, dans la Loire,
- couverture totale de l'autoroute A 86 à Villeneuve la Garenne.

Le peu d'expérience en la matière, la nouveauté des préoccupations abordées dans cet ouvrage et parfois l'absence de règles sûres et vérifiées, empêchent encore actuellement d'édicter des spécifications pour la réalisation de ces ouvrages. C'est pourquoi, de simples recommandations sont présentées ici.

Chaque fois que c'est possible, des références à des normes existantes ont été indiquées. Quand les problèmes abordés correspondent à des préoccupations suffisamment nouvelles pour qu'il n'existe pas de normes en la matière, les règles issues de la pratique récente sont indiquées, si elles existent.

Quand par contre ces problèmes n'ont pas encore trouvé de solution satisfaisante, ils sont simplement cités.

Dans l'avenir, lorsque la technique et la technologie seront plus élaborées, il sera possible de transformer ces recommandations en spécifications.

L'attention des Maîtres d'Œuvre est encore attirée sur le danger qu'il y aurait à vouloir combler, sans précaution, les absences de réponses aux problèmes qu'ils rencontrent. Pour ces problèmes, il convient encore de s'adresser aux services spécialisés afin de compléter les présentes recommandations par les résultats des dernières recherches, et en particulier aux :

- Centre d'Études des Transports Urbains,
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées,
- Centre d'Études Techniques de l'Équipement de différentes régions. (Division d'Études et Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées).

Des renseignements précieux pourront également être obtenus auprès des Services opérationnels qui ont mis en œuvre ou étudié les quelques couvertures réalisées ou en projet.

Ces couvertures font l'objet d'une présentation dans le fascicule « Catalogue de cas » du Guide du Bruit, dans lequel, on trouvera indiqués les principaux intervenants : Maître d'Œuvre, Entreprises, etc.

Ce catalogue sera périodiquement mis à jour afin de présenter les réalisations les plus récentes en la matière.

Comme pour les écrans, deux propriétés acoustiques déterminent le choix des matériaux utilisés pour les couvertures :

- la transmission,
- les qualités absorbantes des matériaux.

Cependant, d'autres aspects guideront le choix des matériaux :

- les surcharges à prendre en compte au-dessus de la couverture,
- éventuellement, la nécessité d'éviter de mettre en place un éclairage diurne par interposition d'éléments translucides, voire transparents,
- la tenue au feu, la tenue dans le temps, la résistance à la corrosion, l'aspect esthétique, etc.

Les deux premiers éléments font l'objet du présent paragraphe. Les autres sont analysés, dans le paragraphe 5.

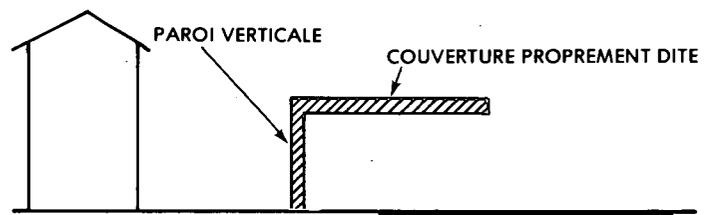
# Recommandations concernant la transmission

## 4.1

Pour concevoir une couverture et prévoir son efficacité en transmission, le Maître d'Œuvre, devra tenir compte de deux particularités de ce type de protection :

- comme indiqué dans le § 3 précédent, le champ acoustique qui règne sous une couverture n'est plus un champ direct comme dans le cas des écrans, mais il s'approche des conditions du champ réverbéré diffus. Cet effet conduit à une augmentation du niveau de pression acoustique dont la valeur est fonction de la surface de chaussée couverte et de l'aire d'absorption équivalente du système,

- dans le cas d'une couverture partielle, les éléments à caractériser ne se limitent pas à la couverture elle-même mais comprennent également, l'élément vertical qui soutient la couverture et clôt l'espace du côté de la zone à protéger.



### Indicateur de qualité

#### 4.1.1

Comme pour les écrans, on pourra utiliser soit des parois simples, soit des parois multiples pour réaliser des couvertures partielles ou totales de la chaussée.

Ces parois seront caractérisées en transmission par la mesure de l'indice d'affaiblissement en transmission noté « R ». Cet indice sera mesuré en laboratoire, conformément aux indications de la norme NFS 31002.

Le procès verbal de la mesure indiquera l'indice d'affaiblissement global, exprimé en dB (A), pour un spectre de bruit routier normalisé. Il indiquera

également la valeur de l'indice R par bande de fréquences du spectre de bruit routier normalisé, conformément aux indications du § 2.1.6 de la norme 31002.

Cet essai pourra être réclamé par le Maître d'Œuvre avant l'agrément d'un matériau. Il est à la charge du fabricant.

Le choix du laboratoire pour la mesure de l'indice d'affaiblissement en transmission pourra lui-même faire l'objet d'un agrément du Maître d'Œuvre.

### Objectif quantifié pour le choix d'un matériau à l'égard de la transmission

#### 4.1.2

De façon théorique, pour que la protection du récepteur soit bien réalisée, il convient que l'énergie transmise soit la plus faible possible, et donc que l'indice d'affaiblissement en transmission « R » soit le plus grand possible.

En pratique il n'est pas nécessaire de rechercher des atténuations en transmission trop importantes. Pour les couvertures, les exigences recommandées en matière d'atténuations en transmission dépendent du type de couverture.

#### ■ Couverture partielle de la chaussée

L'énergie transmise pourra être considérée comme négligeable devant l'énergie parvenant au récep-

teur par d'autres chemins (et notamment par diffraction, qui représente souvent le chemin prépondérant) si l'indice R est supérieur de 10 dB (A) à l'efficacité globale prévisible de la couverture.

Ainsi,

- si l'on admet que l'efficacité globale d'une couverture est du même ordre que celle apportée par un écran vertical dans la zone effectivement protégée, soit 8 à 12 dB (A) environ,
- si l'on tient compte de la modification du champ acoustique sous une couverture, et si l'on admet que ce champ est proche d'un champ réverbéré diffus,

il semble raisonnable d'exiger un indice d'affaiblissement en transmission qui aurait la valeur suivante :

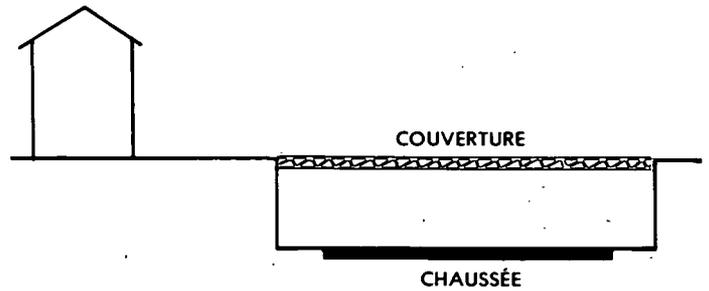
Largeur de chaussée couverte	L'indice d'affaiblissement acoustique moyen en transmission, sera au moins égal à :
1/4 de l'ensemble de la chaussée couverte	$R = 25 \text{ dB (A)}$
1/2 de l'ensemble de la chaussée couverte	$R = 28 \text{ dB (A)}$
3/4 de l'ensemble de la chaussée couverte	$R = 30 \text{ dB (A)}$

Cet indice d'affaiblissement est mesuré pour le spectre de bruit routier.

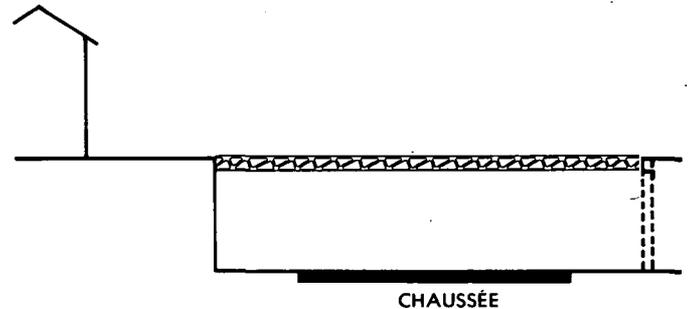
Il est applicable à la fois à la couverture proprement dite ainsi qu'à l'élément de la paroi verticale qui clôt l'espace côté protégé.

#### ■ Couverture totale de la chaussée

Dans le cas de la couverture totale d'une voie en tranchée, le chemin diffracté n'existe plus, si la conception et la réalisation de la couverture sont correctes. Les deux chemins par lesquels se propage l'énergie acoustique perçue, malgré tout, par le récepteur sont la transmission et l'énergie directe résiduelle.



Par contre, il peut exister d'autres cas de couvertures complètes pour lesquelles des diffractions subsistent : ce sont celles qui laissent subsister des ouvertures.



On peut admettre que même dans le cas de couverture complète où la diffraction subsiste, l'énergie perçue par ce chemin devient faible.

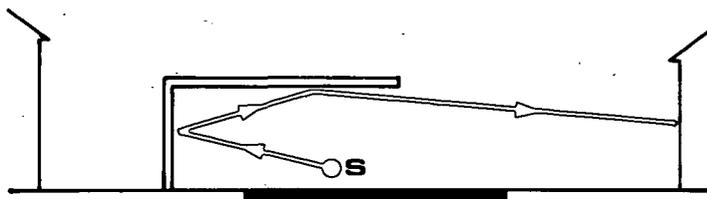
Dans ce cas, il est recommandé au Maître d'Œuvre de veiller à ce que la couverture proprement dite et, éventuellement, les éléments de la paroi verticale qui ferment l'espace côté protégé, présentent un indice d'affaiblissement moyen en transmission au moins égal à  $R = 32 \text{ dB (A)}$  pour le spectre de bruit routier.

# Recommandations concernant l'absorption

## 4.2

L'absorbant sera utilisé dans un système de couverture partielle ou totale dans le but de diminuer l'effet des réflexions multiples et donc de réduire le niveau sonore sous la couverture de façon à :

- réduire les effets d'une couverture partielle pour des riverains situés en face de la zone protégée,



- traiter les têtes de tunnels ou de tranchées couvertes,

### 4.2.1

### Indicateur de qualité

Nous rappelons ici l'essentiel des indications déjà données pour les écrans, qui seront considérées comme applicables aux couvertures.

Le pouvoir absorbant d'un matériau sera caractérisé par la mesure de son « facteur d'absorption acoustique  $\alpha$  Sabine ». Ce facteur varie entre 0 et 1. Un matériau est d'autant plus absorbant que son facteur  $\alpha$  est proche de 1. Il est mesuré en salle réverbérante, conformément aux indications de la norme NFS 31003, à une modification près : la mesure sera effectuée pour un spectre de bruit routier normalisé au voisinage des fréquences suivantes :

125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz.

Dans le cas de matériaux à absorption sélective, des mesures au voisinage des fréquences intermédiaires situées au 1/3 d'octave des fréquences précédentes, pourront être demandées.

- utiliser des parois aux caractéristiques en transmission légèrement inférieures à celles recommandées dans le § précédent.

Il a été indiqué en 3.5.2 ci-avant que le niveau de pression acoustique est proportionnel à  $10 \log \frac{KW}{A}$ , A représentant l'aire d'absorption équivalente. Utiliser un matériau absorbant, c'est chercher à augmenter l'aire d'absorption équivalente «  $A = \sum \alpha_i S_i$  » de façon à réduire le niveau sonore. (Si A est multiplié par 2, le niveau sonore diminue de 3 dB (A).

L'aire d'absorption équivalente sera d'autant plus grande que :

- la surface des matériaux absorbant «  $S_i$  » est grande,
- les coefficients d'absorption notés «  $\alpha_i$  » des matériaux sont bonnes.

Le procès verbal d'essai devra comprendre :

- le mode opératoire utilisé,
- la dimension de la salle réverbérante,
- la surface du matériau soumis aux essais, ses conditions de fixation et sa répartition dans la salle,
- la composition et le nom du matériau essayé, indiqué par le demandeur,
- la température et l'état hygrométrique de la salle d'essais,
- les durées de réverbération mesurées dans la salle nue et dans la salle munie du matériau essayé,
- les circonstances particulières et incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le coefficient  $\alpha$  Sabine doit être donné avec deux décimales, pour les fréquences du bruit routier mentionnées ci-dessus.

Le procès-verbal d'essai pourra être réclamé par le Maître d'Œuvre avant l'agrément du matériau. Il est à la charge du fabricant.

Le choix du laboratoire pour la mesure du coefficient d'absorption acoustique pourra faire l'objet d'un agrément par le Maître d'Oeuvre.

Dans le cas où ce n'est pas un matériau seulement qui assure l'absorption mais tout un dispositif (ex. écrans à parois multiples avec garnissage intérieur

en matériau absorbant), c'est l'ensemble du dispositif qui doit être testé dans les conditions ci-dessus indiquées.

Dans ce cas la surface du matériau sera aussi grande que possible. Elle devrait être supérieure à 7 m<sup>2</sup>.

## Objectif quantifié

### 4.2.2

Dans la pratique, compte tenu des connaissances actuelles et des matériaux proposés actuellement sur le marché, il est recommandé d'admettre comme un bon absorbant, un matériau ou dispositif qui présente un coefficient  $\alpha$  Sabine, mesuré en laboratoire, d'une valeur au moins égale aux valeurs suivantes :

Fréquences bruit route	$\alpha_s$ par bande de fréquence
125 Hz	0,3
250 Hz	0,5
500 Hz	0,6
1 000 Hz	0,6
2 000 Hz	0,8
4 000 Hz	0,8

Si, malgré tout, un matériau ou dispositif présentait des caractéristiques d'absorption légèrement inférieures aux valeurs ci-dessus, et si son emploi présentait des avantages réels au regard d'autres sujétions (ex. : coût, facilité de pose, tenue aux intempéries, etc.), son utilisation pourrait être envisagée. Dans ce cas, il conviendrait cependant pour le Maître d'Oeuvre d'agréer le matériau ou le dispositif, après avoir recueilli l'avis technique des services spécialisés.

