

## LE CONTRÔLE DE L'ENCOFFREMENT

### Attention !

Le contrôle de l'efficacité de l'encoffrement est indispensable.

sence des opérateurs, car le but de l'encoffrement est la réduction de l'exposition sonore des salariés.

Les points de contrôle du niveau sonore seront prévus dès la conception. La zone contrôlée doit au moins comprendre la zone de pré-

Lors du contrôle, les conditions de fonctionnement de la machine doivent être clairement précisées. Elles doivent être représentatives de l'activité réelle.



© réalisation SERAC pour RAULT



© réalisation VPE pour SERFLEX

### Pour en savoir plus

#### AFNOR

##### NF EN ISO 11546-2

Acoustique. Détermination de l'isolement acoustique des encoffrements. Partie 2 : mesurages sur site (aux fins d'acceptation et de vérification). Paris - La Défense, AFNOR, 1996, 26 p.

##### NF EN ISO 11690-2

Acoustique. Pratique recommandée pour la conception des lieux de travail à bruit réduit contenant des machines. Partie 2 : Moyens de réduction du bruit. Paris - La Défense, AFNOR, 1997, 27 p.

##### NF EN ISO 15667

Acoustique. Lignes directrices pour la réduction du bruit au moyen d'encoffrements et de cabines. Paris - La Défense, AFNOR, 2000, 53 p.

#### INRS

##### ED 808

Réduire le bruit en entreprise. Paris, INRS, 1997, 96 p.

##### ND 2036-164-96

Importance des fuites acoustiques sur l'efficacité globale d'un capotage de machine. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 164.

##### ND 2144-182-01

Encoffrements de machine - Aide à la conception : règles de base et mise en œuvre expérimentale. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 2001, 182.

#### AUTEURS

CLAUDE DE BAILLIENCOURT  
XAVIER BOUJSSON  
PIERRE DANIERE  
CLAUDE LE CHAFFOTEC  
GÉRARD SONNIER  
NICOLAS TROMPETTE  
JEAN VITTONATI

CRAM BOURGOGNE ET FRANCHE-COMTÉ  
CIMP - CRAM LANGUEDOC-ROUSSILLON  
CIMP - CRAM NORD-EST  
CIMP - CRAM CENTRE  
CIMP - CRAM AUVERGNE  
INRS LORRAINE - IET  
CIMP - CRAM ILE-DE-FRANCE

#### ONT COLLABORÉ À CETTE FICHE

pour le **SECRETARIAT DE RÉDACTION**  
et la **MAQUETTE** : CHRISTINE LARCHER  
pour les **ILLUSTRATIONS** : WAG.

#### CONTACTS

SERVICE PRÉVENTION DE VOTRE CRAM : s'adresser aux personnes chargées du bruit.  
INRS : tél. 03 83 50 20 00  
web : www.inrs.fr

Paru dans *Travail & Sécurité*, mars 2003 ©INRS

## GLOSSAIRE

### Encoffrement

Structure enveloppant une source sonore (machine), conçue pour protéger du bruit l'environnement de cette source sonore.

### Isolement D

(ou perte par insertion ou atténuation) : réduction du niveau sonore due à l'encoffrement. C'est la différence entre le niveau sonore mesuré sans l'encoffrement et le niveau sonore mesuré avec l'encoffrement.

L'isolement en puissance acoustique  $D_w$  exprime une réduction globale sur l'ensemble des faces de l'encoffrement.

L'isolement en pression acoustique  $D_p$  exprime la réduction en un point spécifique. L'isolement est exprimé en décibels.

### Isolation

Ensemble des procédés mis en œuvre pour obtenir des isollements acoustiques déterminés.

### Indice d'affaiblissement R d'un matériau

Représente le rapport entre l'énergie sonore incidente et l'énergie sonore qui traverse le matériau (énergie transmise). Il s'agit du logarithme de l'inverse de la transparence acoustique  $\tau$ . Cette grandeur, dont la valeur est obtenue en laboratoire, fait abstraction des transmissions latérales et ne prend pas en compte les conditions réelles de pose du matériau.

