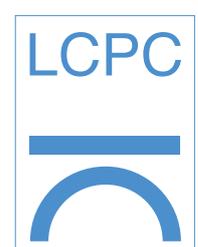


***VOLUME I***  
***APPROCHE PRATIQUE***



Comité National  
de la Charte



Laboratoire  
Central  
des Ponts  
et Chaussées



BRUIT AUX ABORDS DES CARRIÈRES  
**APPROCHE PRATIQUE**

Etabli par :

*V. ZOUBOFF - LR ANGERS*

*G. TERME - LR CLERMONT FERRAND*

*LABORATOIRE REGIONAL DES PONTS ET CHAUSSEES D'ANGERS*

février 2000

LCPC - COMITÉ NATIONAL DE LA CHARTE

### PARTIE A : LE BRUIT PRODUIT PAR LES CARRIÈRES ET LES INSTALLATIONS DE CONCASSAGE - CRIBLAGE

I	OBJET DU DOCUMENT.	6
II	CARACTÉRISATION ACOUSTIQUES DES CARRIÈRES.	7
II - 1	La production.	7
II - 2	Classement par disposition des matériels : Structure horizontale ou verticale.	7
II - 3	Décomposition des installations par fonctions.	7
III	CARACTÉRISATION DU BRUIT DANS L'ENVIRONNEMENT DES CARRIÈRES.	9
III - 1	Bruit à la source.	9
III - 2	Bruit à proximité de la source.	9
III - 3	Bruit à grande distance de la source.	9
IV	QUELQUES EXEMPLES DE NIVEAUX SONORES MESURÉS.	10
IV - 1	Bruits à la source.	10
IV - 2	Bruit en champ proche et champ lointain.	10
V	LA MAITRISE DU BRUIT AUX ABORDS DES CARRIÈRES.	11
V - 1	Principe de la méthode d'optimisation ou de réduction du bruit.	12
	a - Constat de situation acoustique.	12
	b - Mise en oeuvre de moyens de réduction de bruit par organisation de l'installation.	12
	c - Mise en oeuvre de moyens de réduction du bruit par des équipements supplémentaires.	12
V - 2	Les facteurs qui agissent sur le bruit à grande distance.	12
	BIBLIOGRAPHIE.	14
PARTIE B : EXEMPLES PRATIQUES : analyse de cas pratiques		15

LE BRUIT PRODUIT PAR LES  
CARRIERES ET LES  
INSTALLATIONS DE  
CONCASSAGE-CRIBLAGE

PARTIE



### I - OBJET DU DOCUMENT

Ce document est destiné aux responsables des carrières ainsi qu'aux personnes ayant plus particulièrement en charge la prise en compte du bruit aux abords des carrières. Précisons que ce dernier terme constitue un raccourci pour désigner non seulement la carrière en elle-même mais également l'installation d'élaboration des granulats.

Ce fascicule a pour objet de sensibiliser ces responsables aux bruits émis dans l'environnement par ce type d'installation en insistant essentiellement sur l'aspect pratique. Nous nous intéresserons donc au bruit produit à l'extérieur de la zone d'exploitation, jusqu'à des distances de l'ordre de quelques centaines de mètres de cette limite. Nous n'aborderons donc pas l'aspect de la protection des personnels qui travaillent dans ces installations, bien que très souvent il n'y ait pas indépendance entre le bruit produit à proximité des sources et le bruit observé à grande distance dans l'environnement.

Ce document ne traite pas non plus de la méthodologie de mesure du bruit dans l'environnement des carrières. Ce sujet fait l'objet d'une description spécifique dans un autre ouvrage (volume 11),

Le présent fascicule se compose essentiellement de 2 parties :

La première partie (Partie A). Permet de se familiariser avec les problèmes de bruit des carrières et en décrit les principales caractéristiques : les différentes fonctions trouvées dans une installation, les facteurs qui conditionnent un niveau sonore en périphérie et des exemples de niveaux sonores constatés à courte et grande distance des sources.

La deuxième partie (Partie B) est constituée d'exemples qui permettent de servir de support à la description des conséquences acoustiques positives ou négatives de matériels ou de dispositions particulières. Ces exemples sont souvent accompagnés d'informations d'ordre général ou de précisions permettant d'expliquer sommairement les raisons des impacts acoustiques de ces dispositions.

## II - CARACTERISATION ACOUSTIQUE DES CARRIÈRES

**L**es matériels de carrière peuvent être classés de différentes façons. Si on prend comme critère les classements qui induisent des conséquences acoustiques à grande distance, on peut envisager 2 catégories de classement :

- par la production
- par la disposition des matériels qui la composent.

De plus, chaque installation peut être décomposée en un certain nombre de fonctions qui, par leur spécificité de matériel, et leur localisation, constituent une source acoustique bien identifiable.

### II - 1 La production

En général, plus la production est importante, plus le nombre de matériels est important, et par voie de conséquences, le bruit observé. Si cette constatation est vraie pour les grosses (> 3000 t/j), cette règle n'est pas toujours vérifiée pour des petites et moyennes productions. Nous en verrons des exemples ultérieurement. En effet, la production journalière ne peut pas être associée uniquement au nombre et à la capacité des matériels ; elle doit intégrer la durée de fabrication, le matériau, l'état et la disposition des matériels. L'augmentation de la production entraîne généralement une augmentation de bruit, mais qui ne se traduit pas toujours par une élévation du niveau sonore, mais par sa durée plus importante.

### II - 2 Classement par disposition des matériels : Structure horizontale ou verticale.

Dans la structure verticale, les cribles sont en général placés à des hauteurs importantes, en général supérieures à 10 mètres, ce qui peut être très pénalisant du point de vue acoustique. Une partie du transfert des granulats se fait alors par gravité.

Dans la structure horizontale, les matériels sont sensiblement tous à la même hauteur ; le transfert des matériaux se faisant, soit par chargeur(s), soit par bandes transporteuses. C'est cette dernière solution qui est souvent la meilleure d'un point de vue acoustique.

### II - 3 Décomposition des installations par fonctions

#### a) Zone d'extraction :

- découverte : sources mobiles à bruit fluctuant : pelles, chargeurs, bouteurs.
- extraction : sources semi-fixes.

En alluvionnaire, la dragline, la benne preneuse, quelquefois les dragues suceuses sont utilisées pour l'extraction sous eau, alors que hors d'eau, on emploie le plus souvent les chargeuses sur pneus et les pelles hydrauliques.

En roches massives (calcaires ou éruptives), le chargement au front de taille se fait généralement par des pelles hydrauliques diesel (très rarement pelles électriques, d'ailleurs très peu bruyantes) ou par chargeuses sur pneus (dont le parc tendrait à pr,ser).

#### b) Transfert de matériaux

Cette opération consiste à amener les matériaux venant de la zone d'extraction vers les installations. Dans le cas le plus fréquent, cette manutention se fait par chargement de tombereaux (dont les C.U. vont de 30 à 75 t le plus souvent) dans la zone d'extraction et déchargement dans des trémies au niveau de l'installation. Dans le cas de suceuses, le transport se fait directement dans des tubes.

Dans le cas de transfert par tombereaux, cette opération se traduit par un cycle bruyant comportant les phases suivantes :

- chargement du tombereau dans la zone d'extraction ;
- circulation du tombereau vers l'installation ;
- déchargement du tombereau dans la trémie de réception ;
- circulation du tombereau à vide vers la zone d'extraction.

L'ensemble de ce cycle constitue un événement discret, étendu géographiquement.

En carrières alluvionnaires, la distance extraction-usine est en général plus longue que dans les carrières de roches



Cette fonction possède également un caractère cyclique. Le bruit du chargement est provoqué essentiellement par les chargeurs...

Toutefois, la fonction de transport des matériaux à l'extérieur de l'installation constitue un bruit qui ne doit pas être sous-estimé. En particulier dans certains cas, la sélection des itinéraires d'arrivée et de départ des matériaux devra faire l'objet d'une étude détaillée. La voie d'eau constitue, avec le fer, les solutions les plus favorables en diminuant notablement le nombre de convois.

### III - CARACTERISATION DU BRUIT DANS L'ENVIRONNEMENT DES CARRIÈRES

**L**es carrières ou les stations d'élaboration de granulats présentent donc des bruits dont les caractéristiques sont très variables, aussi bien par leur nature, que par leur position géographique.

Pour permettre de mieux comprendre l'influence des différents facteurs qui sont à l'origine du bruit dans l'environnement des carrières, il est nécessaire de bien prendre en compte tout le cheminement du bruit, depuis sa création jusqu'au récepteur qui, comme nous l'avons dit, pourra être situé à plusieurs centaines de mètres des sources. Pour cela, il est nécessaire de se placer à 3 niveaux d'observation, qui sont les suivants :

- bruit à la source,
- bruit à proximité de la source,
- bruit à grande distance de la source.