Les présentes recommandations ne sauraient exclure des matériaux mis au point postérieurement à leur rédaction. Ainsi, si des matériaux nouveaux étaient proposés sur le marché; et si ils ne respectaient pas les valeurs indiquées ci-dessus, il conviendrait pour le Maître d'Oeuvre de se rapprocher de spécialistes en acoustique afin de juger de leurs qualités et de l'opportunité de leur utilisation.

## Recommandations d'utilisation des matériaux absorbants 4.2.3

Les matériaux absorbants seront utilisés sous des couvertures partielles ou totales pour réduire les effets de réflexions, et notamment :

- la création d'un système très directif d'émission sonore constitué par la chaussée circulée, la paroi verticale et la couverture de la chaussée (cf. § 3.4 ci-dessus),
- l'augmentation du niveau de pression sonore sous une couverture.

Cependant l'efficacité acoustique de ces matériaux, si elle peut être sensible dans certaines situations, n'en demeurera pas moins limitée, et ne saurait en tout état de cause, résoudre tous les problèmes.

Les indications suivantes portent sur les ordres de grandeur des efficacités à attendre et sur les recommandations liées à l'utilisation de ces matériaux.

### ■ Efficacité des matériaux absorbants

Les absorbants actuellement utilisables ont une efficacité limitée : ils présentent des caractéristiques d'absorption intéressantes pour les fréquences aiguës mais faibles pour les fréquences graves.

La mesure des coefficients d'absorption montre que les absorbants actuels permettent d'absorber environ 50 à 60 % de l'énergie des ondes incidentes, pour des fréquences comprises entre 250 Hz et 1 000 Hz. Au-delà de 1 000 Hz, la proportion

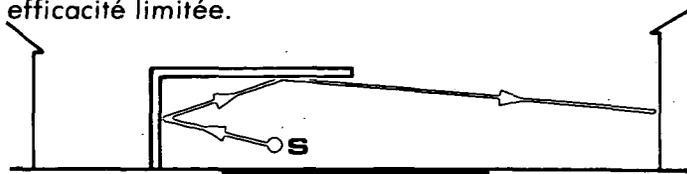
d'énergie absorbée est généralement supérieure à 90 %. Pour 125 Hz, elle est d'environ 30 %, et en deçà de 125 Hz, elle est d'autant plus faible que la fréquence est basse, et devient vite négligeable.

Globalement, pour l'ensemble des fréquences du spectre de bruit routier normalisé, l'utilisation de matériaux absorbants actuels tend à diminuer de 50 % au plus l'énergie réfléchiée et à se rapprocher d'autant des conditions du champ direct.

Enfin, les absorbants sont d'autant plus intéressants que l'aire d'absorption qu'ils représentent est grande vis-à-vis de la surface d'ouvertures existant sous la couverture. Pour augmenter l'efficacité d'un absorbant, on recherchera des formes visant à multiplier les réflexions sur celui-ci.

### ■ Utilisation sous une couverture partielle

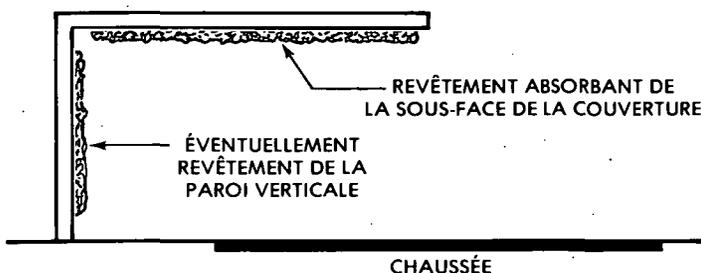
Si on cherche à diminuer la nuisance acoustique provoquée par les réflexions pour des riverains situés en face de la zone protégée, l'utilisation de matériaux absorbants sera probablement d'une efficacité limitée.



Seul un calcul précis permettra de déterminer l'effet de l'absorbant dans ce cas :

Compte tenu de l'importance des limites de l'efficacité des matériaux absorbants, il convient de retenir que l'utilisation de tels matériaux ne devrait apporter qu'exceptionnellement des efficacités supérieures à 5 dB (A) sur le niveau sonore global perçu en façade.

Dans ce cas pour un maximum d'efficacité, l'absorbant sera placé en revêtement de la sous face de la couverture. Il pourra également être utilisé en revêtement de la paroi verticale, mais en sachant que l'efficacité du revêtement de la paroi sera généralement plus faible que celui de la couverture proprement dite, et d'autant plus faible que la couverture est large.



### ■ Traitement des extrémités de tranchée couverte

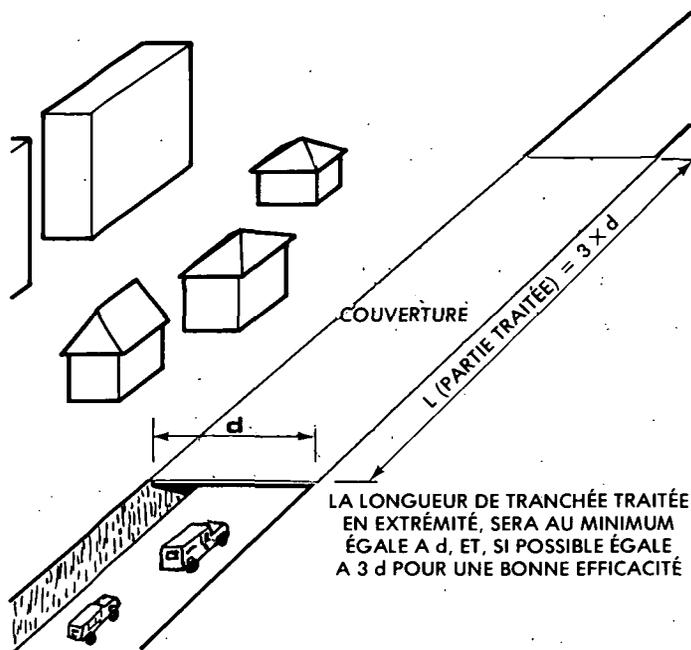
L'augmentation du niveau sonore sous la couverture d'une tranchée couverte peut se révéler gênante pour certains bâtiments implantés à proximité immédiate d'une extrémité. Encore faut-il préciser que cet effet a été souvent largement surestimé et, que l'expression « effet canon » semble fort impropre à la représentation de ce phénomène.

Néanmoins, un traitement de l'extrémité d'une tranchée couverte pourra s'avérer parfois nécessaire, dans le but de limiter les effets des réflexions et de se rapprocher des conditions du champ direct.

Ce traitement consistera généralement à revêtir la sous face de la couverture et les parois verticales intérieures de matériaux absorbants.

Pour la longueur de tranchée devant être ainsi traitée, il n'existe pas de recommandation précise. Cependant il convient de retenir que pour que ce traitement ait une bonne efficacité, la longueur de tranchée revêtue d'absorbant pourra être prise

égale à 3 fois la largeur de la couverture. En aucun cas on ne descendra en deçà d'une longueur minimum, égale à la largeur de cette couverture.



### ■ Diminution du niveau sonore sous la couverture

S'il est envisagé par un Maître d'Œuvre de traiter la totalité d'une tranchée couverte ou d'une couverture partielle par un revêtement de matériau absorbant, ce traitement conduira à une diminution du niveau sonore sous la couverture.

Cette diminution pourra permettre :

- soit de réduire les dimensions d'une couverture partielle par rapport à une couverture réfléchissante, en considérant que l'énergie parvenant au récepteur en diffraction sera plus faible puisque le niveau sonore à l'émission à prendre en compte à la sortie de la couverture est plus faible.
- soit de diminuer l'exigence en transmission imposée à la couverture, et donc d'admettre un indice d'affaiblissement en transmission « R » légèrement inférieur à celui d'une couverture réfléchissante.

Pour l'instant, ces effets doivent être considérés comme quantitativement faible. Seul, un calcul précis et des mesures nombreuses sur des couvertures existantes permettront de mieux les préciser.

# Cas particulier des systèmes de couverture « ouverte »

4.3

Les deux chapitres précédents traitent des couvertures étanches en transmission.

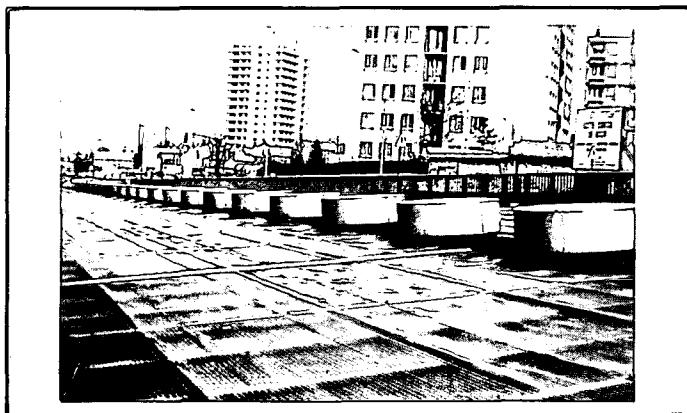
Il existe cependant des cas particuliers de couvertures où des ouvertures sont pratiquées.

## Ouvertures acoustiquement gênantes

4.3.1

Il sera parfois nécessaire de prévoir des ouvertures pour d'autres raisons que l'acoustique : mise en place de ventilations par exemple.

Dans ce cas, et chaque fois que la destination de l'ouverture pratiquée le permettra, toutes mesures de capotage au traitement du type « silencieux » devront être prévues pour restituer à la couverture son efficacité acoustique.



Pour ces couvertures, des recommandations particulières sont nécessaires.

Les liaisons entre couverture et éléments porteurs doivent être particulièrement étudiées pour qu'aucune fente n'apparaisse, qui réduirait considérablement cette efficacité. Ce sera également le cas des écoulements des eaux qui ne doivent pas provoquer l'apparition de trous acoustiques.

Quand des mesures de capotage temporaire ou permanent ne pourront être prises, il convient de retenir que toute ouverture pratiquée dans la couverture, même si ses dimensions sont faibles, est très préjudiciable à l'efficacité acoustique globale.

Dans ce cas, et autant que faire se peut, le dispositif testé en transmission en laboratoire devra être représentatif du dispositif réellement mis en place in situ, d'où la nécessité de mesurer l'indice R sur des surfaces aussi grandes que possible.

◀ Les « champignons », sur la couverture légère de l'autoroute B 6, sont en fait des ventilateurs qui peuvent être utilisés temporairement, à la demande. Non utilisés, ils sont recouverts d'un capotage qui restitue à la couverture sa bonne efficacité en transmission.

## Ouvertures acoustiquement dissipatives

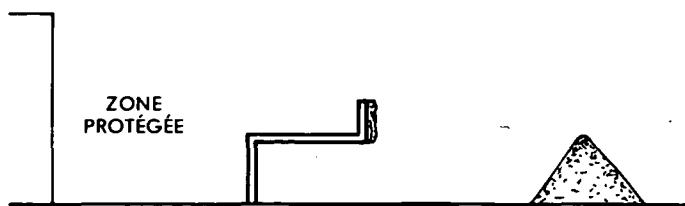
4.3.2

Dans certaines couvertures, on utilise les ouvertures, traitées de façon appropriée, pour apporter l'efficacité acoustique souhaitée tout en permettant d'éviter ou de réduire la ventilation ou l'éclairage diurne.

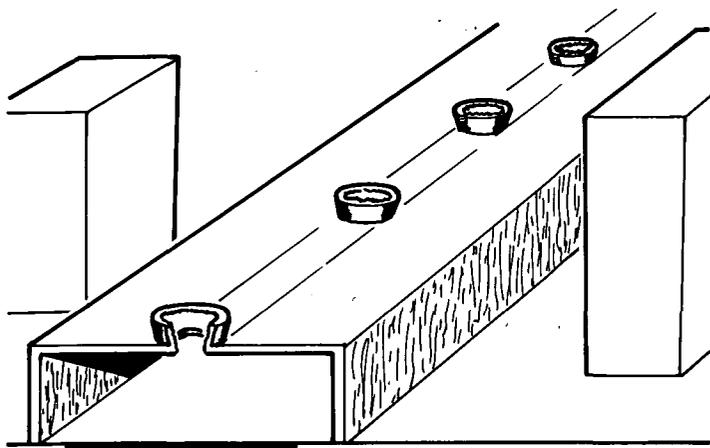
Ces couvertures sont encore actuellement en cours de mise au point. Avant d'indiquer des recommandations les concernant, il faudra avoir suffisamment poussé leur mise au point et leur expérimentation en vraie grandeur.

Dans cette catégorie de couverture, on peut ranger :

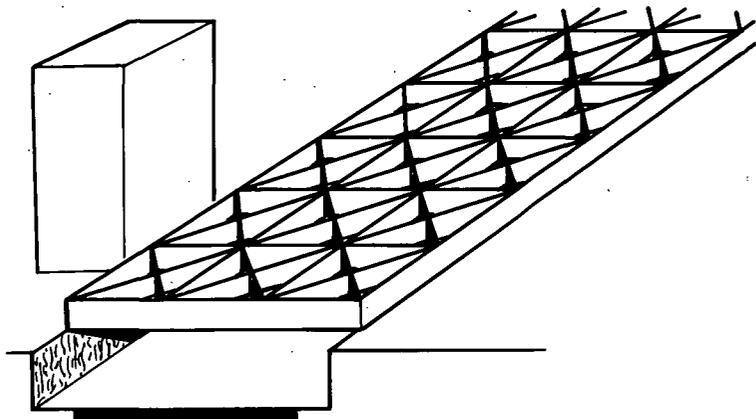
- tous les systèmes mixtes existants ou futurs de couvertures partielles surmontées d'auvents, d'écrans verticaux, revêtus d'absorbants.