L'indice d'affaiblissement (exprimé en dB) dépend de la fréquence.

$R_w$  caractérise l'affaiblissement global d'une paroi soumise à un bruit normalisé, ce qui permet de classer les parois.

### Coefficient d'absorption $\alpha$ d'un matériau

Représente le rapport entre l'énergie sonore absorbée par le matériau et l'énergie sonore incidente (plus  $\alpha$  se rapproche de 1 et plus le matériau est absorbant).

Cette grandeur est appelée  $\alpha_{sabine}$  quand sa valeur est obtenue en laboratoire dans des conditions normalisées. Sa valeur est usuellement fournie par les fabricants de matériaux.

### Fuites acoustiques

Défauts d'isolation dus à la présence d'ouvertures non traitées, de défauts d'étanchéité...

### Masse surfacique, masse volumique

Respectivement masse par unité de surface (en  $kg/m^2$ ); masse par unité de volume (en  $kg/m^3$ ).

### Octave

Domaine fréquentiel compris entre une fréquence et le double de cette fréquence. En pratique, les octaves sont normalisées. Elles sont désignées par leur fréquence centrale (octave à 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, etc.).

## FICHE PRATIQUE DE SÉCURITÉ

### ED 107

par le groupe de travail ENCOFFREMENT

**Vous êtes industriel et vous envisagez d'encotrer une ou plusieurs machines. Cette fiche va vous permettre de dialoguer efficacement avec les fabricants ou les installateurs. Un encoffrement doit être conçu pour réduire l'exposition au bruit des salariés. Que vous fassiez appel à des compétences extérieures ou que vous envisagiez de réaliser un encoffrement, vous devez appliquer les bons principes de prévention ainsi que les règles techniques de conception présentés ici.**

L'exposition au bruit est une des nuisances majeures en milieu industriel. Le bruit gêne le travail, perturbe les communications et provoque une fatigue nerveuse. Il peut aussi induire à long terme des surdités professionnelles, particulièrement handicapantes.

### Pour lutter contre le bruit...

► **la solution idéale** est la réduction du bruit à la source. En pratique, il est difficile de diagnostiquer les causes réelles du bruit et surtout d'inventer des solutions faciles à mettre en œuvre sur des installations existantes,

► **la solution de compromis** consiste à enfermer les machines industrielles dans des "boîtes" appelées encoffrements.

L'encoffrement repose sur une idée simple... mais sa réalisation doit respecter des règles précises pour éviter un résultat décevant.



INRS  
30, rue Olivier-Noyer  
75680 Paris Cedex 14  
Tél. : 01 40 44 30 00  
Fax : 01 40 44 30 41

## Réussir un encoffrement acoustique

### TROIS PRINCIPES

**PROTÉGER L'HOMME** La conception de l'encoffrement doit permettre de réduire le niveau sonore à l'endroit où se trouvent les salariés (opérateurs de la machine ou opérateurs environnants).

**ÉTUDIER L'IMPACT** Évaluer dès la conception l'impact que l'encoffrement aura sur l'environnement de travail et sur la façon de travailler. De même, une prise en compte de l'ergonomie du poste de travail est incontournable.

**TRAVAILLER EN GROUPE** Il est recommandé d'associer au projet, dès que possible, les différents intervenants dans l'entreprise concernés par l'implantation de l'encoffrement. Il faut établir un cahier des charges précis des besoins et contraintes réels. Il convient de recueillir l'avis des opérateurs de production mais aussi des opérateurs de maintenance, ou des services méthodes.

En phase de réflexion, vous devez respecter les trois grands principes développés dans l'encadré ci-dessus.

Gardez en mémoire qu'il s'agit avant tout de :  
- réduire le niveau sonore à l'endroit où se trouvent les salariés,

- prendre en compte l'environnement de travail dans lequel s'intégrera le projet,  
- réfléchir en groupe, en associant étroitement les personnes concernées par l'implantation, l'utilisation et la maintenance.