Chacun de ces niveaux d'observation possède ses caractéristiques propres que nous allons détailler ci après.

#### III - 1 Bruit à la source

C'est l'étude du bruit de chaque matériel pris séparément, et supposé placé en champ libre, c'est-à-dire sans la présence d'obstacles à proximité. Cette phase d'étude permet de connaître les caractéristiques intrinsèques des appareils indépendamment de leur environnement.

#### III - 2 Bruit à proximité de la source

Chaque matériel est placé dans un environnement proche qui peut modifier ses caractéristiques acoustiques. On s'intéresse ici au niveau sonore obtenu de quelques mètres à quelques dizaines de mètres des sources. Pour avoir un sens, il est nécessaire que la valeur du niveau sonore soit accompagnée de la distance à laquelle a été faite la mesure. Par rapport à un champ libre, ce niveau sonore peut être augmenté par la présence de parois réfléchissantes à proximité du matériel, ou au contraire atténué par la présence d'écrans naturels ou artificiels entre la source et le point de mesure. C'est le cas par exemple de stocks de matériaux, de mise en place de certains matériels dans des bâtiments, ou des fosses, etc...

Puisque ces mesures sont faites à une certaine distance des matériels, il est évident que dans la majorité des cas, le bruit en champ proche concernera un groupe de matériels, et non plus des éléments isolés. Ces groupes de matériels correspondront souvent à une des fonctions que nous avons décrite précédemment.

#### III - 3 Bruit à grande distance de la source.

Si dans les 2 premiers niveaux d'observation, les caractéristiques acoustiques sont essentiellement liées aux matériels et à l'organisation propre de l'installation, le bruit à grande distance, c'est-à-dire à quelques centaines de mètres de la source, dépend beaucoup de facteurs supplémentaires externes tels que :

- phénomènes météorologiques et en particulier : direction du vent, variation verticale de la vitesse du vent et de la température,
- absorption plus ou moins importante de l'onde acoustique par le sol, suivant ses caractéristiques de surface : végétation, présence d'étendues d'eau, etc...,
- topographie du terrain.

A ce niveau d'observation, les constatations sur le bruit concerneront en général la totalité de l'installation ou certaines fonctions caractéristiques.

Les niveaux d'observation ainsi définis présentent donc pour chacun d'entre eux, une spécification au niveau du type de source concernée, des caractéristiques acoustiques, et des facteurs influençant la propagation.

Dans le tableau I suivant, on récapitule les points précédents en donnant pour chaque niveau d'observation, le type de source concernée, et les facteurs influençant le bruit.

DISTANCE D'OBSERVATION	SOURCES CONCERNÉES	CARACTÉRISATION ACOUSTIQUE	FACTEURS INFLUENÇANT LE BRUIT
À LA SOURCE	Chaque matériel pris séparément	- puissance acoustique - directivité - spectre	- nature du matériel - régime de travail - nature et taille des matériaux
À PROXIMITÉ DES SOURCES (< 50 M)	Groupe de matériels correspondant à une fonction	- niveau de pression acoustique - (distance)	ci dessus, plus : - écrans - réflecteurs - disposition géométrique des appareils
À GRANDE DISTANCE DES SOURCES (> 50 M)	- installation complète - fonction	- niveau de pression - (distance)	ci dessus, plus : - distance - topographie - météorologie

**Tableau I - Niveaux d'observation du bruit d'une carrière**

Nous voyons donc que pour maîtriser correctement un niveau sonore à grande distance, il est nécessaire de bien prendre en compte la totalité de la propagation du bruit, depuis sa source jusqu'au récepteur : à tous les stades de sa propagation, l'onde acoustique sera modifiée par des facteurs locaux qui contribueront à la valeur finale du niveau sonore au point récepteur

## IV - QUELQUES EXEMPLES DE NIVEAUX SONORES MESURES

### IV - 1 Bruits à la source

Pour caractériser le bruit d'une source, on utilise en général la puissance acoustique (cf. volume 111 Chapitre II notion d'acoustique).

Des documents [1, 2] permettent de donner un certain nombre de résultats. Toutefois, il est très important de noter que le bruit généré par un matériel fixe ou mobile dépend de nombreux facteurs qui sont liée à la nature des matériaux, à leur taille, au débit de traitement, aux différents réglages éventuels du matériel, etc. Il s'en suit que la puissance acoustique, qui caractérise ces matériels de façon intrinsèque, pourra varier également dans de grandes proportions. Les valeurs données dans des catalogues sont donc à utiliser avec une grande prudence.

A titre d'exemple, on donne ci-après les fourchettes de puissances acoustiques observées sur quelques matériels courants :

- **Cribles** 103 - 120 dB(A)
- **Concasseurs** 97 - 122 dB(A)
- **Broyeurs à barres** 105 - 118 dB(A)
- **Drague suceuse** 104 - 112 dB(A)

On constate que la fourchette est assez large pour chaque type de matériel, et qu'une détermination plus précise est nécessaire si l'on souhaite utiliser ces valeurs dans un calcul prévisionnel.

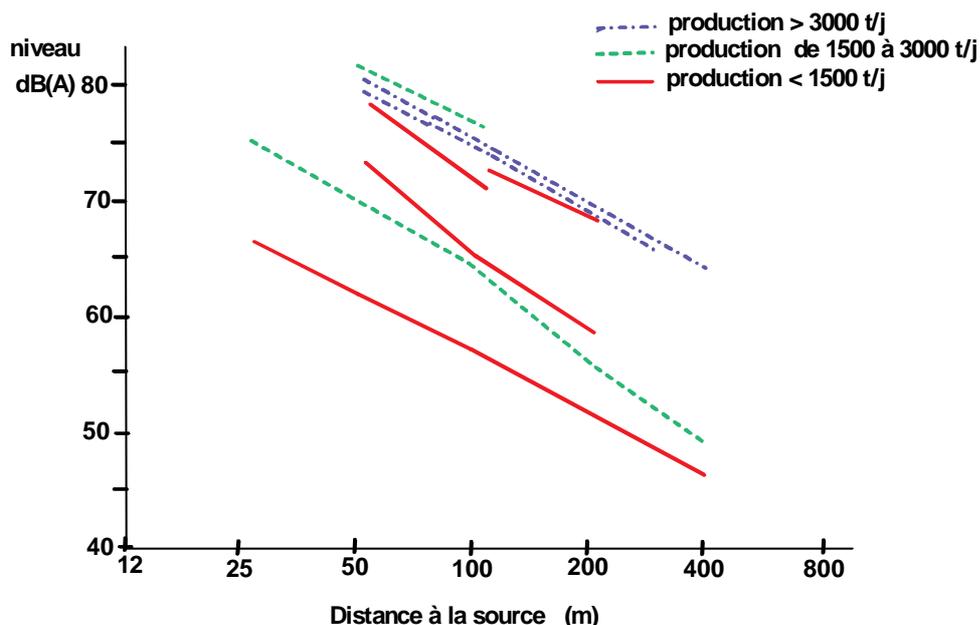
### IV - 2 Bruit en champ proche et champ lointain

Nous avons rassemblé les résultats obtenus sur un certain nombre de carrières pour avoir un ordre de grandeur des niveaux sonores observables en fonction de la distance, pour divers types d'installations. La figure 1 donne la synthèse de ces résultats.

Les installations sont classées en fonction de la production journalière :

- production < 1500 t/j
- 1500 t/j < production < 3000 t/j
- Production > 3000 t/j

Fig 1 - Propagation sonore aux abords des carrières



Afin de réduire les incertitudes liées aux phénomènes de propagation, on a choisi des résultats pour lesquels le point de mesure était en vue directe de l'installation. De plus, lors des mesures, le vent était "portant" ou "travers". Nous avons exclu les cas de vent "contraire" pour lesquels les conditions de propagation sont très perturbées. Ces choix correspondent ainsi aux situations conduisant généralement à l'obtention des niveaux sonores les plus élevés. Dans d'autres conditions de propagation il conviendrait d'apporter les corrections nécessaires pour évaluer correctement les niveaux.

Nous constatons que les installations à production journalière importante sont situées en haut du fuseau et sont bien groupées.

On note pour ces installations, un niveau de l'ordre de 80 dB(A) à 50 m et de 60 dB(A) à 400 m.

Pour les installations moyennes, les résultats sont beaucoup plus dispersés.

Pour les petites installations, on note des niveaux acoustiques qui sont de l'ordre de grandeur des installations moyennes.

Il faut remarquer également que la dispersion des résultats sur les niveaux, va croissant avec la diminution du nombre de matériels utilisés dans la carrière. Cela se comprend bien physiquement : les différences, ou particularités acoustiques d'un matériel donné se fait d'autant moins ressentir qu'il est déjà situé dans un ensemble d'autres matériels également bruyants ; il s'en suit que toutes les installations classées en production importante sont situées dans un fuseau très resserré, ce qui n'est pas le cas des installations de "faible" production et même de production moyenne.

