

# Traitement acoustique d'un bâtiment industriel

27 décembre 2014

Cette étude porte sur l'amélioration des ambiances acoustiques d'un bâtiment industriel. Ce dernier est composé de trois pièces : un atelier, d'une salle de réunion et d'un bureau.

La réglementation acoustique prend en compte le niveau global de bruit :

$$L_G = 10 \log \left( \sum_i 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right)$$

Dans l'atelier, le niveau sonore auquel sont exposés les employés doit respecter la réglementation dictée par la directive "bruit" 2003/10/CE qui impose à l'employeur de mettre des protecteurs individuels à disposition des employés dès lors que le niveau global de bruit dépasse 80 dB(A) et de veiller à l'utilisation de ces dispositifs si ce même niveau est supérieur à 85 dB(A).<sup>1</sup>

Dans la salle de réunion, le niveau de bruit doit permettre une discussion normale de niveau 60 dB.<sup>2</sup> On admette un niveau global de bruit inférieur à 45 dB pour préserver la qualité de l'échange entre les collaborateurs.

## I. Evaluation prévisionnelle du niveau sonore produit par la machine dans l'atelier

### 1. Détermination de l'aire d'absorption équivalente par bande d'octave

On se sert ici des mesures réalisées à 10 m de la source étalon. Cette dernière étant placée à plus de 3 m des parois, les effets de bord sont négligeables. Elle est placée au sol et diffuse dans un demi-espace, on prend donc un facteur de directivité  $Q$  égal à 2. On a alors :

$$L_{p0} = L_{w0} + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

On en tire :

$$A = \frac{4}{10^{\frac{L_{p0} - L_{w0}}{10}} - \frac{Q}{4\pi r_0^2}}$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
A ( $m^2$ )	32,2	65,0	65,0	73,2	82,4	82,4

1. [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

2. [wikipedia.org/wiki/Comparaison\\_du\\_volume\\_de\\_sources\\_courantes\\_de\\_bruit](http://wikipedia.org/wiki/Comparaison_du_volume_de_sources_courantes_de_bruit)

## 2. Détermination du niveau de bruit à 10 m de la machine

On cherche d'abord à savoir si un champ (réverbéré ou direct) est prédominant sur l'autre. Les contributions relatives de chacun de ces deux champs sont :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Champ réverbéré $\frac{A}{4} (\cdot 10^{-2})$	12,4	6,15	6,15	5,46	4,85	4,85
Champ direct $\frac{Q}{4\pi r_1^2} (\cdot 10^{-2})$	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16

Le champ réverbéré est ici prédominant sur le champ direct, le niveau de bruit à 10 m de la machine s'exprime donc :

$$L_{p1} = L_{w1} + 10 \log \left( \frac{4}{A} \right)$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L_{p1}$ (dB)	89,9	86,9	81,9	81,4	78,9	78,9
$L_{p1}$ (dBA)	73,8	78,3	78,7	81,4	80,1	79,9

Le niveau global de bruit est ici de  $L_G = 87,0 \text{ dB}$ . La législation impose le port de protecteurs auditifs pour travailler dans un environnement aussi bruyant.

## II. Avant projet de traitement acoustique de l'atelier

### 1. Détermination du niveau de bruit à 3,5 m de la machine

Comparons d'abord les champs direct et réverbéré :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Champ réverbéré $\frac{A}{4} (\cdot 10^{-2})$	1,29	1,29	2,59	5,19	5,19	5,19
Champ direct $\frac{Q}{4\pi r_2^2} (\cdot 10^{-2})$	12,0	6,20	6,20	5,50	4,90	4,90

Ici aucun des deux champs n'est prédominant, l'utilisateur est soumis aux deux. Le niveau de bruit à 3,5 m de la machine s'écrit donc :

$$L_{p2} = L_{w1} + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r_2^2} + \frac{4}{A} \right)$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L_{p2}$ (dB)	90,4	87,8	83,4	84,3	82,0	82,0
$L_{p2}$ (dBA)	74,3	79,1	80,2	84,3	83,2	83,0

On a ici :  $L_G = 89,5 \text{ dB}$ , il faudrait donc trouver un moyen efficace de protéger l'opérateur de cette machine.

## 2. Interposition d'un écran et traitement des parois et plafonds

L'interposition d'un écran permettrait de diminuer considérablement le champ direct. En effet, les ondes sonores ne parviendraient plus directement à l'opérateur mais seraient réfléchies. Il y a malgré tout des contraintes à l'emploi de cette solution :

- Le panneau pourrait entrer en résonance et se comporter comme une source sonore
- L'accès à la machine est plus difficile
- Les autres employés présents dans l'atelier ne sont pas forcément protégés

Le traitement des parois et plafonds agit lui sur le champ réverbéré en augmentant l'aire d'absorption équivalente de la pièce. Les ondes sonores sont mieux absorbées par les murs et le plafond et sont moins réfléchies.

La composition d'un écran et d'un traitement des murs et du plafond agirait donc à la fois sur les champs réverbéré et direct de la machine.

On peut proposer une solution alternative :

L'encoffrement total de la machine permettrait de protéger tous les employés présents dans l'atelier mais cela impliquerait de déporter les commandes de la machine à l'extérieur du coffre et rendrait sa maintenance difficile.