- les systèmes de couverture avec ventilation permanente traitée en conduits acoustiques, les conduits étant revêtus d'absorbants.



- les systèmes dits de « damiers acoustique » ou « damier phonique » qui utilisent l'effet conduit pour apporter l'atténuation souhaitée dans certaines zones de l'espace (cf. § 2 : classification des couvertures).



Pour ces systèmes, la notion d'affaiblissement acoustique en transmission n'a plus de signification.

La vérification de leurs qualités acoustiques ne sera plus basée sur le respect d'exigences en matière d'affaiblissement en transmission ou en diffraction.

Ces systèmes seront examinés en fonction de leur efficacité globale selon certains angles de site.

En conséquence, le Maître d'Œuvre qui aurait à les utiliser pourra imposer un niveau sonore à ne pas dépasser en façade, en certains points de la zone à protéger.

Sur cette base, le concepteur de la protection et son fabricant adapteront leur produit en fonction de l'objectif à atteindre.

La conception des systèmes de couverture à ouvertures acoustiquement dissipatives est complexe. L'efficacité de ces systèmes est difficile à prévoir. Pour leur contrôle et leur agrément, il conviendra pour l'instant de se mettre en relation avec des spécialistes en acoustique, voire de réaliser des essais sur maquette avant mise en œuvre.

**AUTRES**  
**RECOMMANDATIONS**  
**TECHNIQUES**  
**RELATIVES**

**5**

**AUX COUVERTURES**  
**PARTIELLES**  
**OU TOTALES**  
**DES CHAUSSÉES**

**RECOMMANDATIONS**  
**TECHNIQUES**



# Stabilité

## propre de l'ouvrage

5.1

Une couverture ne possède pas du point de vue de sa stabilité de caractère spécifique.

Les règles de calcul classiques (béton armé, béton précontraint, métal) de tout édifice public sont donc applicables ; et notamment le fascicule 61 « Conception, Calcul et Epreuve des Ouvrages d'Art » du Cahier des Prescriptions Communes applicable aux Marchés des Travaux Publics passés au nom de l'Etat.

Pour sa conception, on appliquera notamment les indications des chapitres suivants :

- Titre 6 « Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages en Béton Armé ».
- Titre 7 « Conception et Calcul des Ouvrages en Béton Précontraint » (à paraître). En attendant sa parution, on se référera provisoirement à la circulaire 73-110 du 13 juin 1973.
- Titre 5 « Conception et Calcul des Ponts et Constructions Métalliques en Acier ».

Les fondations seront déterminées en fonction des caractéristiques de site et de la qualité des terrains pour les charges suivantes :

### ■ Poids propre :

Le poids propre d'une couverture se compose du poids des éléments de paroi et de celui des éléments porteurs.

Pour la vérification de la stabilité, il y a lieu d'utiliser, selon le type de matériau employé, soit le poids à l'état sec, soit (si celui-ci est moins favorable du point de vue de la stabilité) le poids à l'état humide. Une surcharge résultant d'un remplissage à 20 % (dans le cas de matériaux absorbants) permettra de tenir compte de l'exposition du matériau à la pluie, ou à l'eau de projection.

### ■ Charges d'ordre climatique :

D'une façon générale, la couverture devra satisfaire au règlement NV 65 modifié 1967.

### ■ Charges relatives aux aménagements de surface :

Elles comprennent l'ensemble des éléments devant demeurer de façon permanente sur la couverture telles que les bacs de terre, la couverture végétale, le mobilier urbain, etc...).

### ■ Surcharge d'exploitation :

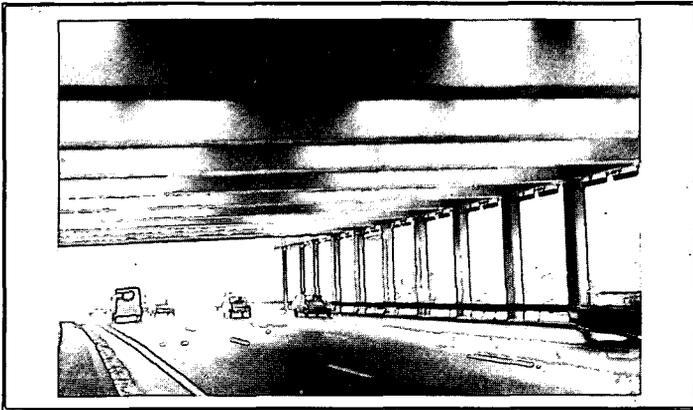
On se référera au Titre 2 du fascicule du Cahier des Prescriptions Communes pour les Ouvrages Routiers « Conception, Calcul et Epreuve des Ouvrages d'Art ».

Si des problèmes particuliers de stabilité étaient rencontrés par un Maître d'Œuvre, celui-ci pourra utilement s'adresser au S.E.T.R.A. - Division Ouvrage d'Art ; pour la détermination des efforts, le dimensionnement des éléments de couverture, des éléments porteurs et des appuis.

# Sécurité à l'égard du choc d'un véhicule

## 5.2

Pour des raisons d'économie, les éléments porteurs d'une couverture partielle ou totale sont implantés au plus près des voies de circulation, afin de réduire sa largeur au juste nécessaire.



Les éléments porteurs, peuvent être heurtés par les véhicules, notamment s'ils sont implantés sur terre-plein central.

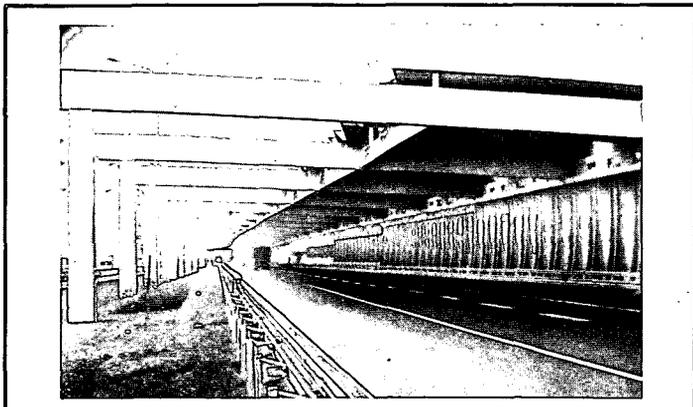
Ainsi implantés, ces éléments porteurs peuvent être heurtés par un véhicule qui quitterait accidentellement la chaussée.

Il s'ensuit deux types d'effets :

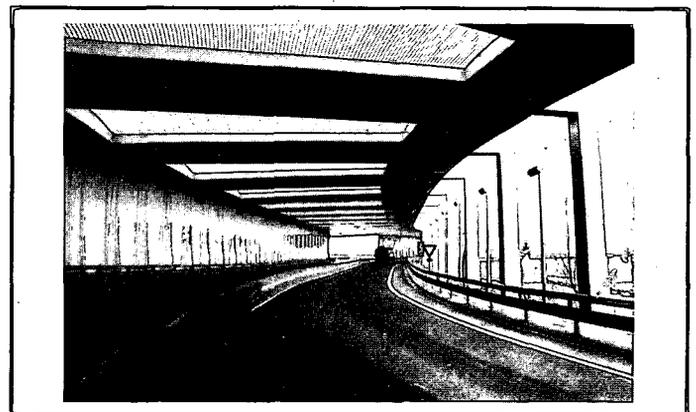
- s'ils sont très résistants, ces éléments porteurs peuvent constituer un obstacle très agressif à l'égard des véhicules. Il convient de les isoler comme des piles de pont ou des écrans par exemple,
- s'ils ne sont pas suffisamment résistants, ils peuvent être détruits lors du choc d'un véhicule poids lourd notamment. Dans ce cas, il convient de s'assurer que la destruction d'un appui n'entraîne pas la ruine totale ou partielle de la couverture afin d'éviter tout risque d'accidents secondaires graves pour le véhicule accidenté ou pour les véhicules qui seraient situés à proximité.

### 5.2.1 Isolement des appuis pour la protection des automobilistes

Du côté de la zone à protéger, la couverture est complétée par une paroi verticale. Cette paroi doit être traitée comme un écran vertical à ses extrémités et en section courante, à l'égard de la sécurité (cf § 4.2 de la 1<sup>re</sup> partie des présentes recommandations).



Il convient d'isoler les éléments porteurs par un dispositif de retenue appropriée (ici des glissières).



Dans la couverture de la bretelle de l'échangeur de Colombes c'est une barrière apte à retenir les poids lourds qui a été mise en place. Elle est justifiée par des caractéristiques géométriques très serrées et un fort pourcentage poids lourds.

Elle sera donc isolée par un dispositif de retenue classique, soit une glissière de sécurité du type GS2 ou GS4 pour la retenue des berlines, soit une barrière de sécurité pour la retenue des poids lourds.

Les appuis, s'ils sont ponctuels (reprise des efforts sur des poteaux implantés latéralement à la voie ou bien sur terre-plein central) ou continus (mur porteur) seront isolés à l'aide de dispositifs classiques de retenue des véhicules.

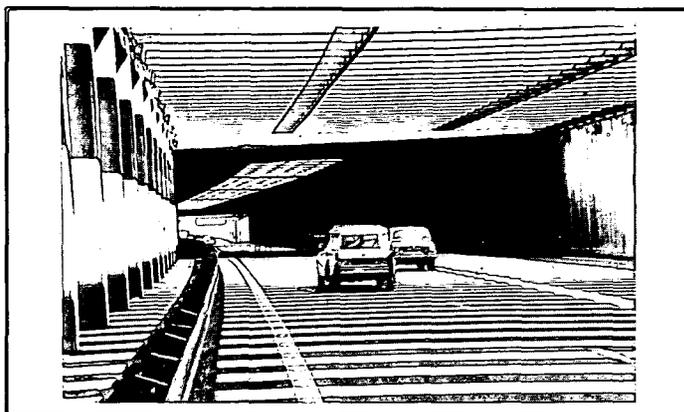
## Risque de destruction de la couverture

### 5.2.2

Afin d'éviter tout risque de destruction de la couverture, et donc d'accident secondaire grave, le Maître d'Œuvre pourra envisager :

- soit d'isoler les appuis contre tout risque de heurt, notamment par les véhicules lourds,
- soit de concevoir et de dimensionner les appuis de façon à ce qu'ils résistent au choc d'un véhicule et notamment, s'il n'est pas improbable, au risque d'un choc de poids lourd,
- soit de prendre toute disposition au niveau de la conception d'ensemble de la couverture et des appuis pour que la ruine d'un poteau n'entraîne pas la destruction de la couverture. Il pourra par exemple étudier une structure porteuse sur plusieurs appuis de façon qu'en cas de ruine d'un poteau, les 2 poteaux adjacents assurent la tenue d'ensemble du dispositif.

D'une façon générale, pour les problèmes de sécurité à l'égard des véhicules, le Maître d'Œuvre pourra consulter pour avis le S.E.T.R.A. - Division Exploitation Sécurité ou Division Ouvrage d'Art.



On peut aussi concevoir et dimensionner la structure pour éviter tout risque de destruction de la couverture.

# Autres aspects liés à la sécurité

## 5.3

Par bien des aspects, que ce soit le calcul de stabilité propre de l'ouvrage, le dimensionnement de ses éléments porteurs et de ses fondations, une couverture acoustique se conçoit comme un ouvrage classique.

Pour ce qui est de la sécurité incendie, l'éclairage, la ventilation, la pollution, elle peut être rapprochée d'un tunnel.

On trouvera auprès des spécialistes de ces ouvrages et en particulier auprès de ceux du Centre d'Études

des Tunnels les spécifications et recommandations déjà existantes.

Les indications qui suivent se limitent aux caractères particuliers des ouvrages conçus en tant que protections acoustiques. Elles ne constituent pas toujours des recommandations mais, parfois, se contentent d'attirer l'attention sur certains problèmes particuliers, ou bien complètent les indications données par ailleurs.

### 5.3.1

## Incendie

### ■ Position du problème

Le problème de l'incendie ne touche que très accessoirement la conception des écrans verticaux, comme indiqué dans la première partie des présentes recommandations.

Par contre, il devient très important pour les couvertures. Si en effet, par suite d'un accident sur la chaussée, un incendie se déclare, outre le problème des fumées et des gaz, traités dans le § 5.5 ci-après relatif à la ventilation, il est nécessaire d'éviter :

- qu'un matériau utilisé dans la construction d'une couverture propage le feu et aggrave les conséquences de l'incendie initial,
- qu'un incendie en un point donné provoque la destruction et la ruine de la couverture dans un temps inférieur à celui nécessaire pour assurer l'évacuation des personnes,
- que certains matériaux au contact du brasier se détruisent et provoquent des accidents secondaires graves par émission de gaz toxiques ou par éclatement et projection de fragments dangereux.

Ces risques conduisent à recommander l'utilisation de matériaux particuliers lors de la construction de couvertures acoustiques.

### ■ Indicateur de qualité

Un arrêté du 4 juin 1973 du ministère de l'Intérieur (1) a fixé la classification des matériaux et éléments de construction par catégories selon leur comportement au feu, et codifié les méthodes permettant de déterminer leur classement.

#### ● Réaction au feu :

Cet arrêté répartit les matériaux en six catégories, en fonction de leur réaction au feu :

- M0 = Incombustible
- M1 = Non inflammable
- M2 = Difficilement inflammable
- M3 = Moyennement inflammable
- M4 = Facilement inflammable
- M5 = Très facilement inflammable.

Les éléments de classification retenus du point de vue de la réaction au feu sont les suivants :

- caractère combustible ou incombustible du matériau
- degré plus ou moins grand d'inflammabilité
- quantité de chaleur dégagée par la combustion
- présence ou absence de gaz inflammable.

(1) Journal officiel du 26 juillet 1973.