## V - LA MAITRISE DU BRUIT AUX ABORDS DES CARRIÈRES

**P**our maîtriser le bruit aux abords des carrières, il est nécessaire, à tous les stades de la propagation de l'onde acoustique, c'est à dire à la source, à proximité ou à grande distance, de rechercher les conditions qui auront tendance à diminuer le niveau sonore. Cette démarche doit être méthodique afin d'éviter la mise en place de solutions décevantes. Nous en décrivons ci après le principe.

### V - 1 Principe de la méthode d'optimisation ou de réduction du bruit

D'une façon générale, dans la pratique on se trouvera confronté à deux grands types de situations :

- le niveau sonore au voisinage de la carrière est acceptable : dans ce cas il s'agit de continuer à gérer cette situation, en prenant soin, dans chacune de ses actions (exploitation, modifications de l'installation ou de la production ..) à veiller à ne pas augmenter, et si possible à diminuer encore le niveau sonore obtenu.
- le niveau sonore au voisinage de la carrière est excessif : il est nécessaire d'apporter des solutions qui doivent réduire le bruit. En général, ce travail nécessitera une expertise poussée et la contribution de spécialistes en acoustique. En effet, sans précautions particulières, beaucoup de solutions onéreuses de réduction de bruit peuvent s'avérer décevantes si un certain nombre de précautions spécifiques ne sont pas prises.

Cependant, avant d'envisager des solutions mettant en oeuvre des solutions coûteuses ou complexes, il est nécessaire de procéder avec méthode, en suivant les différentes phases suivantes :

#### a) constat de situation acoustique :

Il s'agit ici de déterminer et de classer les contributions acoustiques des différentes parties d'une installation par rapport à un récepteur donné.

Lors d'une situation réelle on effectuera des mesures de bruit des diverses fonctions ou parties de l'installation. Lorsqu'il s'agit d'un projet, on effectuera cette estimation soit par le calcul seul, soit, si le site est complexe, en complétant le calcul par l'application de la technique de simulation "in-situ" pour déterminer l'atténuation expérimentale entre les différentes sources et le récepteur [3]. Rappelons que cette technique utilise une source artificielle, en général impulsionnelle, placée à l'emplacement de la source future, et que les atténuations sont mesurées expérimentalement.

Lorsque l'évaluation de la contribution des différentes parties bruyantes est faite, on classe ces contributions par ordre décroissant pour procéder au choix des matériels dont le bruit devra être atténué et pour fixer les valeurs de ces atténuations. Il importe beaucoup dans cette phase, de considérer le bruit des matériels dans leur ensemble pour éviter d'aboutir à des solutions inefficaces ou excessives d'un point de vue prix de revient.

#### b) mise en oeuvre de moyens de réduction de bruit par organisation de l'installation.

Il convient d'intégrer le facteur bruit dans chaque décision d'implantation d'un équipement ou d'organisation particulière de l'installation.

La décision finale consistera évidemment en un compromis entre diverses contraintes, mais la préoccupation de réduction de bruit pourra dans certains cas être prise en compte sans aucun surcoût.

Cette phase constitue donc le deuxième volet de l'étude, qui sans utiliser aucun moyen supplémentaire de réduction du bruit, vise à organiser l'implantation des matériels et des fonctions afin d'obtenir le minimum de bruit aux abords des installations.

#### c) Mise en oeuvre de moyens de réduction du bruit par des équipements supplémentaires.

Ce n'est qu'à cette phase, que l'on pourra envisager d'utiliser des moyens de réduction de bruit supplémentaires. Cette phase de réduction du bruit ne doit pas se faire également de façon anarchique. Une stratégie de réduction doit être entreprise en considérant encore une fois les sources dans leur ensemble.

### V- 2 - Les facteurs qui agissent sur le bruit à grande distance

On donne dans le tableau II suivant une synthèse des facteurs pouvant agir sur le bruit ainsi que des moyens de réduction qui peuvent être utilisés.

**Tableau II - Facteurs pouvant agir sur le bruit et moyens correspondants de réduction.**

FACTEURS CONCERNÉS	NIVEAU D'APPLICATION	MOYENS
Choix des matériels	- source	- utilisation de matériels mobiles homologués
Évitement de chocs des matériaux	- source	- utilisation de caoutchouc - hauteur de chute limitée
Bâtiment ou capotages complets	- source	- capotage de moteurs
	- à proximité	- bardage - bâtiments
Écrans ou capotages partiels sources (< 50 m)	- à proximité	- buttes de terre - stocks - bâtiments - fosses - front de taille
	- à grande distance	- modelés de terrain - front de taille
Distance	- distance quelconque	- augmentation maximale de la distance source-récepteur
Nature du sol et propagation	- à grande distance	- présence de sols absorbants - présence d'une végétation dense
Réflecteurs verticaux	- à proximité	- bâtiments - fronts de taille - écrans divers
Entretien des matériels	- source	- pièces tournantes - fixation des structures
Utilisation des matériels	- source	- cheminement des engins - vitesse des engins - respect des consignes
Organisation de l'installation	- source	- enrobage des pistes d'accès - alternatives non bruyantes (tapis ou tombereaux ...) - cheminement des engins - dispositions des fonctions et des matériels
Organisation du travail	- source	- choix des périodes de fonctionnement particulier adaptées

1 - V. ZOUBOFF - *Constat réduction et prévision du bruit autour des installations d'élaboration de granulats et des carrières - Rapport de Recherche LPC n° 146 - Juillet 1987.*

2 - B. BONHOMME, B. MERIEL - *Méthode prévisionnelle des bruits émis par les chantiers de génie civil et de bâtiment. Rapport Laboratoire Régional de Blois ref : 1.50.13.9 - 1989*

3- V. ZOUBOFF - *La simulation de bruit in-site - Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées - FAER 50.06.5/65.23.5 - Septembre 1985.*

EXEMPLES PRATIQUES

PARTIE



### PARTIE B - EXEMPLES PRATIQUES.

**N**ous donnons ci après des photographies permettant de commenter l'aspect acoustique de situations types. On donne en particulier les points positifs et (ou) négatifs de la situation observée en tentant à chaque fois de généraliser les commentaires.

Pour cela, nous suivons sensiblement l'ordre du tableau II précédent. Toutefois, très fréquemment, l'exemple commenté aborde plusieurs sujets qui se recoupent. Cet ordre n'est donc qu'indicatif. On trouvera donc également dans l'ensemble du texte des redites correspondant à des situations faisant appel à des remarques analogues.

Le texte accompagnant la photographie donne l'essentiel des observations et se suffit à lui même pour un commentaire qualitatif.

Un ou plusieurs renvois éventuels à la page de gauche, en regard de la photographie, permettent de donner des précisions plus techniques et (ou) plus quantitatives.

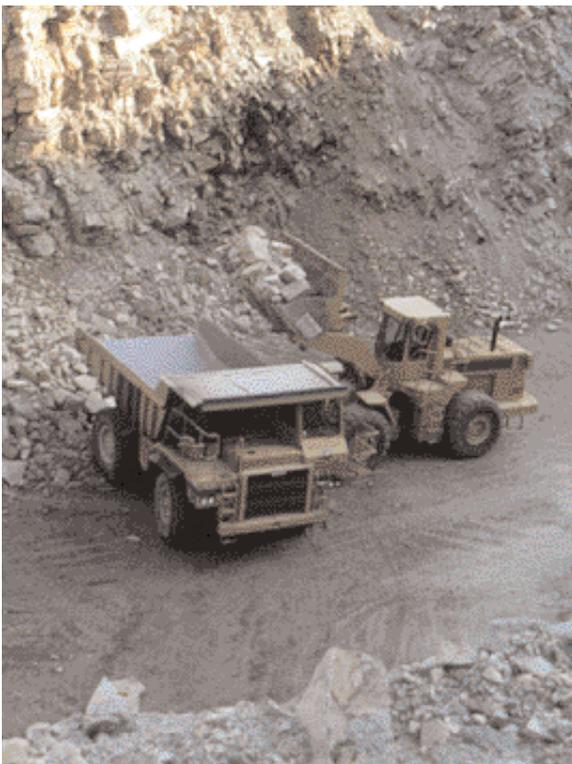
Enfin, les références entre crochets permettent de renvoyer le lecteur à l'endroit de l'annexe qui doit lui permettre de compléter son informations d'un point de vue plus général.

Cette partie de document peut donc être lue à 3 niveaux, permettant en principe d'en faire au choix, une lecture plus ou moins approfondie.

