



LE BRUIT AU POSTE DE TRAVAIL

De l'étude à la réalisation des traitements





Par Claude MILLARD, expert acoustique dB Vib

Un travailleur sur cinq estime être gêné par le bruit à son poste de travail. On dénombre environ 1 million et demi de travailleurs exposés à un niveau supérieur à 90 dB(A). Cette situation va empirer avec la mise en place de la nouvelle réglementation qui impose des seuils plus faibles. Le traitement du bruit au poste de travail devient donc un enjeu économique et juridique important. Rappel de la réglementation et de la démarche méthodologique pour optimiser les traitements.

NOTRE GROUPE



Expert du bruit, des vibrations, de la maintenance conditionnelle et du traitement de l'air



Selon la réglementation, l'entreprise doit procéder au contrôle des niveaux sonores aux quels est soumis chaque travailleur. Après avoir déterminé les GEH (groupe d'exposition homogène au bruit) ayant un niveau d'exposition au bruit dépassant les seuils réglementaires, une analyse est effectuée afin d'apprécier la pertinence ou non d'une étude acoustique prévisionnelle. Il est évident que l'insonorisation d'une machine par encoffrement peut se passer de ce genre d'étude. En revanche, dès que le nombre de machines devient important et que d'autres solutions sont à prendre en compte, alors l'étude acoustique prévisionnelle devient primordiale si l'on veut garantir ou connaître avec précision les résultats acoustiques finaux dans le souci d'optimiser les traitements.

```

graph TD
    1[1 Mesure ou estimation  
de la puissance acoustique  
des différentes sources  
par bande d'octave] --> 2[2 Description du local  
- volume, dimensions ;  
- matériaux ;  
- encombrements.]
    2 --> 3[3 Calcul cartographie  
par bande d'octave]
    3 -- "Local non existant" --> 5[5 Simulation de modification  
- matériaux;  
- obstacles;  
- encoffrements.  
Calcul cartographie  
par bande d'octave]
    3 --> Recalage[Recalage du modèle]
    4[4 Mesure des décroissances  
Recette sur site  
(cartographie)] --> Recalage
    Recalage --> Comparaison{Comparaison  
des LAeq, Lpc  
décroissance  
par rapport à la  
réglementation  
Ok}
    Comparaison -- Non --> 5
    Comparaison -- Oui --> 6[6 Définition des cahiers des charges  
- matériaux ;  
- écrans ;  
- encoffrements.]
  
```

Le diagramme illustre la démarche méthodologique (simulation interne) pour l'évaluation acoustique, structurée en six étapes principales :

- Mesure ou estimation** de la puissance acoustique des différentes sources par bande d'octave.
- Description du local** : volume, dimensions ; matériaux ; encombrements.
- Calcul cartographie** par bande d'octave.
- Mesure des décroissances** et **Recette sur site** (cartographie).
- Simulation de modification** : matériaux ; obstacles ; encoffrements. **Calcul** cartographie par bande d'octave.
- Définition des cahiers des charges** : matériaux ; écrans ; encoffrements.

Le processus implique également un **Recalage du modèle** basé sur les mesures de décroissances et une **Comparaison** des niveaux sonores (L_{Aeq} , L_{pc}) avec la réglementation. Si la comparaison n'est pas satisfaisante (Non), une simulation de modification est effectuée avant de définir les cahiers des charges. Si elle est satisfaisante (Oui), les cahiers des charges sont définis directement.

1. Mesure ou estimation de la puissance acoustique des différentes sources par bande d'octave

Il existe deux familles de méthodes de mesure de la puissance acoustique : par intensimétrie et par pression.

➤ Mesure de l'intensité acoustique

La norme ISO9614 se décompose en deux parties :

- partie 1 : mesurage de l'intensité par points ;
- partie 2 : mesurage de l'intensité par balayage.