En phase de conception, vous devez respecter les règles techniques détaillées sur les pages intérieures.

Nous attirons votre attention sur :

- l'évaluation des contraintes,
- l'isolation de la machine,
- l'absorption du bruit à l'intérieur de l'encoffrement,
- la limitation des fuites,
- le traitement des ouvertures,
- le découplage de l'encoffrement.

En phase de réalisation, le contrôle de l'encoffrement est indispensable.



© réalisation SERAC pour Michelin



© réalisation Genferson pour UDEPA



© réalisation VPE



droits réservés



© réalisation SERAC pour Esswein



droits réservés

## Quelques règles simples... ...pour un résultat optimisé

- 1 **Évaluer les contraintes**  
établir un relevé exhaustif en associant les utilisateurs
- 2 **Isoler la source de bruit**  
choisir les parois en fonction de l'atténuation recherchée
- 3 **Absorber le son à l'intérieur de l'encoffrement**  
tapisser les parois internes de l'encoffrement d'un matériau absorbant
- 4 **Supprimer les fuites acoustiques**  
mettre en place des joints pour assurer l'étanchéité
- 5 **Traiter les ouvertures**  
installer des silencieux
- 6 **Découpler l'encoffrement**  
éviter tout contact entre la machine et l'encoffrement

Ces règles sont commentées dans les pages centrales de la fiche.



# 1 ÉVALUER LES CONTRAINTES

Cette étape s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact. L'encoffrement doit s'adapter à l'environnement de travail et aux contraintes de production. Il doit aussi inclure des exigences de sécurité, d'hygiène, d'ergonomie et de maintenance.

L'évaluation des contraintes, ou exigences à respecter, doit aider à l'éta-

blissement d'un cahier des charges précis et réaliste. Les niveaux sonores aux postes de travail doivent être spécifiés et faire l'objet d'une garantie de résultats.

Le tableau ci-dessous a pour but d'aider l'entreprise à ne rien laisser au hasard lors de l'établissement de ce cahier des charges.

En regard de chaque thème, il est possible de noter les points importants à prendre en compte.

Par la suite, ce tableau servira également de guide de comparaison entre plusieurs offres; de liste de contrôle pour valider la réalisation de l'encoffrement.

La machine	
Produit	
Machine	
Cadence	
L'opérateur	
Niveau de pression sonore «actuel/souhaité»	
Surveillance	
Éclairage	
Signalisation, voyants	
Mise en route, réglages	
Gestion des incidents, pannes	
Manutention, postures	
Nettoyage	
Risques induits (incendie, explosion...)	
Les entrées-sorties	
Entrées matières	
Sorties produits	
Sorties déchets	
Énergie, fluides (air comprimé, électricité...)	
Compensation air neuf - ventilation	
Chaleur, humidité, condensation	
Polluants (poussières, brouillards d'huile, gaz...)	
Fuites acoustiques	
L'implantation	
Matériaux constitutifs	
Dimensions intérieures	
Dimensions extérieures	
Distances de sécurité	
Accès machine (personnel et matériel)	
Tenue mécanique de la structure	
Vibrations	
Longévité	
Démontabilité	
Forme et couleur	

# 2 ISOLER LA MACHINE

Les parois déterminent l'isolement acoustique de l'encoffrement. Les performances acoustiques des parois dépendent de leur nature et de leur composition. Elles sont caractérisées par une grandeur appelée indice d'affaiblissement R, issue de mesures en laboratoire (donnée obtenue auprès des fabricants).

### Attention !

En pratique, l'isolement acoustique global de l'encoffrement sera toujours inférieur à l'indice d'affaiblissement R des parois.

### Choix des parois

#### Paroi simple

L'indice d'affaiblissement de la paroi augmente proportionnellement au logarithme de :

- la masse par unité de surface,
- la fréquence.