#### RAPPEL :

les chiffres entre parenthèses (..) présents dans le commentaire des photos renvoient aux commentaires en caractères italiques qui suivent.

Les chiffres précédés du chiffre III et entre crochets [III - ...] renvoient au volume III sur les notions d'acoustique.



Le matériel mobile doit être homologué. Ceci lui assure de ne pas dépasser une puissance acoustique donnée dans des conditions de fonctionnement conventionnelles.

Toutefois, pour conserver leurs caractéristiques, les matériels mobiles doivent être entretenus de façon correcte : en particulier on devra veiller à la bonne qualité des silencieux ainsi qu'à la bonne étanchéité des capotages. De plus, les conditions d'utilisation doivent être scrupuleusement suivies : en particulier, les capotages doivent être fermés.

La chute de granulats sur des tôles constitue une source de bruit très importante : les tôles se mettent à vibrer comme une "peau de tambour". Ces vibrations peuvent être communiquées aux autres parties en tôles du matériel qui elle-même se mettront à vibrer.

Ces ensembles créent de véritables caisses de résonance, proches de celles des instruments de musique (guitares, tambours, etc...) qui amplifient fortement les bruits d'impact.



Pour réduire ces bruits il faut

atténuer l'effet de l'impact des granulats sur les tôles, soit en diminuant au maximum la hauteur de chute, soit en rigidifiant et en amortissant la tôle, soit en interposant entre les granulats et la tôle un matériau amortisseur. Certains caoutchoucs, utilisés à l'origine comme anti-abrasif, induisent des réductions de niveau sonore très substantielles.

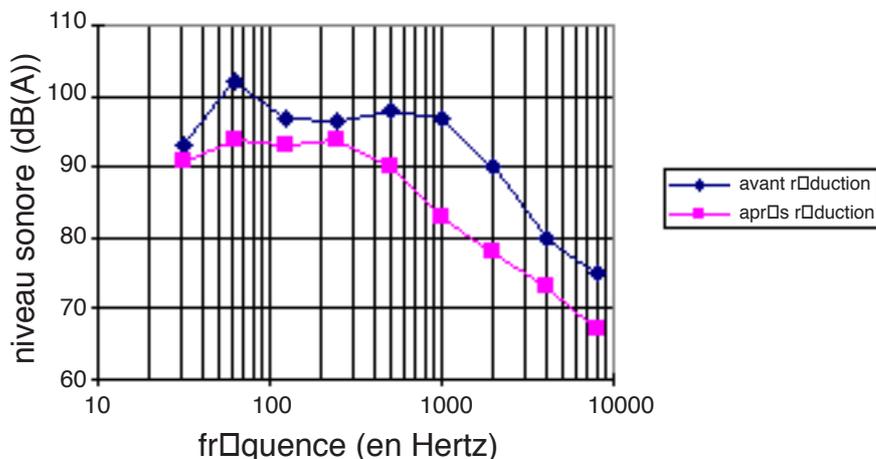
Cette technique a même été utilisée avec succès sur un broyeur à barres (1)

Cependant, pour être efficace d'un point de vue acoustique, il est nécessaire de traiter la totalité des parties de la tôle en contact avec le matériau. Le non recouvrement d'une surface, même modeste, peut réduire pratiquement totalement l'efficacité du dispositif (2)

Par ailleurs, le bruit d'impact sera d'autant plus important que la taille des granulats sera élevée. C'est ainsi que de tels traitements ne sont pas nécessaires pour des sables.

### (1) traitement d'un broyeur à barres avec du caoutchouc :

En tapissant l'intérieur d'un broyeur à barres avec du caoutchouc, on observe une réduction du niveau sonore d'environ 9 dB(A) sur le spectre [III - V] suivant :



(2) Supposons que la mise en place de caoutchouc sur la totalité d'une tôle produise une réduction de 10 dB(A) par rapport au bruit initial.

Si on ne recouvre que la moitié de cette tôle, en première approximation, la réduction de niveau sonore ne sera que de 3 dB(A), et non de 10 dB(A).



Dans le cas de chutes de matériaux les uns contre les autres, le bruit est d'autant plus important que la hauteur de chute est plus grande et que la granulométrie des matériaux est plus importante.

Pour une granulométrie donnée le seul moyen simple de lutter contre ces bruits est de diminuer le plus possible la hauteur de chute

D'autres moyens peuvent éventuellement être envisagés, mais ils restent anecdotiques (1)

(1) Le spectre du bruit émis par ces chocs possède des fréquences aiguës. La réduction par écran est donc possible, [III - IX - 4]. puisque les écrans réduisent facilement ces fréquences.

On peut donc, dans des cas critiques, venir interposer des écrans entre cette source et l'environnement. Cet écran peut être réalisé par une sorte d'entonnoir inversé, placé à la sortie de la sauterelle, et venant coiffer la tête du stock ; l'intérieur de ce dispositif doit être garni de caoutchouc.

Ce système est d'un emploi délicat, sachant qu'il doit suivre la hauteur du stock.

On peut également penser à interposer un écran plan dans la direction de récepteurs éventuels. Cet écran devra être placé le plus près possible de la source de bruit.

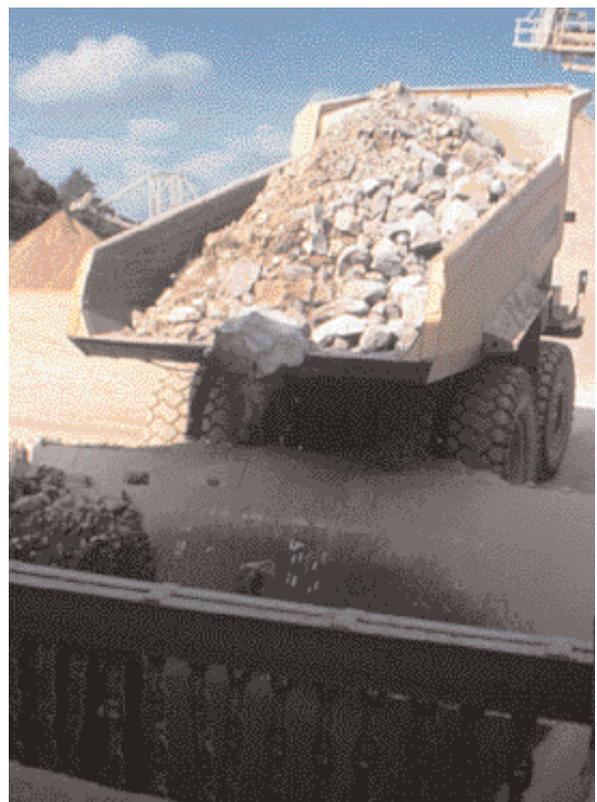
La limitation artificielle de hauteur de chute constitue également un moyen intéressant de réduction du niveau sonore : Dans cet esprit, un professionnel suggère la mise en place d'une colonne anti-bruit : il s'agit d'un tube vertical de 1 m environ de diamètre percé d'ouvertures disposées en hélice ; la hauteur de chute se trouve ainsi limitée à la distance séparant deux ouvertures.

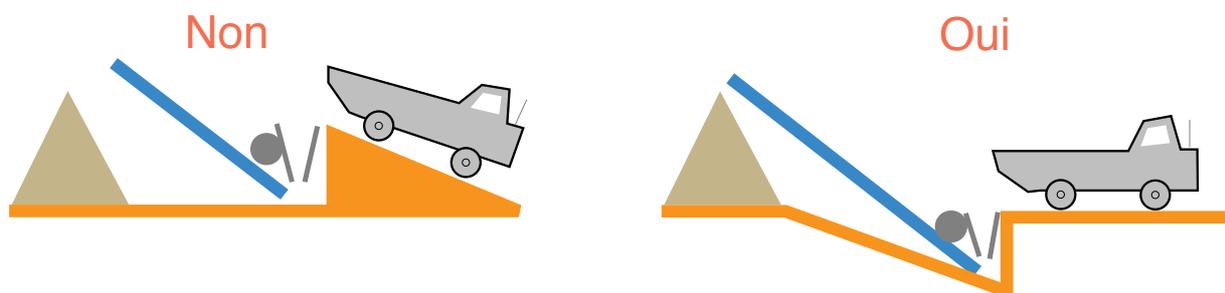
Il est pratiquement impossible de réduire le bruit produit par les chocs des matériaux, entre eux et sur la trémie de réception d'un concasseur à mâchoires, sauf si celle-ci est revêtue de caoutchouc, et si les tôles sont suffisamment épaisses pour éviter la résonance et les vibrations.

Il en est de même du bruit du concasseur à mâchoires lui-même.