### ● résistance au feu :

Par ailleurs, les matériaux sont classés en degrés selon leur résistance au feu. Ce classement est basé sur la mesure de la durée pendant laquelle les matériaux jouent le rôle qui leur est assumé dans la construction alors qu'ils sont soumis à l'action d'un programme thermique normalisé.

Suivant le rôle qu'ils sont appelés à jouer au cours d'un incendie, on distingue 3 types de matériaux :

- les éléments stables au feu pour lesquels, seul, le critère de résistance mécanique est requis,
- les éléments pare-flammes qui, en plus de leur résistance mécanique, assurent une étanchéité aux flammes tout en évitant toute émission de gaz inflammable,
- les éléments coupe-feux qui assurent en plus une bonne isolation thermique.

Dans chacune de ces catégories, le classement à la résistance au feu s'exprime en degrés selon qu'ils ont satisfait aux essais pendant 6 h, 4 h, 3 h, 2 h, 1 h 1/2, 1 h, 1/2 h ou 1/4 d'heure.

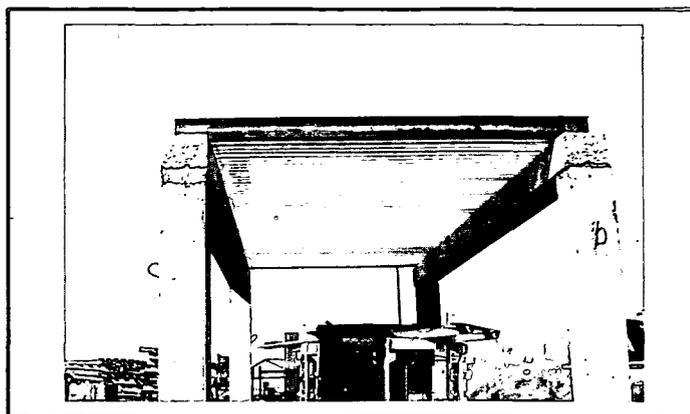
Les méthodes qui permettent de déterminer le degré de résistance au feu, par mesure, par analogie, ou par calcul sont décrites dans l'arrêté du 5 janvier 1959.

Ces indicateurs de réaction et de résistance au feu étant par ailleurs utilisés par le Centre d'Etude des Tunnels pour caractériser les matériaux qui entrent dans la construction des tunnels, seront considérés comme significatifs pour les couvertures acoustiques.

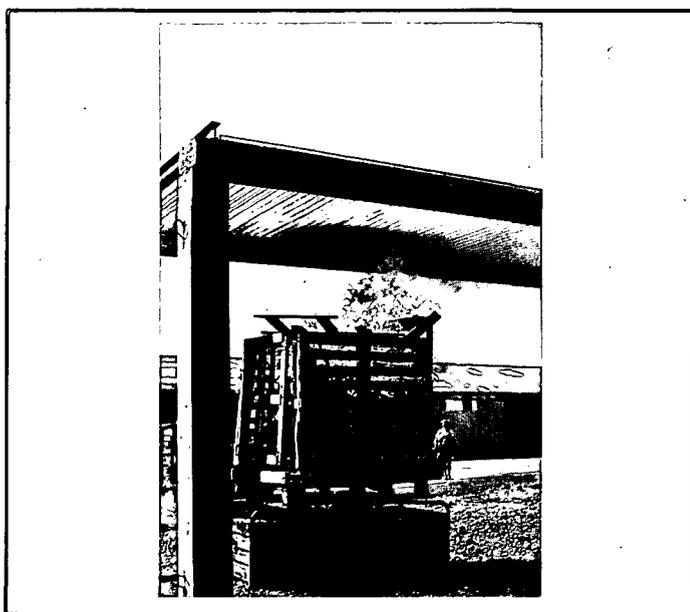
Le matériau (classé M 1) s'avère bien non inflammable,...



...au bout d'un certain temps il s'est consumé localement. Les vapeurs et la fumée s'échappent. Le feu ne s'est pas propagé, les éléments ne se sont pas enflammés.



Matériaux translucides testés à l'action d'un programme thermique normalisé, avant utilisation dans une couverture acoustique.



### ■ Recommandation relative au choix des matériaux

Afin d'éviter tout risque d'accident secondaire grave en cas d'incendie d'un véhicule sous une couverture acoustique, il est recommandé de n'utiliser que des matériaux de classe M0 ou M1 pour les éléments de construction ou le revêtement de piédroits.

Les parois de gaines techniques seront coupe feu de degré 2 heures minimum.

Si la couverture contient des éléments porteurs d'une aire ouverte au public en super structure, ces éléments seront stables au feu de degré 2 heures.

## Circulation des piétons, évacuation des usagers 5.3.2

En ce qui concerne la circulation des piétons, l'évacuation des usagers, l'arrêt ou l'évacuation des véhicules, des indications utiles sont fournies dans le « Dossier pilote des tunnels » édité en 1976 par le Centre d'Etudes des tunnels. On pourra s'en inspirer si la couverture partielle ou totale des chaus-

sées pour des raisons de protection acoustique conduit à créer des conditions proches de celles des tunnels. Certaines dispositions de génie civil aptes à contribuer à la sécurité des usagers et à faciliter les secours y sont indiquées.

## 5.4

## 5.4.1

## Position du problème

Il n'existe pas d'indications concernant le fait de savoir s'il convient d'éclairer ou non, notamment en période diurne, une chaussée couverte.

Par contre, lorsque la décision de mettre en place un éclairage est prise, il existe de nombreuses recommandations techniques qui permettent de réaliser cet éclairage, et notamment :

- les recommandations relatives à l'éclairage extérieur, rédigées par l'Association française de l'Eclairage (A.F.E.),
- le dossier pilote des tunnels, fascicule « Equipement et Exploitation » rédigé par le Centre d'Etude des Tunnels et édité par le Ministère de l'Equipement — Direction des Routes et de la Circulation routière — en 1976.

On se reportera à ces documents, ainsi qu'à tout autre document spécialisé en la matière, pour la définition technique des éclairages à mettre en place.

Pour les présentes recommandations, les indications suivantes vont plutôt aborder les problèmes spécifiques des couvertures conçues comme protections acoustiques, et notamment :

- faut-il éclairer, sous une couverture acoustique opaque en période diurne ?
- peut-on éviter l'éclairage diurne moyennant certains aménagements ? (avantages et inconvénients de ces aménagements)
- comment traiter les zones transitoires (couvertures partielles, tête de tunnel,...)

## 5.4.2

## Eclairage sous une couverture totale opaque

Le préambule de la section 2 relative à l'éclairage des tunnels (fascicule 4 du dossier pilote des tunnels) présente la fonction de l'éclairage sous une couverture et également les problèmes qu'il pose :

« L'éclairage n'est pas seulement un facteur de sécurité et de confort pour les automobilistes. Il est aussi une condition essentielle de l'utilisation des tunnels pour la circulation automobile dans des conditions d'ambiance peu éloignées des conditions à l'air libre.

« L'éclairage représente en général une part non négligeable du coût d'investissement des tunnels (5 à 10 % environ). Dans certains cas spécifiques, et notamment dans les tunnels courts, cette proportion peut être largement dépassée (15 à 18 %).

« Il conduit, après mise en service, à des dépenses d'entretien et de fonctionnement dont la capitalisation peut représenter une somme également très importante.

« Les contraintes nées d'un entretien systématique de ces installations en tunnel circulé nécessitent,

que les dispositions adoptées (notamment sur le plan géométrique) en aient largement tenu compte lors de l'étude du projet. »

Le Centre d'Etudes des Tunnels distingue deux catégories d'ouvrages :

- les tunnels courts, d'une longueur maximale de 80 à 100 m,
- les tunnels longs, d'une longueur supérieure à 100 m.

## ■ Tunnels courts

D'une façon générale, il est possible d'éviter l'installation d'un éclairage dans les tunnels courts. Il convient tout de même de s'en assurer, dans chaque cas particulier, en tenant compte :

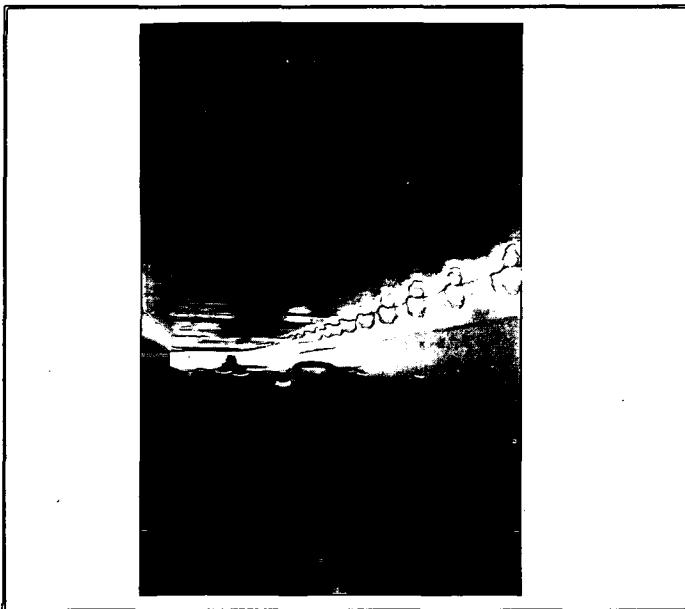
- des conditions d'environnement aux têtes de l'ouvrage,
- de l'ouverture du tunnel en hauteur et en largeur,
- de la classe de l'itinéraire et de l'importance du trafic qui l'emprunte,
- de la présence ou non d'un éclairage nocturne sur les voies d'accès.

## ■ Tunnels longs

Ils comprennent :

- une zone d'entrée où les conditions d'éclairage varient de celle qui règne à l'air libre (20 000 à 100 000 lux de jour) à quelques dizaines de lux, selon le niveau d'éclairage choisi ;
- une zone de section courante, généralement éclairée ;
- une zone de sortie.

L'éclairage des zones d'entrée et de sortie doit permettre à l'œil de s'adapter aux conditions d'éclairage de la section courante en évitant l'effet de « trou noir » et en lui permettant de distinguer les parois latérales et les obstacles éventuels.



Eclairage permanent sur la couverture de l'autoroute A 13 au départ de PARIS.

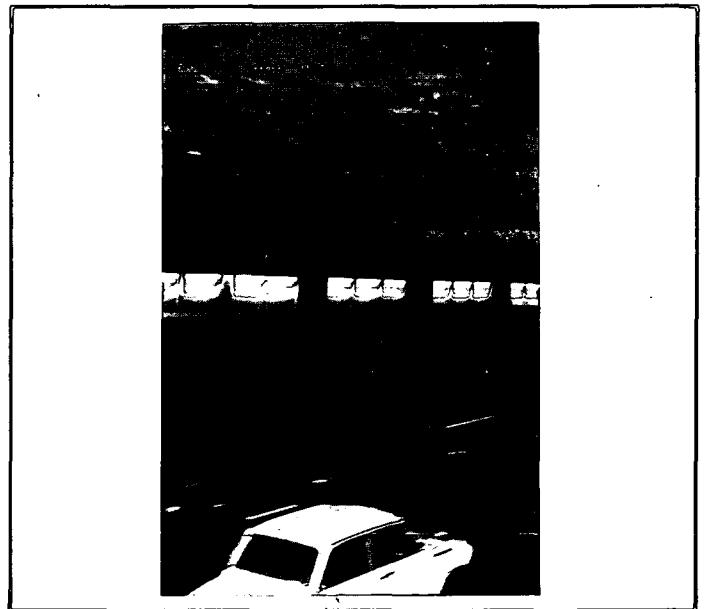
Le choix des niveaux d'éclairage s'effectue dans ces zones, en fonction :

- de la luminance moyenne de l'environnement à l'entrée de l'ouvrage,
- du niveau d'éclairage retenu pour la section courante,
- de la vitesse des véhicules.

L'éclairage des sections courantes doit permettre d'assurer une bonne visibilité des obstacles, un bon guidage des véhicules ainsi qu'une bonne qualité de l'ambiance lumineuse.

Le niveau d'éclairage retenu dépendra de la situation du tunnel (montagne, rase campagne, urbain).

Ces indications constituent un résumé sommaire des recommandations du Centre d'Etudes des Tunnels auprès de qui on pourra obtenir toute indication complémentaire pour la conception de ces éclairages et le choix des niveaux d'éclairage.



Eclairage permanent sous une des couvertures acoustique du Boulevard Périphérique de PARIS (Porte des LILAS).

## Dispositions pour éviter l'éclairage diurne

### 5.4.3

Outre son coût d'Investissement et d'Entretien, un dispositif d'éclairage entraîne des coûts d'exploitation qui peuvent être importants. Elle dépend bien sûr de la puissance de l'installation. Pour les réduire, le Maître d'Œuvre d'une couverture acoustique peut examiner les aménagements qui permettraient de l'éviter, en période diurne :

### ■ Ouvertures traitées acoustiquement.

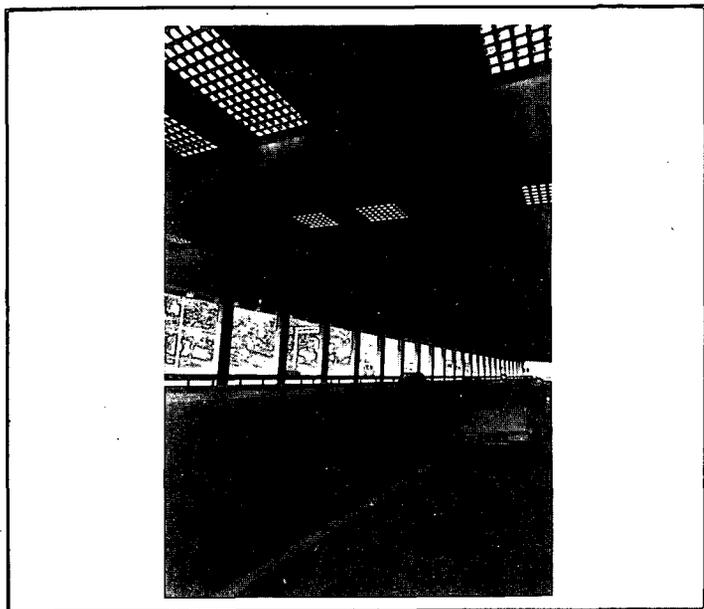
Une première solution consiste à aménager des trous dans la couverture et les traiter comme des conduits acoustiques. Ce type d'aménagement correspond assez bien au principe des damiers acoustiques. Il présente l'inconvénient de faire de la couverture un ouvrage géométriquement complexe, mais également de perdre une grande partie de l'efficacité acoustique sous certains angles qu'il convient de définir cas par cas.