Il chute à une fréquence appelée fréquence critique, inversement proportionnelle à l'épaisseur de la paroi. La paroi devient alors quasiment «transparente au bruit». Il faut donc choisir l'épaisseur de la paroi en fonction de l'indice d'affaiblissement souhaité et des fréquences principales du bruit de la machine. Il faut éviter de choisir un matériau dont la fréquence critique correspond aux fréquences bruyantes.

#### Paroi double

Elle est constituée par un complexe de deux parois séparées par un absorbant.

L'indice d'affaiblissement chute :  
 autour des deux fréquences critiques des parois,  
 à une fréquence dite de respiration, généralement très basse.  
 En dehors de ces zones, il est d'abord égal puis largement supérieur à l'indice d'une paroi simple.

Ces parois sont donc recommandées lorsque l'isolement doit être fort pour des zones fréquentielles bien déterminées, en particulier pour les hautes fréquences.

#### Encoffrement

L'encoffrement est un assemblage de parois et l'affaiblissement global  $\bar{R}$  dépend fortement de l'indice  $R_i$  le plus faible :  

$$\bar{R} = 10 \log(\sum S_i / \sum \tau_i S_i)$$
  

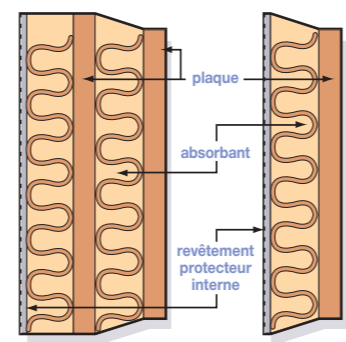
$$\tau_i = 10^{-R_i/10}$$
 (transparence d'une paroi)  
 $S_i$  surface des parois d'indice  $R_i$ .

# 3 ABSORBER LE BRUIT À L'INTÉRIEUR DE L'ENCOFFREMENT

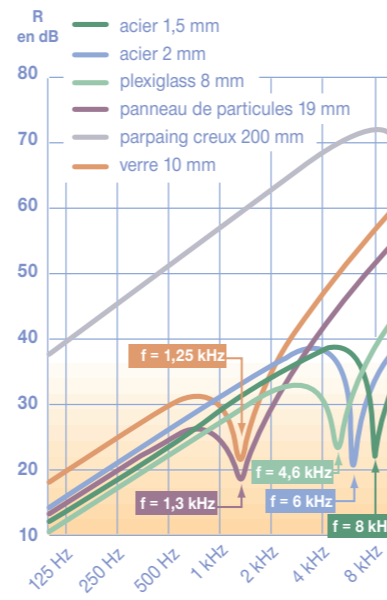
# 4 SUPPRIMER LES FUITES ACOUSTIQUES

# 5 TRAITER LES OUVERTURES

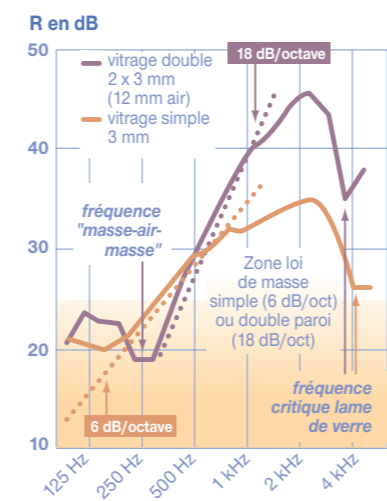
# 6 DÉCOUPLER L'ENCOFFREMENT



Paroi double, paroi simple



Indice d'affaiblissement et fréquence critique de quelques parois usuelles en fonction de la fréquence



Indice d'affaiblissement d'un simple vitrage et d'un double vitrage en fonction de la fréquence

### IMPORTANT

Les parois isolantes sont caractérisées par un affaiblissement variable en fréquence. Elles doivent donc être choisies en fonction du bruit émis.