Il faut veiller dans ces conditions à placer ce concasseur dans des endroits qui soient les plus protégés possibles en utilisant le plus d'écrans naturels ou artificiels (1)

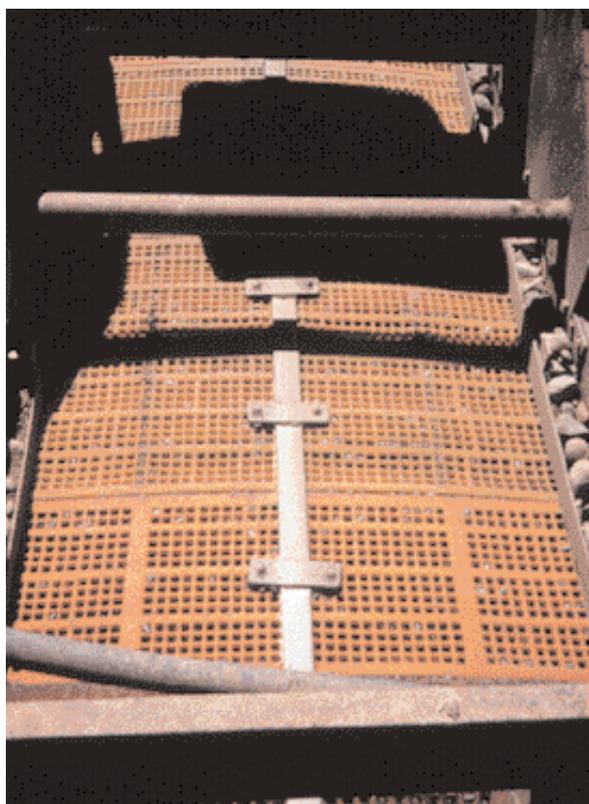
(1) Il est très difficile de réduire le bruit d'un tel matériel sachant que celui-ci émet des fréquences graves qui sont très difficiles à réduire par des écrans (longueur d'onde sensiblement égale à la dimension de l'écran) ou en transmission. Il est nécessaire pour cela de disposer d'écrans très épais et de grande hauteur.





Pour réaliser simplement cette condition, il est souhaitable de placer le concasseur primaire à machoires :

- au fond d'une carrière (les bords de la carrière faisant écran) [III - IX - 4].
- éventuellement adossé à une paroi, à condition qu'il n'y ait pas de récepteur en face.



Les grilles en polyuréthane sont utilisées à l'origine pour limiter l'abrasion due aux matériaux. Ce dispositif permet également une réduction de bruit. Toutefois pour que cette réduction soit sensible, il faut également que toutes les parties métalliques en contact avec le matériau soient protégées par du caoutchouc ( parois latérales du crible ; goulottes ) (1), et il est préférable que le crible soit capoté de façon étanche.

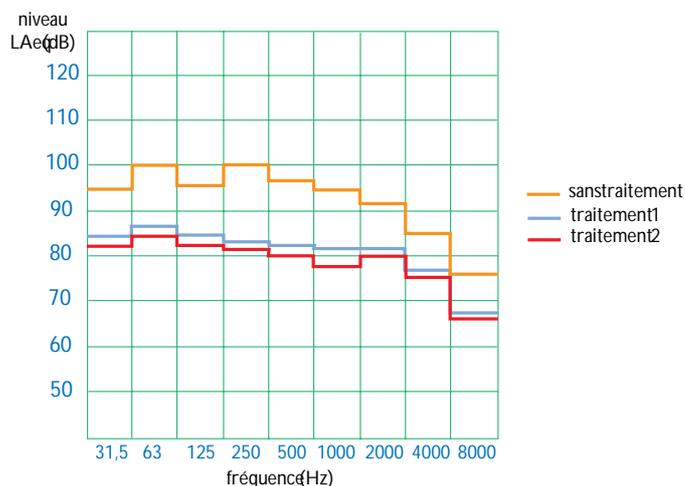
(1) Des mesures de bruit ont montré que les chocs des matériaux sur la toile du crible, les parois latérales et les goulottes d'alimentation constituaient trois sources sonores dont les puissances acoustiques [III - II] étaient sensiblement équivalentes. Dans ces conditions, la réduction d'au moins 10 dB(A) d'une seule de ces sources ne diminuera pas le niveau sonore global de plus de 2 dB(A).

Si nous traitons en plus les parois latérales du crible, le niveau sonore global pourra être diminuée jusqu'à 5 dB(A). Enfin, si nous réduisons également le bruit des goulottes en interposant du caoutchouc, la contribution globale de ces trois sources pourra être réduite jusqu'à 10 dB(A) [III - VIII]

Il convient de bien noter que la réduction du niveau sonore correspond seulement à la contribution des trois sources que nous venons d'identifier. Cela ne signifie pas que cette réduction s'applique à l'ensemble du crible sachant que ce dernier émet d'autres bruits : chocs des matériaux entre eux ; bruit propre. Toutefois, ces trois sources restent en général dominantes.

Avec :

- Sans traitement: crible à grilles métalliques, sans capotage
- Traitement 1: grilles caoutchouc et parois protégées par caoutchouc
- Traitement 2: en plus du traitement 1, mise en place d'un capotage





Bâtiment permettant une certaine réduction du bruit, bien que non prévu initialement pour cela. Les sorties des bandes transporteuses, ainsi que les passages éventuels de matériels mobiles sont protégées par un merlon (1)

(1) Pour permettre une réduction maximale du bruit avec un tel équipement, il est préférable de modifier les dispositions relatives des matériels. En effet, en supposant que le récepteur à protéger se trouve à la place du photographe, il serait préférable de faire sortir le matériau de l'autre côté du bâtiment : cette manière de faire présenterait les avantages suivants :

- pas de passage de matériels mobiles pour la reprise des matériaux
- le bâtiment sert d'écran [III - IX - 4]
- pas d'ouvertures dans le bâtiment du côté récepteur
- pas de réflexions, sur le bâtiment, des matériels mobiles en direction du récepteur [III - IX - 5]
- pas de nécessité de mettre en place un merlon.



Ce bâtiment est prévu pour protéger l'installation de la poussière. Il est peu efficace contre le bruit (2)

(2) Pour garantir une bonne réduction du bruit due aux bâtiments, tout comme de capotages complets de matériels, certaines règles doivent être appliquées :

- 1 - les tôles utilisées pour la conception du bâtiment doivent être épaisses et rigides pour éviter que ces dernières ne vibrent; elles doivent comporter des matériaux amortisseurs.
- 2 - L'intérieur du bâtiment doit être revêtu de matériaux absorbants (laine de roche, briques ou parpaings spéciaux) pour atténuer les réflexions successives du bruit.
- 3 - Le bâtiment doit être le plus étanche possible : la porte et des tôles ne sont pas

jointives ; on observe des ouvertures importantes pour le passage des matériaux. Une simple petite ouverture peut réduire considérablement l'isolation d'une telle structure.



récepteur 1a

récepteur 2a

LP 2a = LP 1a - Atténuation distance



concasseur

récepteur 1b

bardage

récepteur 2b

LP 2b > LP 2a - R

Le niveau sonore en LP(1b) peut être très supérieur à celui en LP(1a) du fait de la réverbération à l'intérieur du bardage. Il s'en suit que le niveau LP(2b) n'est pas réduit de la valeur de R mais d'une valeur beaucoup plus faible.



Le bon entretien du matériel contribue à la réduction du bruit. (1)

(1) Avec un bon entretien, le transport de matériaux par bande transporteuse constitue une solution idéale en terme de réduction du bruit.

Toutefois, les roulements mal lubrifiés ou usés sont généralement générateurs de bruits.

Dans ces conditions, le bruit constant, souvent constitué de fréquences pures, peut produire un niveau sonore supérieur ou égal à celui généré par le bruit transitoire de passage de tombereaux. L'entretien des bandes est donc primordial.