## 3. Niveaux de bruit après pose de panneaux absorbants

La pose de panneaux absorbants atténue le niveau de bruit dans l'atelier en augmentant son aire d'absorption équivalente. On a ainsi :

$$A' = A + 2 \cdot S_{\text{panneaux}} \cdot \alpha_S$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$A'$ ( $m^2$ )	97,0	155,0	198,2	219,0	231,8	231,8

On recalcule maintenant le niveau de bruit à 3,5 m :

$$L'_{p2} = L_{w1} + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r_2^2} + \frac{4}{A'} \right)$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L'_{p2}$ (dB)	86,3	84,9	81,1	82,5	80,4	80,4
$L'_{p2}$ (dBA)	70,2	73,3	77,4	82,5	81,6	81,4

Avec  $L_G = 83,4$  dB, la pose de panneaux absorbants a amélioré dans une certaine mesure les conditions acoustiques mais ceci n'est pas suffisant. Avec un tel niveau global des protections auditives doivent être à disposition des employés.

### III. Evaluation de la perturbation de la salle de réunion adjacente

#### 1. Calcul des facteurs de transmission

La transmission du son par les joints de la porte et de la fenêtre est ici négligée. On a :

$$\tau = \frac{S_{parpaing} \cdot \tau_{parpaing} + S_{vitrage} \cdot \tau_{vitrage} + S_{porte} \cdot \tau_{porte}}{S_{parpaing} + S_{vitrage} + S_{porte}} \text{ avec } \tau_i = 10^{-\frac{R_i}{10}}$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$\tau$ ( $10^{-4}$ dB)	41,2	9,05	4,53	2,53	1,59	1,59

#### 2. Niveaux de pression dans la salle de réunion

Le niveau de pression en champ réverbéré dans la salle de réunion s'écrit :

$$\begin{aligned} L_{pR} &= L_{wR} + 10 \log \left( \frac{4}{A'} \right) \\ L_{pR} &= 10 \log \left( \frac{W_t}{W_0} \right) + 10 \log \left( \frac{4}{A_R} \right) \\ L_{pR} &= 10 \log \left( \frac{I_t \cdot S_{paroi}}{W_0} \right) + 10 \log \left( \frac{4}{A_R} \right) \\ L_{pR} &= 10 \log \left( \frac{\tau \cdot I_i \cdot S_{paroi}}{W_0} \right) + 10 \log \left( \frac{4}{A_R} \right) \\ L_{pR} &= 10 \log \left( \frac{W_i}{W_0} \right) + 10 \log (\tau) + 10 \log \left( \frac{4}{A_R} \right) \\ L_{pR} &= L_{pA} + 10 \log \left( \frac{\tau \cdot A'}{A_R} \right) \end{aligned}$$

Le mur séparant l'atelier de la salle de réunion est situé à plus de 10m de la machine, le champ réverbéré est donc prédominant :

$$L_{pA} = L_{w1} + 10 \log \left( \frac{4}{A'} \right)$$

Finalement :

$$L_{pR} = L_{w1} + 10 \log \left( \frac{4 \cdot \tau \cdot T_R}{0,16 \cdot V} \right)$$

Applications numériques :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L_{pR}$ (dB)	67,3	59,5	50,0	47,4	42,8	42,0
$L_{pR}$ (dBA)	51,2	50,9	46,8	47,4	44,0	43,0

On a  $L_G = 56,1$  dB. Le niveau moyen d'une conversation étant de 60 dB, ce niveau de bruit global est un peu élevé pour permettre à deux personnes de communiquer efficacement. Un doublage de la paroi est ici nécessaire, il permettra d'améliorer l'isolation acoustique (en diminuant la transmission) sans pour autant abaisser le temps de réverbération qui est déjà assez bon.

### 3. Remplacement des parpaings par des carreaux de plâtre

On recalcule l'indice d'affaiblissement global :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$\tau$ ( $10^{-4}$ dB)	42,4	13,1	9,66	3,33	1,71	1,61

Puis le niveau de bruit dans la salle de réunion :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L'_{pR}$ (dB)	67,4	61,1	53,3	48,6	43,1	42,0
$L'_{pR}$ (dBA)	51,3	52,5	50,1	48,6	44,3	43,0

Ici  $L_G = 57,3$  dB, les carreaux de plâtre isolent donc moins bien que les parpaings du point de vue acoustique. Le niveau de bruit global est trop élevé pour permettre une conversation. Le doublage de la paroi est à nouveau nécessaire.

### 4. Estimation du coût des travaux

Nous avons vu ci-dessus que le doublage de la paroi entre l'atelier et la salle de réunion est nécessaire. L'estimation du coût de ces travaux peut être faite grâce à un éditeur de devis en ligne.<sup>3</sup>

Prestation	Quantité	Prix unitaire	Prix HT
Fourniture et pose de plaques de plâtre montées sur rails et jointées. Les joints font l'objet de 2 passes d'enduit et sont poncés. L'espace entre le doublage et le mur comprend un isolant d'indice R1,2 et d'une épaisseur de 5cm.	20 m <sup>2</sup>	41,11 €	822,20 €
<b>Total HT</b>			822,20 €
<b>TVA rénovation 10%</b>			82,22 €
<b>Total TTC</b>			904,42 €

3. <http://www.enchantier.com/chiffrage>