Si l'encoffrement est constitué de parois différentes, la paroi possédant le plus faible affaiblissement déterminera les performances de l'ensemble.

Le niveau de bruit à l'intérieur de l'encoffrement augmente par réverbération. Cette augmentation contrebalance l'affaiblissement dû à la paroi. La présence d'un matériau absorbant est nécessaire pour diminuer le niveau sonore interne. Ces matériaux sont soit fixés sur les parois internes des encoffrements, soit intégrés dans les parois.

L'isolement acoustique de l'encoffrement peut être estimé par la formule suivante :

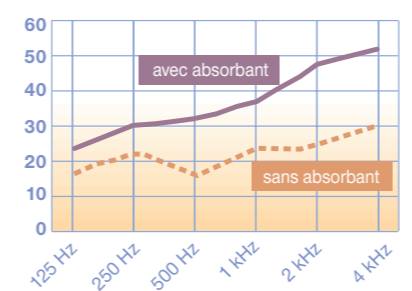
$D_W = \bar{R} + 10 \log \bar{\alpha}$  en dB  
 $\bar{R}$  indice moyen d'affaiblissement des parois,  
 $\bar{\alpha}$  coefficient d'absorption moyen de l'absorbant, fourni par les fabricants.  
 Ordres de grandeur :  
 si  $\bar{\alpha} = 0,1$   $D_W = \bar{R} - 10$  dB  
 si  $\bar{\alpha} = 0,5$   $D_W = \bar{R} - 3$  dB  
 si  $\bar{\alpha} = 0,7$   $D_W = \bar{R} - 1,5$  dB  
 si  $\bar{\alpha} = 0,9$   $D_W = \bar{R} - 0,5$  dB

### Choix des matériaux absorbants

Ces matériaux doivent avoir des coefficients d'absorption proche de 1 : laine minérale de verre ou de roche, fibres polyester, mousse synthétique plane ou alvéolée à pores ouverts... Ces matériaux sont d'efficacité assez voisines à épaisseurs égales.

### Exemple des laines minérales

Elles sont très efficaces aux moyennes et hautes fréquences. Aux hautes fréquences, leur efficacité tend à décroître avec la densité du matériau. Aux moyennes et basses fréquences, leur efficacité augmente :  
 - fortement avec l'épaisseur du matériau,  
 - légèrement avec sa densité.  
 En général, on choisit des épaisseurs comprises entre 50 et 100 mm et une masse volumique supérieure à 60 kg/m<sup>3</sup>.



Exemple d'isolement d'un encoffrement avec et sans laine minérale en fonction de la fréquence

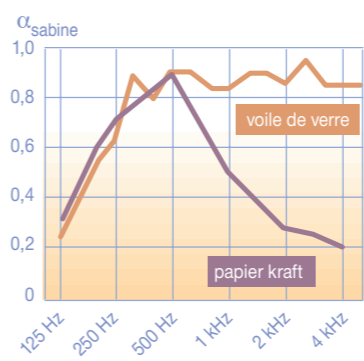
### Revêtement protecteur

Le matériau absorbant doit être protégé par un revêtement qui n'altère pas le coefficient d'absorption.

La protection mécanique peut être assurée par une tôle mince perforée, un grillage ou un isorel perforé. A partir d'un taux de perforation supérieur à 20 % de la surface, l'absorption est maximale.

Une protection mince évite la dispersion des fibres. Un film plastique évite la pénétration d'huile et d'humidité. Un intissé de verre évite le dépôt des poussières. Ce type de protection diminue l'absorption.

L'altération est d'autant plus faible que le revêtement est plus poreux et/ou plus mince. Ainsi, un voile ou tissu de verre, un film plastique d'épaisseur inférieure à 40 µm et d'une masse surfacique inférieure à 30 g/m<sup>2</sup> affecte peu  $\bar{\alpha}$ . Par contre, un revêtement plus épais (feuille d'aluminium, de plastique, de papier kraft) peut provoquer une importante baisse d'efficacité.