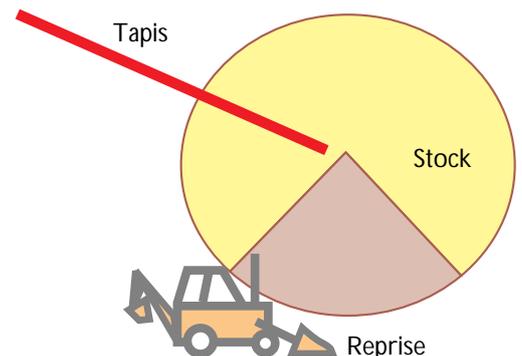


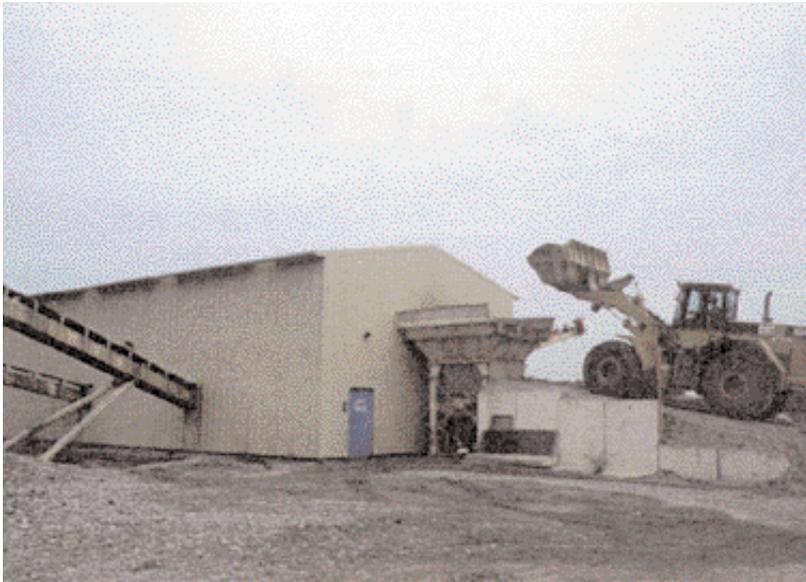
Constitution d'un écran par stockage de matériaux Les stocks de matériaux peuvent constituer un écran efficace; toutefois, cette efficacité ne sera réelle que si l'émission de bruit est entièrement protégée par l'écran ; ici, la chargeuse ne doit pas évoluer au dessus du stock. (2)



(2) La reprise doit se faire côté installation, et la mise en stock de même. Si le stock doit atteindre une hauteur supérieure à la capacité de levage de la chargeuse, le stock devra être réalisé par tapis orientables.

Mais une solution facile à réaliser consiste à effectuer la reprise du stock côté opposé à l'habitation (schéma ci-contre)





L'alimentation par chargeuse à proximité immédiate de l'installation entièrement bardée nuit à l'efficacité globale de la réduction du niveau sonore de l'ensemble (1)

(1) Toute source de bruit d'une puissance acoustique [III - 2] supérieure à la puissance acoustique de l'ensemble protégé devient prépondérante par rapport à cette dernière et diminue, voir annule l'effet de protection.

Par exemple, si les conditions sonores, au point récepteur, des sources suivantes sont:

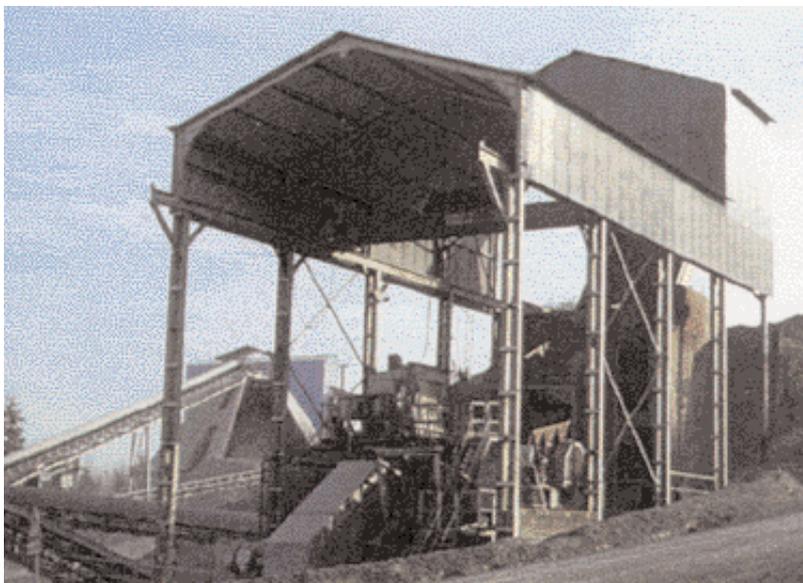
Chargeuse -> 60 dBA

Installation protégée -> 50 dBA

le niveau global sonore sera [III - VIII] :

$60 \text{ dBA} \oplus 50 \text{ dBA} \approx 60 \text{ dBA}$

Le bruit au récepteur est essentiellement dû au chargeur !



Un bardage tel que celui-ci protège de la pluie, mais "rabat" le bruit et augmente son intensité au niveau du sol.(2)

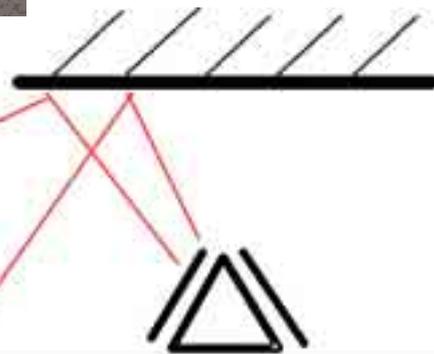
(2) Ce toit constitue un excellent réflecteur pour l'énergie acoustique qui devrait normalement se dissiper en hauteur. [III - IX - 5]

Dans certaines positions, le niveau sonore au niveau du récepteur peut subir une augmentation voisine ou supérieure à 3 dB(A).

RECEPTEUR



TOIT REFLECHISSANT





Pour le transport des matériaux, utiliser au maximum les bandes transporteuses, moins bruyantes que les camions (1)

*(1) La partie la plus bruyante des bandes transporteuses se situe à la chute du tapis lors des changements de bande. Si ce changement de bande ne peut être évité, le positionner au plus loin des points sensibles. [III - IX - 2]*



Dans le cas de transports par camions, un cheminement en déblais ou protégé par des buttes de terre sera recherché.



Le cheminement des engins de transport peut suivre une voie circulée existante. Dans ces conditions, le regroupement des sources bruyantes diminuera l'émergence des bruits du transport. (1)

(1) La contribution acoustique des engins de transport peut être négligeable devant le bruit de l'infrastructure à proximité [III - VIII].

$70 \text{ dBA (route)} \oplus 60 \text{ dBA (engins de transport)} \approx 70 \text{ dBA (bruits résiduels \setminus routes)}$

Alors que le niveau sonore des engins de transport, seul, peut provoquer une émergence importante en rase campagne, le bruit résiduel peut souvent être de

l'ordre de 50 dB(A), ce qui donne:

$60 \text{ dBA (engins de transport)} \oplus 50 \text{ dBA (campagne)} \approx 60 \text{ dBA (bruit particulier "engins de transport")}$



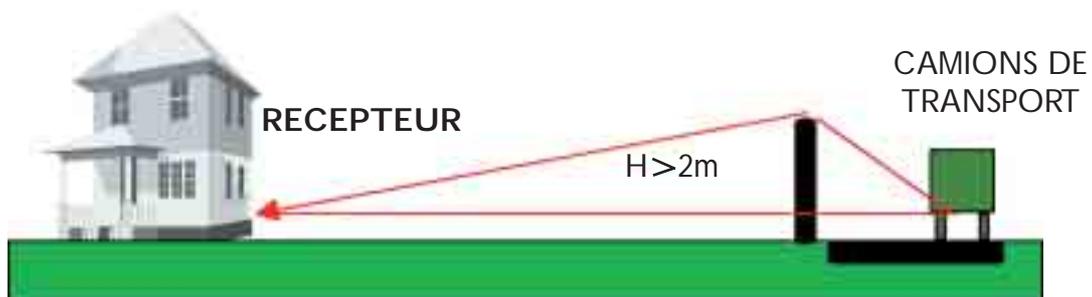
Le bruit du transport est moins important si le revêtement de la piste est correct ( bon uni : pas de bosses ni de "nids de poules" par exemple), et si la piste est régulière en profil en long. Par contre, le merlon est insuffisant pour être efficace vis à vis des habitations. (2)

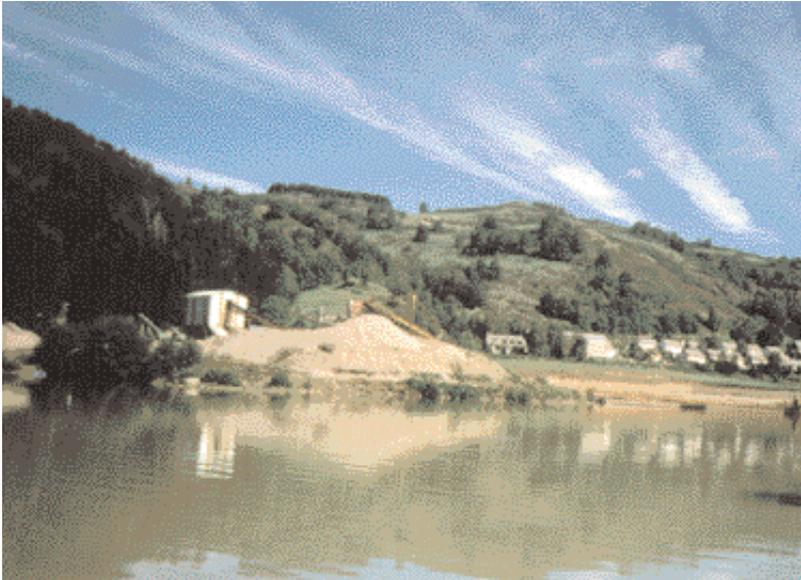
(2) Pour être efficace, une protection acoustique (écran, butte de terre) doit avoir des dimensions "grandes" vis à vis de la longueur d'onde du bruit à atténuer [III - IX - 4 ].