## ■ Éléments translucides inclus dans la couverture.

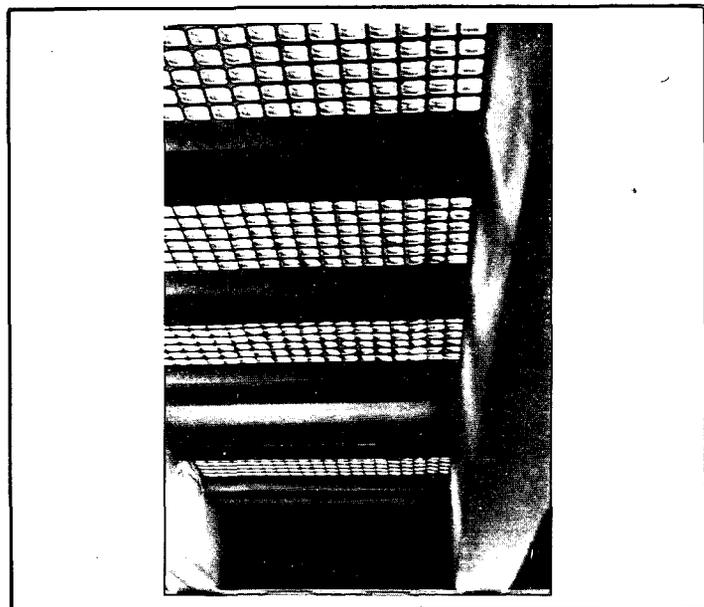
Une seconde solution consiste en une mise en place d'éléments translucides, voire transparents dans la couverture.

Dans ce cas, la répartition en surface et la quantité totale d'éléments translucides doivent être déterminées en fonction des qualités des matériaux utilisés.

On pourra utiliser le verre, le verre armé, le plastique translucide et, d'une façon générale, tous les matériaux transparents ou translucides répondant par ailleurs aux différentes recommandations contenues dans le présent ouvrage.



Dans une couverture partielle du Boulevard Périphérique de PARIS (Porte de la Muette) des éléments translucides ont été utilisés...



...Ces pavés de verre sont répartis aussi uniformément que possible. Ils permettent d'éviter l'éclairage diurne.

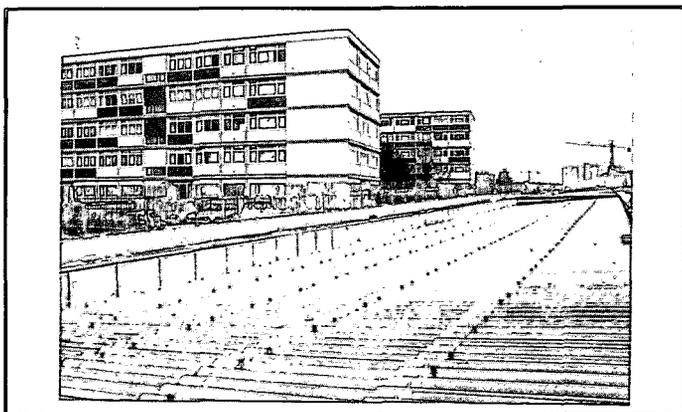
L'attention du Maître d'Œuvre est attirée sur les éléments suivants qu'il convient d'examiner pour la conception et la réalisation de ces couvertures :

### ● Homogénéité de l'éclairage

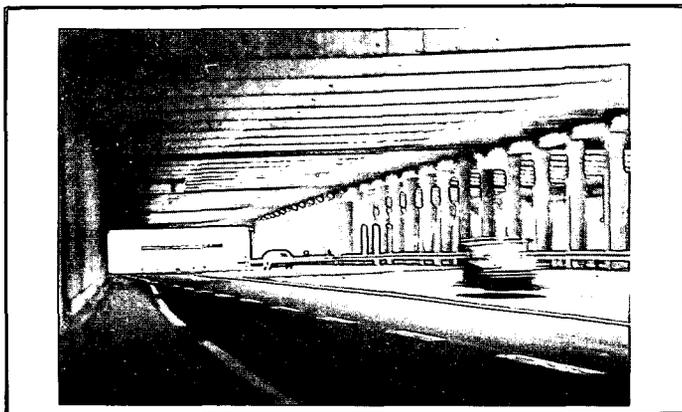
La répartition des éléments translucides ne doit pas provoquer, pour l'automobile, l'apparition de zones de lumière et des zones d'ombre dont la luminance pourrait varier de façon brusque, qui risqueraient de conduire à une gêne des automobilistes, voire une diminution du niveau de sécurité de la circulation. Il y a lieu d'éviter par exemple les raies d'ombre et de lumière perpendiculaires à la direction de circulation, qui « hachent » la lumière et sont particulièrement gênantes. Ainsi, les éléments translucides doivent être répartis aussi régulièrement que possible sur la plus grande partie de la couverture, afin d'obtenir une bonne homogénéité de l'éclairage.

### ● Eblouissement

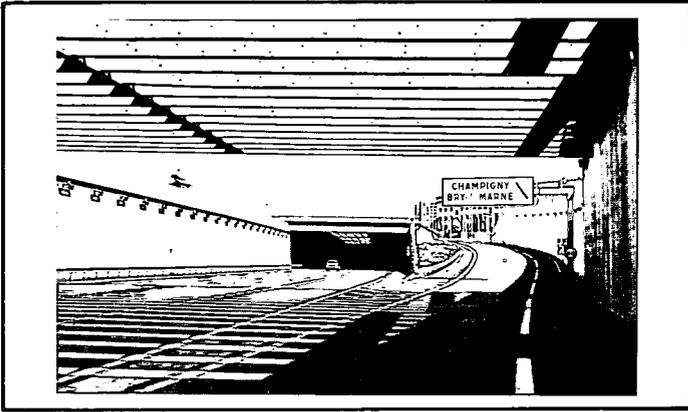
L'éblouissement constitue un risque à proscrire. L'utilisation de matériaux transparents qui ne seraient pas traités ou disposés de façon à éviter ce risque est déconseillée. Les matériaux translucides présentent à cet égard toute garantie et leur utilisation est recommandée.



Une des couvertures acoustiques de l'autoroute A4, comporte des éléments translucides en plastique disposés longitudinalement.



L'éclairage sous la couverture, en période diurne s'avère suffisant sans l'aide d'un éclairage artificiel.



Un dispositif qui « hache » la lumière peut provoquer un gêne pour l'automobiliste.

#### ● Surface utile d'éléments translucides

La surface totale des éléments translucides ou transparents utilisés dépendra du facteur de transmission lumineuse du matériau utilisé. On se reportera aux documents spécialisés pour définir la surface nécessaire, en fonction du niveau d'éclairage que l'on souhaite obtenir par éclairage naturel diurne.

#### ● Nettoyage - surcharge d'exploitation

Si l'on veut que les éléments translucides jouent leur rôle et apportent un éclairage naturel satisfaisant, il convient de prévoir la possibilité d'un nettoyage des surfaces translucides en cas de forte salissure. Pour ce faire, il peut être nécessaire de prévoir une surcharge d'exploitation pour le calcul des éléments porteurs et pour la résistance des surfaces translucides elles-mêmes.

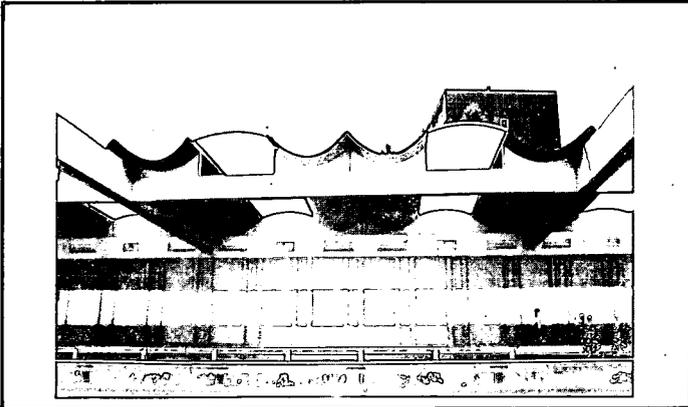
## Couvertures partielles

### 5.4.4

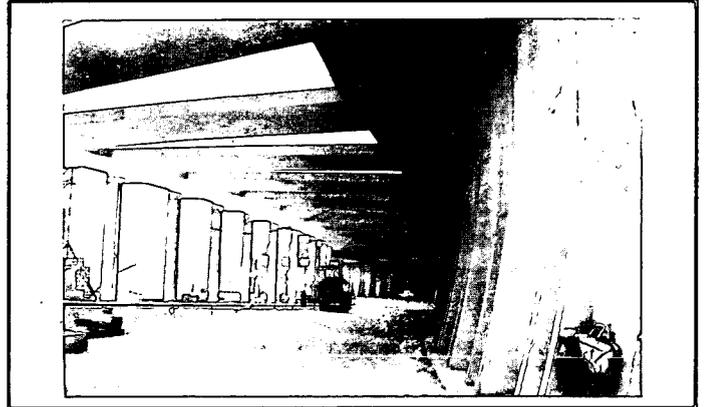
Seul un calcul d'éclairage précis permettra d'apprécier au cas par cas la nécessité ou non de prévoir un éclairage diurne sous une ouverture partielle. Ce calcul doit tenir compte de l'environnement de la couverture, des dimensions et de la posi-

tion de la couverture elle-même, de la nature de la chaussée, etc.

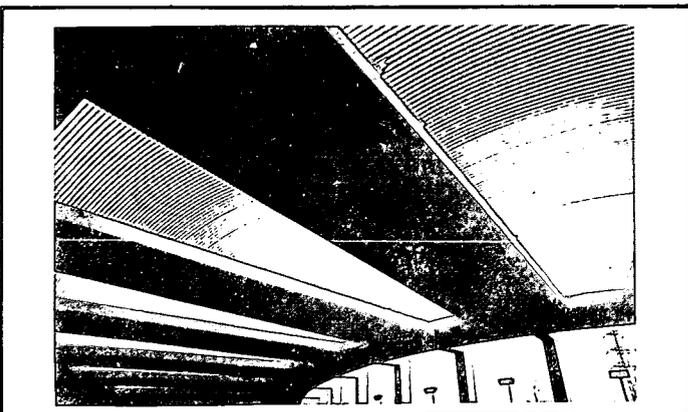
Comme dans le cas des couvertures totales, on pourra éviter l'éclairage diurne en incluant dans la couverture des éléments translucides ou transparents en quantité de surface suffisante.



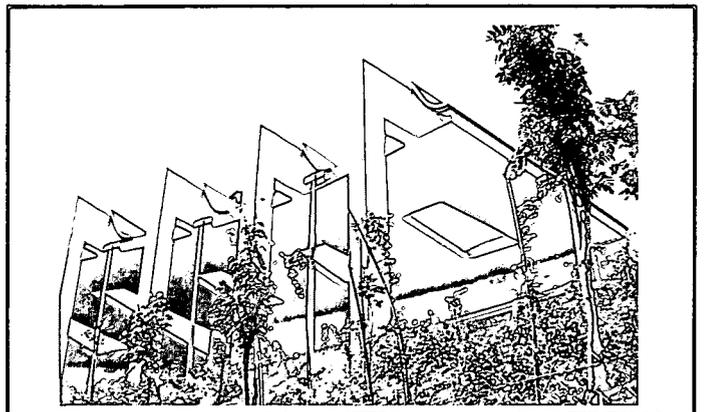
La couverture partielle de l'autoroute A 86 à Colombes a été, elle aussi, conçue avec les éléments translucides qui permettent d'éviter l'éclairage diurne.



Éléments translucides dans la couverture de la bretelle à l'échangeur de Colombes (autoroute A 86).



Les éléments sont en plastique. Ils possèdent un bon facteur de transmission lumineuse.



Cette vue présente la couverture avec ses éléments translucides. On distingue les mâts d'éclairage pour l'éclairage nocturne.

## 5.4.5

## Zones de transition

Les dispositions classiques concernant les têtes de couvertures sont applicables :

- éclairage progressif s'il existe un éclairage artificiel en section courante,
- traitement de la tête de la couverture avec des éléments possédant un facteur de transmission lumineuse variant progressivement (par exemple, utilisation de paralumes) des conditions d'éclairage à l'air libre à celle existant sous la couverture, dans le cas où il n'existe pas d'éclairage artificiel diurne.

Le but de ces dispositions est, bien sûr, d'obtenir une variation régulière des conditions d'éclairage pour l'automobiliste, compatible avec les possibilités d'adaptation de la vue, afin d'éviter les « trous noirs », la perte de visibilité d'obstacles survenant sur la chaussée, et la vue des guidages nécessaires à la conduite du véhicule dans de bonnes conditions de sécurité.

# Ventilation

## 5.5

Comme l'éclairage, la ventilation peut constituer un complément indispensable à la couverture d'une chaussée. Elle permet d'améliorer le confort et la sécurité de l'usager, c'est-à-dire la viabilité de l'ouvrage.