➤ Mesure de la pression acoustique

Les normes de la série EN ISO 3740 sont au tant de méthodes de détermination adaptées à des situations données du niveau de puissance acoustique en relation avec l'émission sonore des machines. Suivant le site, plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

- EN ISO 3743-1 : salle d'essai à parois dures ;
- EN ISO 3744 : site approchant le champ libre sur plan réfléchissant ;
- EN ISO 3746 : in situ, critères de qualification spécifiques ;
- EN ISO 3747 : in situ , en champ réverbéré.

Avant d'appliquer une méthode, il faut s'assurer que toutes les exigences de la norme la spécifiant sont remplies ; ceci passe par la caractérisation du site. Les essais de caractérisation du site sont de nature différente suivant qu'il s'agit d'une méthode par surface enveloppante (EN ISO 3744 et 3746) ou d'une méthode par mesurage en champ réverbéré (EN ISO 3743-1 et 3747).

Une fois le site caractérisé, on sait alors si la méthode choisie est applicable et on peut procéder à la détermination de la puissance acoustique.

2. Description du local

La modélisation de l'atelier va prendre en compte les éléments suivants :

- les caractéristiques acoustiques des matériaux (coefficients d'absorption des parois et des encombrements...) avec des informations du fabricant ou d'une banque de données ;
- la forme et les dimensions du local (facilité de créer des bâtiments avec sheds par exemple et des volumes intérieurs) ;
- la présence et la localisation des ouvertures ou des surfaces de matériaux de nature différente positionnées sur les parois ;
- la présence d'écrans (absorption différente des 2 côtés) ;
- l'implantation des machines ;
- les zones d'encombrement.

Une bonne modélisation doit prendre en compte correctement les éléments intervenant le plus sur les niveaux sonores résultants.

En effet, on ne peut modéliser totalement un projet (temps de calcul trop long). Il est donc nécessaire de le simplifier tout en conservant les éléments importants d'un point de vue acoustique.

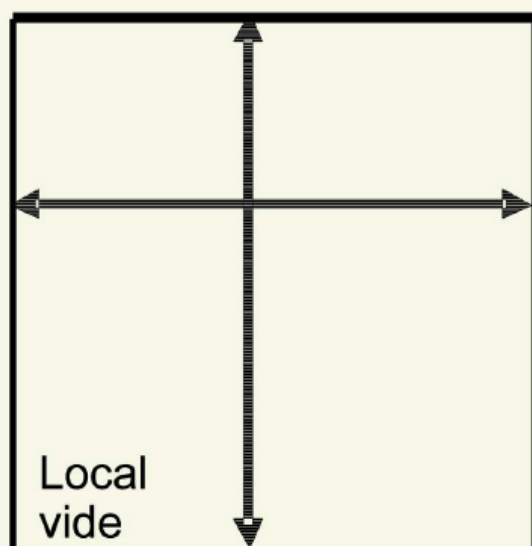
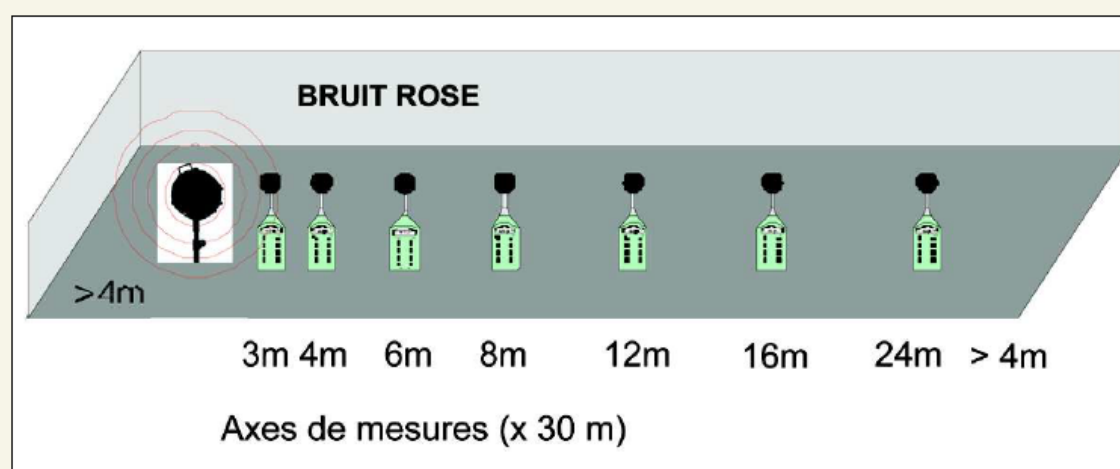
3 . Calcul des cartes de bruit