Pour un bruit de type routier, les protections doivent faire une hauteur de 2 m minimum, par rapport à la droite reliant l'émetteur au récepteur.

Par ailleurs, pour une hauteur d'écran

donnée, son efficacité sera d'autant meilleure qu'il sera placé soit près de la source, soit près du récepteur.





L'eau constitue une surface réfléchissante favorisant la propagation des bruits à grande distance. (1)

(1) Effet de la réflexion sur l'eau [III - 9 - 5] :

La réflexion totale due à l'eau crée une source image d'une puissance acoustique équivalente à celle de la source initiale. Il s'en suit qu'au récepteur, le niveau sonore se trouve augmenté d'environ 3 dB(A).

RECEPTEUR



INSTALLATION



SOURCE IMAGE

(2) Vu depuis le récepteur, le couple source/réflexeur se comporte sensiblement comme s'il existait deux sources identiques. Il s'en suit que le niveau source au niveau du récepteur est sensiblement doublé (+3 dBA) [III - 9 - 5] ; [III - VIII]



Disposition à flanc de colline associée à une réflexion sur une surface liquide. Compte tenu des réflexions sur les fronts de taille, toute source sonore voit son niveau sonore sensiblement doublé. Une telle structure est très difficile à protéger du bruit

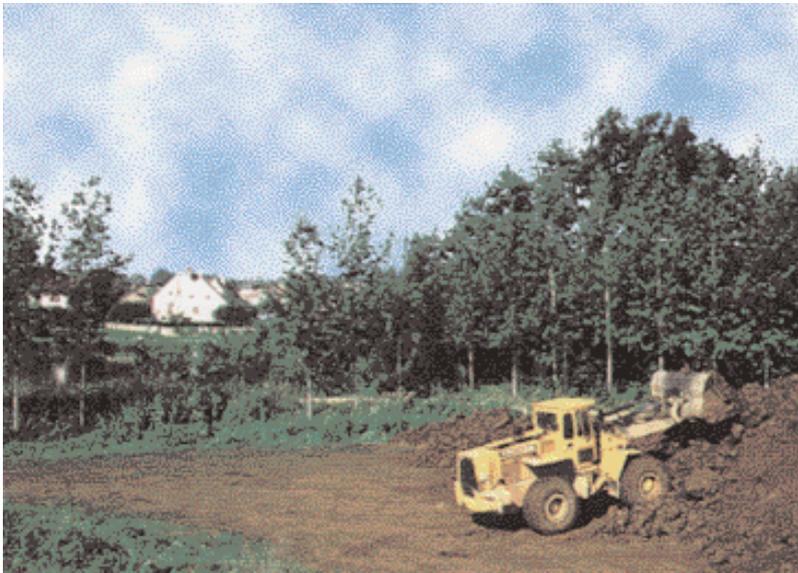


Les travaux de découverte, en général très excentrées des sources de l'installation et au niveau du terrain naturel, peuvent conduire temporairement à des niveaux sonores très importants au niveau de certains récepteurs. (1)

(1) Si la notion de niveau sonore est une donnée physique parfaitement chiffrable, la notion de gêne comporte un côté psychologique très important. Un dialogue avec les riverains le plus en amont possible permet généralement de comprendre les problèmes de chacun et d'organiser en bonne entente le phasage des travaux. Une phase de décapage ou une foration bruyante sera tolérée des riverains dans la

mesure où la durée de ce travail sera connue.

Quelquefois, un rideau d'arbres diminuera considérablement la gêne ressentie par le riverain. (mais en aucun cas le niveau sonore !) [III - IX - 7].



Un simple rideau d'arbres est totalement inefficace d'un point de vue acoustique. Seule la réalisation d'un écran constitué de matériaux denses est efficace. La position de cet écran est importante par rapport à la position émetteur / récepteur (2). Ne pas négliger les protections visuelles, même si elles n'ont pas d'efficacité acoustique. [III - IX - 7] (2)

(2) L'écran est d'autant plus efficace qu'il est situé près de l'émetteur ou du récepteur. [III - IX - 4]



OUI

Butte de terre

Installation

La butte de terre est efficace vis à vis des habitations



NON

~~Butte de terre~~

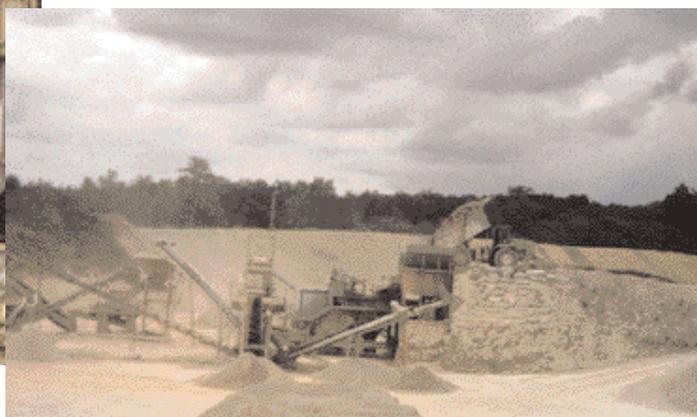
~~Installation~~

La butte de terre est inefficace vis à vis des habitations



Une installation de type vertical favorise la propagation du bruit.(1)

(1) Dans les installations de type vertical, la propagation du bruit se fait très au dessus du sol ; l'atténuation apportée par ce dernier est souvent négligeable [III - IX - 6] . Eviter tout ce qui peut augmenter le niveau de bruit ou le diriger dans une direction gênante : tôles minces non jointives, ouvertures en direction d'habitations...



Une installation de type horizontal favorise la réduction du bruit et permet la mise en place de protections type buttes de terre ou stocks.(2)

(2) Des sources de bruit placées au niveau du sol bénéficient de l'atténuation apportée par l'absorption des terrains situés entre les sources et les récepteurs [III - IX - 6] .

Si des stocks sont constitués dans un but de protection, il faudra que ceux-ci soient continus, suffisamment hauts [III - 9 - 4] et il faudra éviter la circulation des engins sur les stocks où à l'extérieur de ceux-ci.

Les stockages par tapis au lieu de chargeurs constituent un moyen efficace pour réduire le bruit de cette opération ...

...mais la reprise doit se faire à l'intérieur du périmètre défini par ces stocks, ce qui n'est pas possible photo ci-dessus à cause du chemin de roulement de la sauterelle mobile. (1)



(1) Les stocks de matériaux constituent également un



écran acoustique efficace. Toutefois leur longueur et leur hauteur doivent être suffisantes [III - IX - 4] . Pour un émetteur (E) et un récepteur donné (R) l'efficacité de l'écran sera d'autant plus importante que sa hauteur sera grande. Dans le cas de stocks de matériaux devant jouer un rôle de protection acoustique, il faudra donc veiller à maintenir ces derniers à une hauteur suffisante.

L'installation du primaire en fond de carrière et l'utilisation de tapis transporteurs pour amener les matériaux au poste secondaire sont bien préférables à une solution associant une remontée des matériaux par tombereaux et un concassage primaire au niveau du terrain naturel. Toutefois, du point de vue du bruit global de l'installation, cet intérêt est fortement diminué par la structure verticale du poste tertiaire.



Primaire en hauteur. Structure horizontale des postes secondaires et tertiaires. (1)

(1) Contrairement à la photo précédente, l'alimentation du primaire se fait par une rampe artificielle surélevée. Les bruits de montée du tombereau et de déchargement dans la trémie d'alimentation nuisent au bénéfice acoustique que peut apporter une structure horizontale [III - IX - 4 et 6].

Bardage efficace pour la pluie ; inutile, voire néfaste pour le bruit. (1)

(1) En raison des réflexions multiples, le niveau sonore à l'intérieur d'un bâtiment est augmenté : toute ouverture rayonne donc de façon importante. Les ouvertures dans le bardage créent des directions privilégiées de propagation du bruit. Il faut éviter en particulier les bardages qui ne descendent pas jusqu'au sol ou qui comportent des panneaux non jointifs. Toutes ces ouvertures constituent des fuites très importantes qui peuvent rendre la présence d'un bâtiment néfaste d'un point de vue acoustique, si les récepteurs sont situés dans la direction de ces ouvertures.



Manque de continuité dans les stocks servant de protection acoustique : l'efficacité de l'écran est pratiquement réduite à néant. (2)

(2) Une discontinuité dans un écran ou une butte de terre peut annuler presque totalement l'efficacité de cette protection. [III - IX - 4].