Il n'existe pas de règles générales relatives à la conception, au dimensionnement d'une ventilation, ni même à la décision de ventiler ou pas. Chaque couverture, chaque tunnel est un cas particulier, qui doit être examiné comme tel.

Lorsque la décision de mettre en place une ventilation est prise, il existe des solutions techniques très performantes. Pour les connaître, pour choisir la solution la mieux adaptée au problème posé et calculer le dimensionnement précis d'une ventilation, le concepteur de la couverture pourra consulter le

Dossier pilote des tunnels, fascicule « Equipement et Exploitation », publié par le Centre d'Études des Tunnels en 1976.

Les indications qui suivent peuvent éventuellement aider le concepteur d'une couverture acoustique pour savoir juger de la nécessité de réaliser une ventilation, pour en aborder l'étude et éventuellement la prendre en compte dans la définition des caractéristiques de la couverture.

La plupart des notions abordées dans le présent paragraphe sont largement exposées dans le Dossier Pilote des Tunnels. Ce document devrait servir de base méthodologique aux concepteurs de couvertures acoustiques confrontés à des problèmes de ventilation. Nous en rappelons ici quelques éléments essentiels.

## Utilité de la ventilation

### 5.5.1

La ventilation a pour but premier de réduire les effets nocifs des gaz d'échappement émis par les véhicules en circulation.

Parmi les nombreux composants émis, on distingue essentiellement :

- les oxydes de carbone dont le taux doit être rigoureusement limité, vu leurs effets toxiques sur l'organisme,
- les fumées qui réduisent la visibilité et provoquent une gêne olfactive.

Il convient d'ajouter les oxydes d'azote qui, bien que souvent peu connus, et encore ignorés par la

réglementation, semblent devoir, dans l'avenir, être pris en compte vu leur importance quantitative et leur toxicité.

Par ailleurs, la ventilation peut être nécessaire pour assurer un bon niveau de sécurité en cas d'incendie. Bien que les incendies en tunnel aient été jusqu'ici relativement rares, ce problème mérite un examen approfondi, notamment dans le cas de fort trafic, d'ouvrage de grande longueur, d'impossibilité d'interdiction des matières inflammables, c'est-à-dire dans tous les cas où le risque d'incendie est élevé ou lorsque ses conséquences seraient particulièrement graves.

## Ventilation naturelle

### 5.2.2

La ventilation naturelle sous une couverture correspond à une circulation longitudinale de l'air sous l'effet :

- de la différence des pressions entre les 2 têtes

de la couverture, due à des effets météorologiques,

- d'entraînement de l'air par les véhicules. Ceci est particulièrement sensible dans les tunnels à sens unique.

Le premier effet est très irrégulier et instable dans le temps. Le deuxième n'est suffisant que dans les tunnels courts où la circulation reste fluide.

Le Centre d'Etude des Tunnels admet que les besoins de renouvellement d'air (de 70 à 240 m<sup>3</sup>/s pour un kilomètre de voie de circulation) sont satisfaits dans les cas suivants :

- **Tunnels à sens unique sans risque de congestion**
  - jusqu'à 500 ou 600 m de longueur lorsque la chaussée aux têtes est au niveau du sol environnant,
  - jusqu'à 300 ou 400 m dans le cas de tranchées.

### 5.5.3 Ventilation artificielle

#### ■ Paramètres influents :

La composition des gaz d'échappement émis par un flot de véhicules varie selon les conditions de circulation (circulation fluide ou, à l'inverse, congestionnée), selon les caractéristiques géométriques de la voie (rampes, profil en long, profil en travers) et des accès.

Les dispositions prises à l'égard de la ventilation ont en général une influence importante sur l'ouvrage et son Génie civil, et en particulier :

- le tracé en plan des accès, et leur dimensionnement conditionnent la fluidité du trafic aux abords de l'ouvrage,
- le profil en long de l'ouvrage influe sur la fluidité à l'intérieur,
- le profil en travers et la définition des structures prennent en compte la nécessité d'aménager un espace spécifique pour le transit de l'air (galeries de ventilation),
- la ventilation peut comporter des sujétions, telle l'obligation d'aménager des puits, des stations souterraines, des stations de surface.

Ces dispositions doivent permettre de satisfaire d'éventuelles extensions du besoin de ventilation entraînées par la croissance du trafic.

Enfin, il est à noter que le fonctionnement de la ventilation, après mise en service de l'ouvrage, conduit à des dépenses d'entretien, d'énergie et de renouvellement des matériels qui peuvent représenter, selon les estimations 1976 du Centre d'Etude des Tunnels, 3 à 10 % du coût de l'ouvrage (1).

- **Tunnels urbains** soumis à des trafics élevés avec risque de congestion : la limite inférieure critique est située à 150, voire 200 m.

Il y a lieu d'adopter ces chiffres pour les couvertures acoustiques. Si les longueurs de couvertures sont inférieures aux chiffres précités et si les conditions de trafic et de géométrie le permettent, on pourra considérer que la ventilation naturelle est suffisante.

#### ■ Principaux systèmes de ventilation

Le Centre d'Etude des Tunnels distingue :

##### ● La ventilation longitudinale

qui consiste à accélérer artificiellement le courant d'air qui transite par le tunnel, dans le même sens, de bout en bout de l'ouvrage. Cette ventilation est obtenue grâce à des accélérateurs accrochés en voûte ou en piedroit, hors du gabarit de circulation.

L'estimation du coût de ce système se situe entre 2 et 8 % du coût total d'un tunnel.

Il convient bien aux cas de tunnels à faible trafic et aux tunnels très courts (quelques centaines de mètres). Il est particulièrement adapté aux circulations unidirectionnelles.

##### ● La ventilation semi-transversale

L'air frais est acheminé dans un conduit spécial tout au long de l'ouvrage. Il est distribué régulièrement au moyen de bouches de soufflage. L'air vicié s'échappe naturellement en tête de l'ouvrage.

Ce système, plus complexe que le système longitudinal, assure une régularité supérieure de la dilution des polluants. Son emploi est particulièrement adapté, comme la ventilation longitudinale, aux tunnels courts ou faiblement circulés. (La valeur de la vitesse du courant d'air près des têtes limite en effet son domaine d'emploi, comme dans le cas de la ventilation longitudinale.)

Son coût a été estimé par le Centre d'Etude des Tunnels à environ 15 à 30 % du coût global d'un tunnel.

##### ● La ventilation transversale

Elle se distingue de la précédente par l'adjonction d'un conduit de reprise de l'air vicié.

Ce système est le plus complet. Il convient à tous les types de tunnels. Cependant il impose des sujétions importantes sur le dimensionnement de l'ouvrage. Son incidence financière peut atteindre 25 à 50 % du coût total d'un tunnel.

(1) Pour l'estimation du coût d'investissement, on se reportera au fascicule 5 du Dossier Pilote des Tunnels - septembre 1976.

### ● Systèmes de ventilation mixtes

Ce sont des combinaisons diverses des trois systèmes précédents qui permettent de mieux adapter la ventilation à certains ouvrages particuliers, et de réduire les coûts d'investissement et d'entretien.

### Principales étapes d'une étude de ventilation

Il semble utile de rappeler ici le schéma d'étude des problèmes de ventilation tel que conçu par le Centre d'Étude des Tunnels, afin d'en souligner la complexité, mais également les phases essentielles.

#### ● Recueil des données

Il doit être systématique et porter sur la nature de l'itinéraire, la géométrie de l'ensemble couvert et de ses accès, les caractéristiques du trafic, l'environnement.

Si on ne dispose pas de données de trafic suffisamment précises, les prévisions ayant servi au dimensionnement des chaussées sont reprises de façon à ce que l'ouvrage soit dimensionné soit à capacité maximum, soit à un horizon à long terme (20 à 30 ans).

### ● Calcul des débits de renouvellement d'air frais

Ils s'effectuent soit sur la base des émissions d'oxyde de carbone, soit sur celle des émissions de fumée, en prenant en compte les débits de véhicules, les conditions de circulation et les caractéristiques géométriques des ouvrages. Cette étape conditionne le dimensionnement de l'installation et les coûts d'exploitation. Une faible variation du débit d'air frais peut entraîner une forte variation de la puissance électrique de l'installation, ce qui rend cette étape décisive pour les choix ultérieurs.

#### ● Choix du système de ventilation

Ce choix s'effectue après l'inventaire des systèmes possibles et, éventuellement, des études sommaires de différents systèmes.

#### ● Etablissement du projet

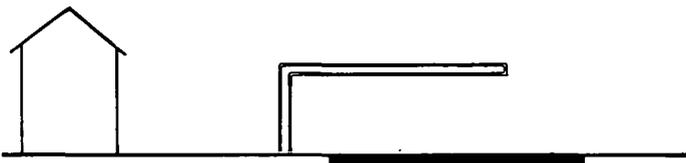
Il tient compte du calcul de la poussée, des accélérateurs ou ventilateurs, de la puissance électrique de l'installation, éventuellement du surcoût apporté au génie civil et de l'estimation économique du système de ventilation.

## Cas particulier des systèmes de couverture « ouverte » 5.5.4

Les indications précédentes, relatives à la ventilation, concernent en fait essentiellement les couvertures totales des chaussées, quand elles sont assimilables à des tranchées couvertes ou à des tunnels.

Pour certaines couvertures acoustiques particulières, ces indications ne s'appliquent pas :

- les couvertures partielles avec un côté non clos,



- les couvertures « ouvertes », du type damier acoustique par exemple (1).

Ces couvertures doivent être systématiquement considérées comme des cas particuliers, voire comme des dispositifs encore expérimentaux. A ce titre, elles doivent faire l'objet d'un examen au cas par cas.

Il est recommandé, pour ces dispositifs, et en particulier pour leur étude à l'égard de la ventilation et de l'éclairage, de soumettre les projets à l'avis des spécialistes en la matière et notamment au Centre d'Étude des Tunnels.

Pour certains dispositifs, il pourra être utile de les soumettre à des simulations sur maquette pour déterminer la ventilation nécessaire ou justifier du choix d'une ventilation naturelle.

Il apparaît en effet que si des couvertures « ouvertes » du type damier acoustique ont été recherchées, et si ces couvertures se développent ultérieurement, c'est en fait essentiellement pour éviter la ventilation et l'éclairage diurne.

Quand de telles couvertures seront envisagées, il y a donc lieu de s'assurer qu'elles permettent bien d'éviter la ventilation.

Si leur efficacité se confirme, les solutions mises en œuvre permettront d'éviter les coûts d'investissement qui, comme indiqué précédemment, varient entre quelque pour cent et 50 % du coût de réalisation de la couverture envisagée, et d'éviter les coûts d'exploitation qui peuvent représenter chaque année 3 à 10 % du coût du même ouvrage.

(1) Appelées également « damier phonique ».



# AGREMENT OU RECEPTION

RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES

AUX COUVERTURES  
PARTIELLES  
OU TOTALES  
DES CHAUSSÉES

# DES COUVERTURES ACOUSTIQUES



# Agréments

## 6.1

Il n'existe pas de procédure d'homologation des couvertures en ce qui concerne leurs qualités acoustiques. Comme pour les écrans verticaux, la mise au point d'une telle procédure n'est pas envisagée actuellement.

En effet, les sites sur lesquels sont implantées les couvertures ont des caractéristiques acoustiques très variables. Chaque site constitue un cas d'espèces qu'il convient d'analyser de façon spécifique et pour lequel l'objectif final de réduction du bruit est particulier. En outre, les couvertures pouvant être multifonctionnelles, la définition de leurs caractéristiques est nécessairement menée au cas par cas.

Il s'ensuit que les qualités des couvertures doivent être adaptées aux différents objectifs poursuivis et en particulier à leur objectif acoustique, ce qui peut conduire à admettre sur certains sites peu exposés des dispositifs qui ne seraient pas acceptés dans d'autres sites plus exposés.

D'une façon générale, en ce qui concerne les caractéristiques des couvertures relatives à l'acoustique, le Maître d'Œuvre ne pourra donc à l'heure actuelle que délivrer un agrément « a priori » et vérifier que les dispositions prévues par un constructeur au

moment de l'agrément ont bien été respectées lors de la réalisation.

Dès leur conception, les couvertures acoustiques devraient faire l'objet d'un avis technique du Centre d'Etudes des Transports Urbains (CETUR) ou des Centres d'Etudes Techniques de l'Équipement (C.E.T.E.).

Cet avis pourra être utilisé par le Maître d'Œuvre pour agréer le dispositif qui, finalement, sera retenu et réalisé.

Ultérieurement, si un processus de mesure in-situ adapté à la réception des matériaux et dispositifs constituant les protections peut être défini avec suffisamment de précision, elles pourront être testées avant mise en place, et réceptionnées après réalisation.

A ce jour, les agréments relatifs aux qualités acoustiques d'une couverture pourront porter sur trois facteurs prépondérants :

- l'efficacité en transmission des matériaux,
- l'efficacité d'ensemble de la couverture en transmission,
- éventuellement le traitement intérieur en matériaux absorbants.

### Agrément des matériaux

#### 6.1.1

Le Maître d'Œuvre pourra agréer les matériaux entrant dans la construction d'une couverture acoustique.

Pour un agrément relatif à la transmission acoustique, il pourra tenir compte des recommandations indiquées au § 4.1, II<sup>e</sup> partie, du présent document.

### Agrément de l'ensemble du dispositif

#### 6.1.2

Au vu des matériaux utilisés, de la liaison entre les différents éléments qui constituent la couverture, et de tous documents fournis par le fabricant pour décrire le procédé technologique proposé, le Maître d'Œuvre pourra délivrer un agrément relatif à l'étanchéité d'ensemble de la couverture à la transmission des sons.

Il pourra également imposer soit une procédure d'essai de réception de l'ouvrage, soit une exigence d'efficacité.

Ces procédures ou exigences sont encore difficiles à établir à l'heure actuelle. Il convient de se rapprocher de spécialistes pour les définir au cas par cas.