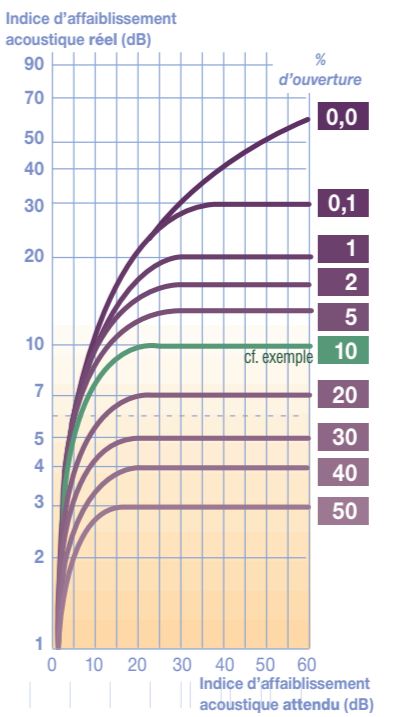
Influence d'un revêtement protecteur en fonction de la fréquence

### IMPORTANT

En pratique, les parois (simples ou doubles) commercialisées sont revêtues d'un absorbant protégé mécaniquement par une tôle perforée.

Toute ouverture, si petite soit-elle, entraîne des fuites du bruit à l'extérieur de l'encoffrement. Il faut donc les supprimer :

- en réduisant le plus possible les passages de câbles et de conduites au moyen de joints,
- en étanchéifiant au moyen de joints bitumineux le contact avec le sol.



**Exemple**, cet abaque montre que, pour 10 % d'ouverture (surface de fuite égale au dixième de la surface totale), l'affaiblissement acoustique global sera limité à 10 dB, quelle que soit la paroi.

### IMPORTANT

Traiter très soigneusement les ouvrants (portes à double recouvrement, fermetures multipoints...), car leur vieillissement entraîne l'apparition de fuites acoustiques.

Les portes ne sont efficaces que fermées.

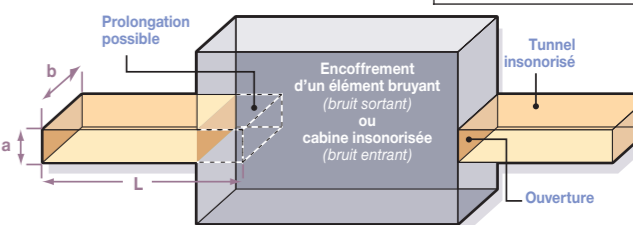
### IMPORTANT

Des investissements coûteux seront inefficaces s'il subsiste des ouvertures non traitées.

### IMPORTANT

Bruit et vibrations sont liés. Si la machine risque de faire vibrer l'encoffrement, le découplage est impératif.

Les presses à découper ou à former, les bols vibrants, les installations de vibrage de béton sont des cas typiques et difficiles à traiter.



**VALEURS À RESPECTER :**  
 $L > 2b$   
**a doit être minimal**

Il faut prendre garde au bruit rayonné hors de l'encoffrement par les pièces de grandes longueurs. Dans ce cas, le traitement traditionnel des ouvertures peut ne pas suffire.

**par le sol**  
 si la machine est fixée sur un massif de réaction ou sur des silentblochs, alors l'encoffrement est posé ou fixé directement sur le sol et à l'extérieur du massif de réaction,  
 si la machine est posée ou fixée à même le sol, alors l'encoffrement sera posé sur un joint de découplage.

### Voie aérienne

Le couplage par voie aérienne (interaction entre le bruit de la machine et l'encoffrement) peut exister. Il est rarement pris en compte. Le respect d'une distance d'au moins 200 mm entre machine et encoffrement permet en général de l'éviter. Si malgré tout il se produit, le recours à un spécialiste sera indispensable.

**Voie solidienne**  
 si la machine est posée ou fixée à même le sol, alors l'encoffrement sera posé sur un joint de découplage.