Foration en sommet de gisement constituant une source de bruit particulièrement importante pour l'environnement, en raison de sa situation en hauteur : l'absorption par le sol est pratiquement nulle. (1)

(1) Les engins de foration travaillent souvent dans des zones difficilement protégeables. Il est alors souhaitable d'informer les riverains des durées d'intervention et des dispositions prises (aménagement d'horaires ...). On peut utiliser les engins les moins bruyants : matériel agréé, moteurs capotés, marteaux hydrauliques ...

(2) Dans la mesure où les travaux de découverte peuvent être réalisés "à l'avancement", cette découverte, repoussée en merlon, protège l'extérieur de la zone d'exploitation. [III - IX - 4]

Foration protégée par la découverte. (2)



Une forêt ne constitue pas un moyen de réduction certain du bruit. (1)

(1) On considère généralement qu'une épaisseur de 10 m de végétaux dense absorbe 1 dBA. [III - IX - 7] Une forêt de 100 mètres de large pourrait donc apporter une atténuation complémentaire de l'ordre de 10 dBA, constituant un moyen de réduction équivalent par exemple à une butte de terre de grande hauteur. Toutefois cette atténuation dépend beaucoup du type de végétation, de la saison, etc...

On ne peut donc pas se baser de façon certaine sur son efficacité et sur des valeurs d'atténuation données. Par ailleurs, ces valeurs confirment l'inefficacité d'une simple haie, ou rangée d'arbres.

Par contre le côté psychologique de la gêne est fortement influencé par la vue de la source de bruit. Un écran végétal aura donc intérêt à être conservé vis à vis des riverains.



A grande distance, l'atténuation du bruit dépend du type de végétation. Dans le cas d'une végétation basse, c'est son caractère plus ou moins absorbant, ainsi que celui du sol, qui donnera plus ou moins d'importance à la réflexion de l'onde sur le sol. (2)

(2) Ce phénomène caractérise ce qu'on appelle " l'effet de sol ". [III - IX - 6]

L'atténuation apportée par cet effet est d'autant plus importante que source et récepteurs sont placés plus près du sol.

Des matériaux absorbants sont nécessaires pour absorber une partie de l'énergie acoustique à l'intérieur d'un bâtiment. Toutefois, une protection acoustique ne doit pas comporter de "fuites". La porte ouverte peut réduire pratiquement totalement l'efficacité de ce moyen de réduction. **(1)**



Disposition des matériels en contrebas et protégés par le relief naturel: cette disposition constitue une bonne solution pour réduire au maximum la propagation du bruit. **(2)**



**(1)** Une protection acoustique doit être réalisée en matériaux suffisamment lourds, pour garantir un isolement maximal (effet de masse) et non réfléchissants (parpaings creux par exemple) pour éviter d'augmenter le bruit à l'intérieur. La protection doit être totale. En effet, toute ouverture devient une source de bruit vis à vis de l'extérieur, en réduisant très fortement l'efficacité globale du bâtiment. Il s'en suit qu'une telle installation doit être la plus étanche possible.

**(2)** Profiter du relief naturel pour "cacher" les installations et les zones d'émissions sonores à la fois

de la vue et du bruit: le positionnement le plus bas possible des sources augmente "l'effet de sol" et l'efficacité des écrans [ III - IX - 4 et 6].

Piste non revêtue - allure trop rapide, produisant un bruit excessif dû aux vibrations et chocs de la benne ainsi qu'au régime moteur trop important. **(1)**



Eviter les cheminements d'engins et le déchargement de matériaux en hauteur. **(2)**



**(1)** Le bruit dû au mauvais état des pistes est amplifié par la vitesse des véhicules : bruits de roulement, claquement des bennes à vide, nombreux changements de vitesse... Plus la piste est en mauvais état, plus la vitesse des engins doit être réduite.

**(2)** Il faut éviter le cheminement d'engins sur les hauteurs : bruit de moteur important en montée, niveaux sonores non atténués par l'effet de sol. [ III - IX - 6] Dans le cas où ce cheminement ne peut être évité, rechercher les engins les moins bruyants.



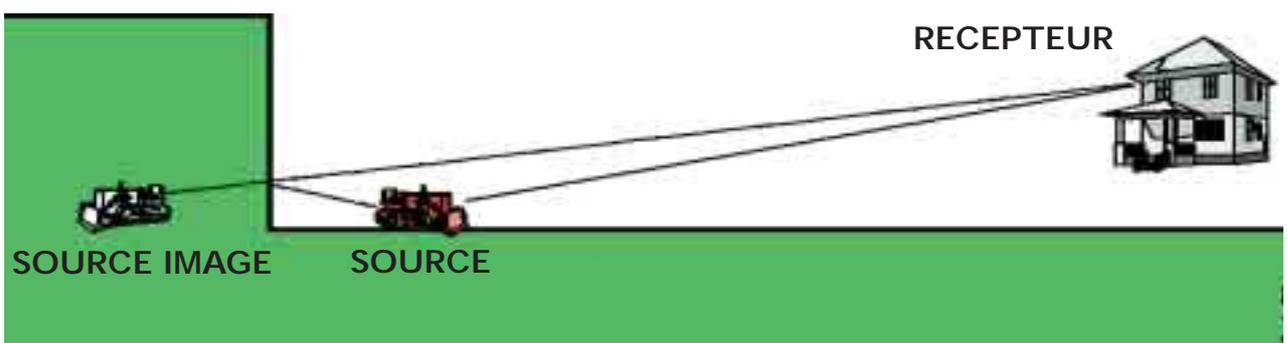
Au chargement, limiter la hauteur de chute des matériaux. (1)

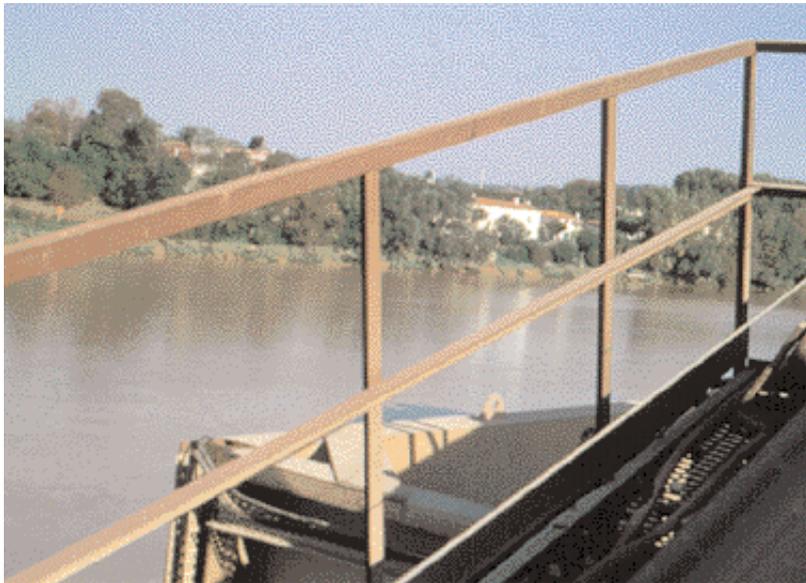
(1) Le chargement des blocs au front de taille et leur chute dans la benne vide du tombereau est une source de bruit importante. Il faut au maximum limiter la hauteur de chute des matériaux à ce poste de travail.



Réflexion sur les fronts de taille. (2)

(2) Un front de taille a un pouvoir réfléchissant très important [ 111 - IX - 5] ; il double l'énergie acoustique émise par les engins de reprise, c'est à dire que le bruit résultant correspond au bruit émis par deux fois plus d'engins que ceux réellement au travail.





Des sources de bruit placées en hauteur ainsi qu'une étendue d'eau entre l'émetteur et le récepteur constituent des conditions idéales de propagation du bruit à grande distance. (1)

(1) Il n'existe pas de solution simple de réduction du bruit, sinon celle d'agir sur les sources elles-mêmes.

Il faut utiliser des appareils silencieux : moteurs électriques et non thermiques, réaliser les opérations bruyantes (débouage, concassage...) hors de la zone d'eau et dans un environnement qui doit être protégé.

Dans le cas d'exploitation de matériaux alluvionnaires à proximité d'habitations, il faut prévoir la position de l'installation de façon à pouvoir apporter une protection acoustique.



Privilégier l'utilisation d'engins agréés portant les plaques où sont indiqués les niveaux sonores maximums garantis (2)

(2) Les matériels mobiles de chantier doivent être homologués dès qu'ils sont susceptibles de constituer une gêne pour le voisinage.



## Comité National de la Charte

3, rue Alfred Roll - 75849 PARIS Cedex 17  
Tél : 01 44 01 47 01 - Fax : 01 46 22 59 74