### Traitements intérieurs en matériaux absorbants

#### 6.1.3

L'utilisation de matériaux absorbants devrait faire l'objet d'un agrément du matériau a priori, par le Maître d'Œuvre.

Cet agrément pourra être délivré sur présentation d'un procès-verbal d'essai et de mesure du coefficient d'absorption. Il pourra tenir compte des recommandations du § 4.2, II<sup>e</sup> partie du présent document.

# Réception des ouvrages

6.2

Une couverture acoustique constitue généralement un ouvrage important dont il convient de s'assurer qu'il a été correctement mis en œuvre afin qu'il apporte bien l'efficacité souhaitée.

Cependant il n'existe pas, à l'heure actuelle, de méthode d'essai codifiée pour la réception des ouvrages conçus en tant que protection contre le bruit.

Pour la réception des ouvrages, plusieurs possibilités peuvent être répertoriées :

■ La réception se borne à vérifier que les dispositions de réalisation prévues ont bien été respectées, conformément aux différents agréments délivrés par le Maître d'Œuvre avant les travaux.

Ce cas ci-dessus fait l'objet des recommandations du § 6.1.

■ Le Maître d'Œuvre impose une condition exigeante : il donne indication, dans les pièces contractuelles du marché, de l'objectif de réduction globale que doit apporter l'ouvrage de protection acoustique dans la zone à protéger.

Dans ce cas, le Maître d'Œuvre pourra fixer, au vu de ses propres prévisions de niveaux sonores, une atténuation globale en dB (A) pour un spectre de bruit routier ou bien une efficacité mesurée dans différentes bandes de fréquences. Il indiquera les limites de la zone qu'il entend protéger. L'entreprise qui réalise devient responsable de l'efficacité d'ensemble réellement obtenue. Elle peut alors vérifier les dimensionnements acoustiques de l'ouvrage et choisir les matériaux utilisés. Seul le résultat final fait alors l'objet d'un essai de réception par un laboratoire agréé par le Maître d'Œuvre.

■ Le Maître d'Œuvre impose un résultat final dans une zone à protéger décrite avec précision. Dans ce cas, il laisse à l'Entreprise la responsabilité de l'ensemble de l'étude acoustique : prévision des niveaux sonores, dimensionnement de la protection, prévision de son efficacité globale.

Dans tous les cas,, il convient de se rapprocher, pour l'étude acoustique des couvertures, de spécialistes et de services ayant accès à des moyens de calcul (programme, maquette) et une expérience confirmée en la matière.

En effet, les prévisions des niveaux sonores et des efficacités de couvertures sont encore, de nos jours, relativement délicates. Le contrôle de réception doit tenir compte de l'état actuel des connaissances, dans un domaine récent qui met en jeu des ouvrages particuliers, exceptionnels et complexes.

# RECOMMANDATIONS TECHNIQUES RELATIVES

**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES POUR  
LES OUVRAGES  
DE PROTECTION  
CONTRE LE BRUIT**

3  
PARTIE

## AUX OUVRAGES DE PROTECTION IMPLANTES LE LONG DES VOIES FERREES



# SOMMAIRE

<b>1. PRÉAMBULE</b> .....	163
<b>2. ÉLÉMENTS D'ACOUSTIQUE. SPÉCIFICITÉ DU BRUIT FERROVIAIRE</b> .....	167
<b>2.1. Localisation de la source</b> .....	168
<b>2.2. Directivité de la source</b> .....	169
<b>2.3. Composition du bruit en fréquences</b> .....	170
<b>2.4. Aspects particuliers de la propagation du bruit ferroviaire au voisinage immédiat de la source</b> ..	171
<b>3. MATÉRIAUX UTILISÉS POUR LES PROTECTIONS</b> .....	175
<b>4. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES</b> .....	
<b>4.1. Contraintes pratiques influant sur l'implantation des moyens de protection</b> .....	179
4.1.1. Exploitation .....	179
4.1.2. Sécurité .....	180
4.1.3. Aspect esthétique .....	180
<b>4.2. Règles pratiques pour l'implantation des moyens de protection</b> .....	181
4.2.1. Implantation d'un écran .....	181
4.2.2. Entretien .....	181



**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES  
AUX OUVRAGES DE PROTECTION  
IMPLANTÉS  
LE LONG DES  
VOIES FERRÉES**

**PREAMBULE**



La III<sup>e</sup> partie des présentes recommandations traite des ouvrages de protection acoustique à implanter au voisinage des voies ferrées.

Elle a été rédigée en étroite liaison avec la Société Nationale des Chemins de Fer Français (S.N.C.F.) et la Régie Autonome des Transports Parisiens qui ont fourni l'essentiel des indications qui y sont développées.

En fait, ces protections doivent tenir compte de plusieurs sujétions importantes, qui les différencient très nettement des protections installées en bordure de voies routières :

- la spécificité du bruit ferroviaire, c'est-à-dire la nature particulière du bruit émis et la position bien localisée de la source principale,
- les problèmes particuliers relatifs à l'exploitation des voies ferrées et à la sécurité, qui conduisent à mettre en œuvre des technologies différentes de celles des protections routières.

L'attention du Maître d'Œuvre est cependant attirée sur le caractère succinct des présentes indications.

Le problème des voies ferrées n'est pas simple, et la protection du bruit émis par ce moyen de transport ne saurait être résolu par ces seules indications.

Il existe en effet de nombreuses catégories de véhicules sur rail, et leur exploitation peut être fort différente. On peut distinguer :

- les voies ferrées au gabarit international, et notamment :
  - celles exploitées pour des liaisons interurbaines, à plus ou moins grande vitesse,
  - celles exploitées pour des liaisons purement urbaines à vitesse faible (souvent inférieures à 70 km/h),
- les voies ferrées à petit gabarit, souvent exploitées à faible vitesse.

Par ailleurs, sur une même ligne, les conditions d'exploitation, et surtout l'environnement à protéger, peuvent changer profondément d'un site à un autre.

De la même façon le problème de protection des riverains des voies implantées le long de sections courantes où la ligne est exploitée à une certaine vitesse, diffère fortement par exemple de la protection des riverains situés à proximité d'une gare ou d'une station.

On le constate, le problème n'est pas simple, les situations sont multiples et doivent être analysées de façons très différentes.

Les présentes recommandations ne portent pas sur l'ensemble de ces problèmes. Il est encore difficile à l'heure actuelle d'analyser de façon exhaustive les différentes catégories de voies et de véhicules, les modes d'exploitation et les différentes situations acoustiques créées auprès des riverains des voies. Des études longues et complexes et des expérimentations de différents modes de protection semblent encore nécessaires pour aboutir à la définition de recommandations précises et complètes en la matière.

Le contenu des présentes recommandations a été volontairement limité, afin de ne pas en retarder la diffusion aux services.

En sont exclus :

- la protection des usagers, dans les stations ou les gares,
- les problèmes spécifiques ressentis par les habitants d'immeubles riverains de gares, et notamment de gares de triage de marchandises.

Pour ces problèmes, il conviendra de s'adresser aux services gestionnaires des voies pour bénéficier des résultats de recherches ou des expériences en la matière. On pourra également s'adresser à des services spécialisés en acoustique des transports.



ELEMENTS  
D'ACOUSTIQUE

RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES AUX OUVRAGES  
DE PROTECTION  
IMPLANTÉS  
LE LONG DES  
VOIES FERRÉES

2  
SPÉCIFICITÉ  
DU BRUIT  
FERROVIAIRE



La conception des écrans dépend des caractéristiques physiques du bruit qui est émis, des lois de propagation sonore et, des contraintes d'exploitation propres à chaque mode de transport.

Certaines caractéristiques physiques du bruit émis par une voie ferrée différent, parfois profondément, de celles du bruit des routes. Pour la propagation, les lois décrites pour le bruit routier (diffraction, transmission, réflexion et absorption) peuvent être appliquées, sous réserve de prendre en compte de la directivité de la source. Les contraintes d'exploitation, elles, imposent des sujétions très différentes. C'est pourquoi les écrans implantés le long des voies ferrées seront différents des écrans routiers.

Le présent paragraphe n'a pas pour objet une description complète du bruit ferroviaire : inséré dans un document qui vise à apporter au Maître d'Œuvre les recommandations techniques indispensables à la réalisation des ouvrages de protection, il est limité aux seuls éléments qui influent sur le dimensionnement et la conception des écrans, en insistant sur les aspects particuliers du bruit ferroviaire.

La description du bruit engendré par la circulation de véhicules sur des voies ferrées, les méthodes de prévision des niveaux sonores et les calculs d'efficacité sont et seront exposés par ailleurs, dans d'autres fascicules du Guide du Bruit, auxquels on se reportera pour des informations plus complètes et plus précises.



Protection latérale sur le remblai de la ligne N° 13 à Malakoff, réalisée par la R.A.T.P.

# Localisation de la source

## 2.1

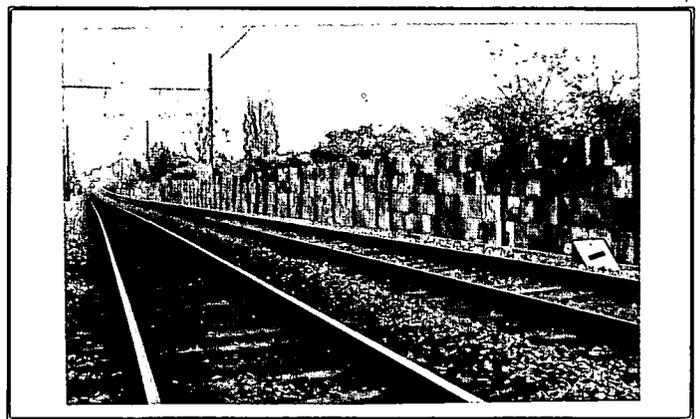
---

Les bruits de trains peuvent être divisés en plusieurs catégories :

- le bruit de moteur, lorsque la traction est autonome (turbine à gaz ou moteur Diesel) et les bruits dus aux équipements (ventilateurs, groupes électrogènes, compresseurs...)
- le bruit de roulement proprement dit, dû au contact roue-rail, qui dépend du rail, de son usure, des joints, de la qualité des roues (absence ou présence de méplats, état de surface) et de la suspension,
- le bruit de freinage dû notamment au contact des sabots sur les roues et aux réactions éventuelles entre les véhicules du train.

Ce sont les bruits dûs au roulement qui constituent l'émission principale. Quand on prend en compte les composantes de ces bruits, tout se passe comme s'ils provenaient d'une source ponctuelle directive située approximativement à 0,80 m au-dessus du plan de roulement.

Le fait que les sources de bruit soient multiples (12 roues par rail pour un convoi de 3 voitures) donne un caractère linéaire à la source que constitue un train. Ce caractère est d'autant plus marqué que le train est de grande longueur.



Expérimentation d'une barrière acoustique par la R.A.T.P. : mur en mousse d'argile.

# Directivité de la source

2.2

Il a été indiqué dans la 1<sup>re</sup> partie des présentes recommandations qu'un véhicule routier peut être considéré comme une source omnidirectionnelle, c'est-à-dire qu'elle rayonne la même intensité sonore dans toutes les directions.

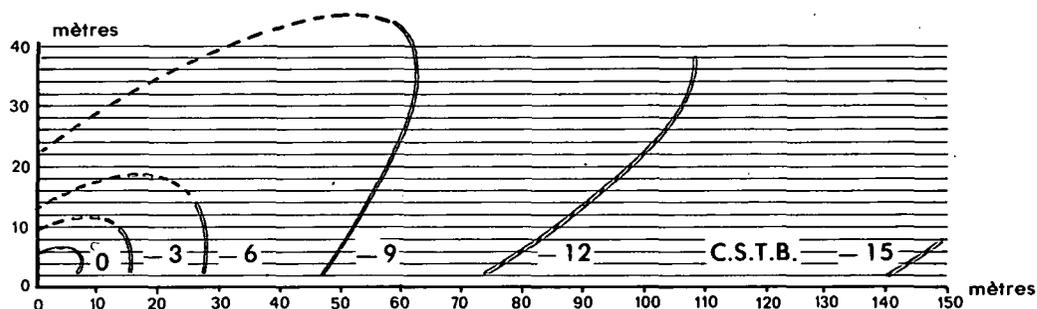
Pour un train, la source précédemment définie présente une directivité marquée. Chaque roue peut être assimilée à un dipôle acoustique.

Cette directivité est accentuée par la structure de caisse du véhicule et par les réflexions qu'elle entraîne.

En effet, les vibrations sonores créées au contact roue-rail se propagent d'autant plus difficilement que les caisses des véhicules sont plus « envelop-

pantes » et que les éléments mécaniques associés aux organes de roulement sont plus encombrants. Cet effet d'écran contribue à l'émission latérale très directive du bruit de roulement. (A titre d'exemple, il est clair que, vis-à-vis du bruit émis au niveau roue-rail, l'espace situé immédiatement au-dessus du toit des voitures de chemin de fer ne reçoit qu'un faible niveau de bruit, la caisse de la voiture faisant masque). Cette directivité se manifeste tant dans le plan vertical que dans le plan horizontal.

La directivité de la source apparaît manifestement dans le schéma ci-dessus qui représente des courbes isophones pour un bruit émis par un train de voyageurs.



# Composition du bruit en fréquences

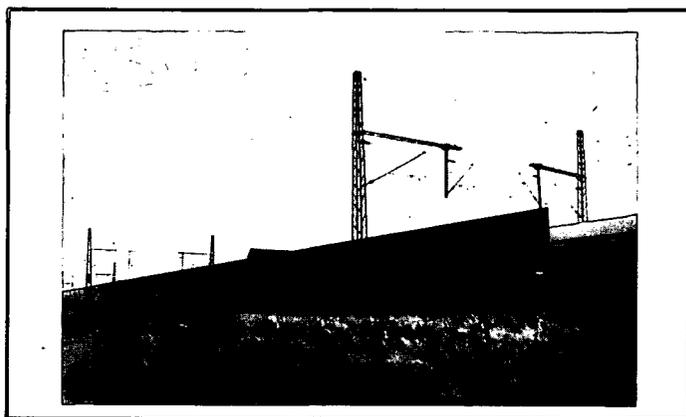
## 2.3

---

La composition spectrale du bruit ferroviaire (sa couleur) diverge légèrement, dans certaines gammes de fréquences, par rapport à celle du bruit routier. En première approximation, on assimilera les 2 bruits et ils seront représentés par le spectre de bruit routier normalisé.

Cette simplification est favorable puisqu'en fait un bruit ferroviaire comporte davantage de fréquences médium et aiguës, et moins de fréquences basses que le bruit routier.

Un écran sera donc légèrement plus efficace pour un bruit ferroviaire, toutes choses étant égales par ailleurs, que pour un bruit d'origine routière, la différence d'efficacité étant quantitativement très faible.



*Ecran acoustique protégeant du bruit émis par une voie ferrée (Allemagne).*

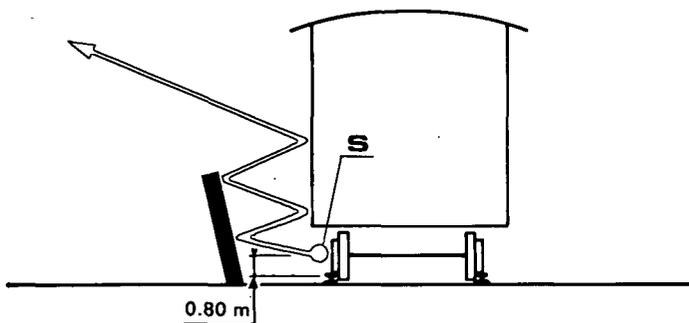
# Aspects particuliers de la propagation du bruit ferroviaire au voisinage immédiat de la source

2.4

La caractéristique essentielle du chemin de fer est d'être un moyen de transport guidé. Les véhicules ferroviaires suivent donc une trajectoire fixe connue avec précision.

Il est donc possible, en théorie tout au moins, et l'on verra les limites réelles dans la suite du texte, d'implanter des moyens de protection très près de la source du bruit.

Cependant, la proximité de la source et des écrans éventuels s'accompagne de réflexions secondaires des ondes sonores sur la caisse des véhicules, ce qui risque d'atténuer l'effet des écrans, ainsi que le montre la figure ci-dessous :



Cet effet, dans certaines situations d'écrans hauts ou proches, pourra conduire à une suppression acoustique non négligeable. Le champ acoustique n'est plus un champ direct mais devient, dans les cas limites, proche d'un champ diffus.

Il s'ensuit une augmentation de niveau sonore par rapport au champ direct dont la prise en compte pourra être déterminante dans le dimensionnement de l'écran (transmission) et dans le calcul de son efficacité finale (diffraction).

Enfin, il ne faut pas oublier que de nombreuses lignes ferroviaires sont électrifiées au moyen d'une caténaire implantée au-dessus des voies, ce qui complique, voire rend pratiquement impossible dans certains cas, la pose éventuelle d'une couverture.



MATERIAUX  
UTILISES

RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES AUX OUVRAGES  
DE PROTECTION

3

IMPLANTÉS  
LE LONG DES  
VOIES VERRÉES

POUR  
LES PROTECTIONS



Le bruit ferroviaire se distingue peu, quant à son spectre, du bruit routier (les fréquences dominantes se situent dans les mêmes zones). Aussi, pour ce qui est des matériaux à utiliser dans la construction de protection, il n'y a pas lieu de rechercher des caractéristiques spécifiques.

Les indications des paragraphes 3.3.1 et 4.1 de la 1<sup>re</sup> partie des présentes recommandations sont donc applicables pour la conception et le choix de matériaux des écrans implantés le long des voies ferrées.



*Traversée de la commune de Malakoff par un ensemble ferré. A gauche, à proximité d'une ligne SNCF, le mur de soutènement a été revêtu de matériau absorbant (mousse d'argile).*

*A droite, la ligne de métro a reçu une protection centrale (entre les voies) et latérale (écran tout à fait à droite).*



# RECOMMANDATIONS

**RECOMMANDATIONS  
TECHNIQUES  
RELATIVES AUX OUVRAGES  
DE PROTECTION  
IMPLANTÉS  
LE LONG DES  
VOIES FERRÉES**

# 4

# TECHNIQUES



# Contraintes pratiques influant sur l'implantation des moyens de protection

4.1

La mise en œuvre d'un écran acoustique en bordure d'une voie ferrée entraîne des sujétions à l'égard de l'exploitation des voies et de la sécurité qu'il faut avoir examinées dès sa conception.

Un certain nombre de contraintes pratiques d'exploitation et de sécurité font qu'il n'est pas possible d'implanter des moyens de protection, (essentiellement des écrans), à la limite du gabarit de circulation des trains.

## Exploitation

4.1.1

Pour ce qui est des contraintes d'exploitation, les écrans doivent :

- permettre la circulation des convois exceptionnels dont le gabarit est généralement beaucoup plus grand que celui des convois normaux,
- s'adapter à la présence des poteaux supportant les caténaires d'alimentation dans le cas des lignes électrifiées,
- autoriser l'utilisation des machines habituelles d'entretien de la voie,
- permettre la circulation des agents d'entretien le long des voies.

Il convient de noter que ces impératifs sont rendus plus contraignants dans le cas des ouvrages d'art.

Enfin, il est clair que ces impératifs sont également à prendre en compte si l'on souhaite implanter des écrans entre voies, dans le cas, notamment, des lignes comportant plus de deux voies de circulation.



Ecran central et protections latérales sur le Réseau Express Régional dans sa traversée de Marne la Vallée (hauteur des écrans : 1,20 m au-dessus du plan de roulement).

## 4.1.2

## Sécurité

Les écrans devront être implantés de manière à assurer la sécurité du personnel d'entretien en lui permettant une circulation sans risque le long des voies et la possibilité d'évacuer rapidement son matériel lors des travaux courants ne nécessitant pas une interruption de trafic.

Les voyageurs doivent pouvoir être évacués le long de la voie, en cas de nécessité, et cette évacuation

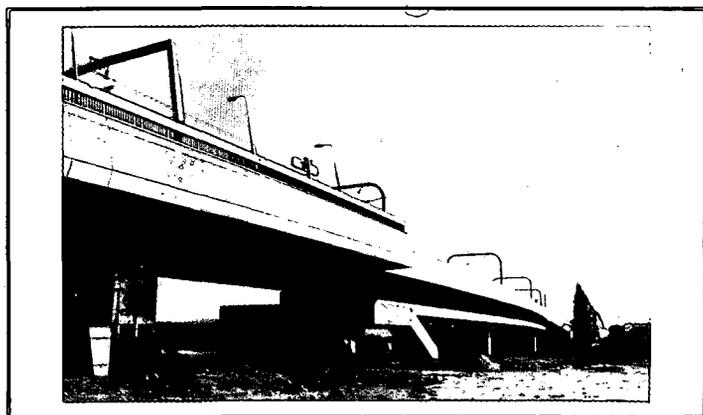
doit pouvoir être effectuée sans aucun risque.

Enfin, les effets de souffle existant au passage des trains, et qui sont sensiblement supérieurs à ceux provoqués par le passage des véhicules routiers, imposent une construction robuste des écrans afin d'assurer le meilleur niveau de sécurité à la circulation ferroviaire, donc aux usagers.

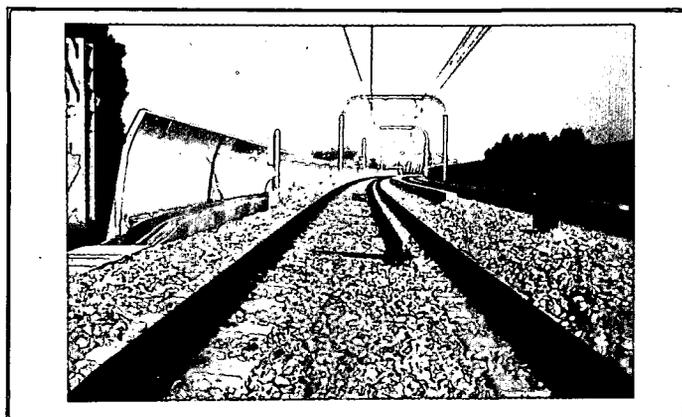
## 4.1.3

## Aspect esthétique

Le même souci d'intégration au site, et de traitement esthétique que celui déjà indiqué pour les écrans routiers guidera le concepteur d'un écran. L'intrusion visuelle sera limitée autant que possible, et l'écran dimensionné au juste nécessaire. La protection du bruit émis par la circulation ferroviaire conduira généralement à la réalisation d'écrans de faible et moyenne hauteur (environ 2 m), vu les caractéristiques de la source (localisation et directivité), ce qui constitue un élément favorable à son intégration visuelle.



*Vu de l'extérieur. L'aspect esthétique n'est pas détruit par les protections latérales qui ont été intégrées dans la ligne générale de l'ouvrage d'art.*



*Marne la Vallée. Protections latérales le long du Réseau Express Régional (un écran central a été également construit pour compléter la protection), sur un viaduc.*

# Règles pratiques pour l'implantation des moyens de protection

4.2

L'ensemble des contraintes de tous ordres qui viennent d'être évoquées montre bien que les solutions routières ne sauraient être appliquées aux

voies ferrées, tout au moins à leur voisinage immédiat.

## Implantation d'un écran

4.2.1

En pratique, et compte tenu des spécificités de l'infrastructure ferroviaire et de son exploitation, on est conduit à envisager deux cas selon que la protection projetée se trouve ou non à plus de 2 mètres de la limite légale de l'infrastructure ferroviaire telle que la définit la loi du 18 juillet 1845.

- La protection est à l'extérieur de la zone située à 2 mètres au-delà de la limite légale :

Aucune prescription spéciale n'est à respecter quant à la conception de la protection. Toutefois, il y a évidemment lieu de demander une autorisation de construction dans le cas où la protection envisagée est située à l'intérieur de l'emprise délimitant la propriété, soit de la société exploitante des voies, soit de l'Etat.

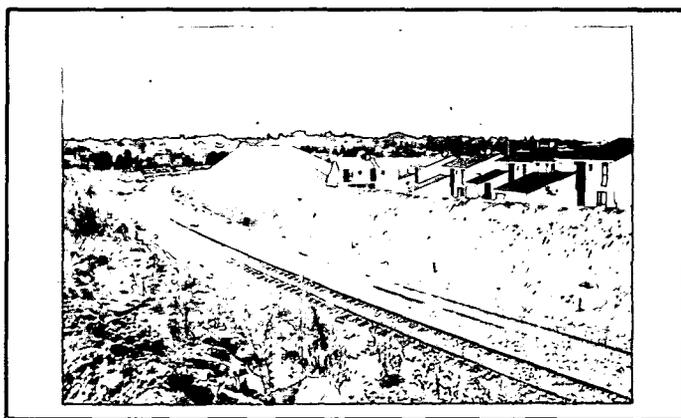


Protection par butte de terre d'un ensemble pavillonnaire implanté à proximité de la desserte ferrée de Cergy-Pontoise (la protection est ici en cours de réalisation).

Enfin, et comme pour tout bâtiment ou ouvrage d'art construit à l'intérieur de la limite d'emprise, la société exploitante des voies est alors maître d'œuvre lors de la réalisation effective de la protection, si elle est sur son domaine ou sur le domaine public.

- La protection est à l'intérieur de la zone située à 2 mètres au-delà de la limite légale :

Les protections sont alors implantées au voisinage rapproché de la voie et les contraintes d'exploitation doivent être prises en compte. Il y a alors lieu de se rapprocher de la société exploitante des voies qui est seule habilitée à concevoir et à réaliser des protections compatibles avec la sécurité de son exploitation.



Vue générale : protection et bâtiments.

## Entretien

4.2.2

La construction d'un écran, qu'il soit situé à l'intérieur de l'emprise du domaine public ou à l'extérieur, en limite d'emprise, peut poser des problèmes particuliers d'entretien et risque d'entraîner des

sujétions de service et de coûts non négligeables. Cet aspect devra être évoqué avec le gestionnaire de la voie et faire l'objet d'un accord avant réalisation de l'ouvrage.



Les présentes recommandations techniques pour les ouvrages de protection contre le bruit constituent un des fascicules composant le Guide du Bruit des Transports terrestres.

Elles ont été rédigées par le Centre d'Etudes des Transports Urbains et soumises au Groupe Bruit.

Le Groupe Bruit est un groupe de travail créé par décision de Monsieur le Ministre de l'Équipement, le 9 décembre 1970 et placé sous la présidence de Monsieur l'Ingénieur Général BIDEAU.

Il comporte des représentants des services suivants :

- Direction des Routes et de la Circulation Routière
- Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme
- Direction des Transports Terrestres
- Direction de la Construction
- Direction de la Prévention des Pollutions et Nuisances (depuis sa création).
- Direction Générale des Collectivités Locales (Ministère de l'Intérieur)
- R A T P - Services techniques
- S N C F - Direction du Matériel et Service de la Recherche
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
- Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
- Centre d'Etudes des Transports Urbains (Secrétaire technique du groupe)
- Direction Régionale de l'Équipement de la Région d'Île de France
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
- Institut de Recherche des Transports - Centre d'Évaluation et de Recherche des Nuisances.

Outre les membres spécialisés du groupe qui ont largement étayé et documenté les présentes recommandations dans les parties qui les concernent, le Centre d'Etudes des Tunnels a apporté une contribution importante à leur rédaction.