Le calcul en champ réverbéré nous permet d'obtenir les résultats suivants :

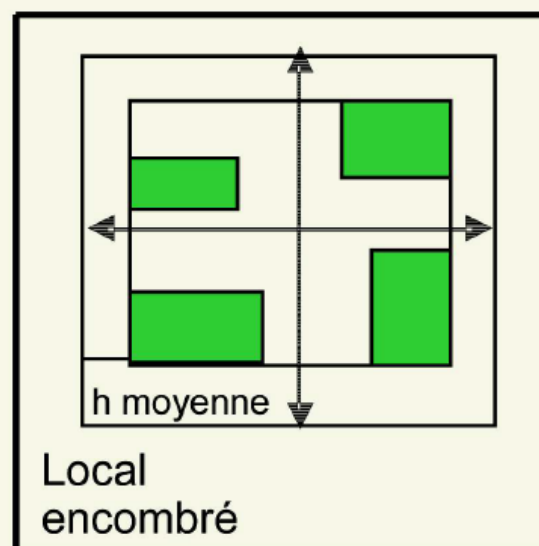
- cartographie avec le choix de la contribution des sources ;
- décroissance ;
- temps de réverbération suivant différentes méthodes (sabine, eyring, réel ou calculé à partir des absorptions des matériaux).

4 . Mesure des décroissances, cartes de bruit et recalage

La mesure des lois de décroissance s'appuie sur les schémas ci-dessous.



Local
vide



Local
encombré

Emplacement des points de mesure (loi de décroissance).

Pour le calcul, il est nécessaire d'avoir un bruit rose à l'émission ou de recalculer la décroissance par rapport à un bruit rose.

La valeur de la décroissance correspond à l'atténuation du niveau global en dBA en fonction de la distance par rapport à la source.

La mesure des niveaux sonores doit correspondre à un fonctionnement proche de la modélisation. Le recalage, si le local et les sources existent, porte sur :

- les temps de réverbération et les lois de décroissance ;
- les cartographies.

Pour le recalage des temps de réverbération et des lois de décroissance, on agira principalement sur les absorptions des matériaux, ou sur les zones d'encombrement (propagation et absorption) si le logiciel le permet.

Pour le recalage des niveaux de pression acoustique, on agira principalement sur la modélisation des sources et les niveaux de puissance de ces dernières.

5. Simulation de modifications

Une fois le modèle recalé, l'efficacité des traitements acoustiques cumulés ou individuels (écrans, matériaux absorbants...) peut être analysée.

On peut donc choisir les traitements optimaux vis-à-vis de la réglementation en fonction de leur efficacité et de l'investissement financier nécessaire à leur réalisation.

La précision des résultats de la modélisation dépend :

- de la précision des données introduites ;
- de la fidélité de la modélisation ;
- des possibilités de recalage ;
- de l'expérience de l'opérateur ;
- de la performance de l'outil de simulation utilisé.

6. Définition des cahiers des charges

Cette phase est fondamentale afin d'obtenir les résultats escomptés dans l'étude. Différents types de traitements sont réalisables afin de réduire le niveau sonore aux postes de travail :

- le traitement du local ;
- le traitement de la machine ;
- les deux traitements simultanément.

Traitement du local

Ces traitements permettent de modifier les caractéristiques de propagation du bruit dans le local. Concrètement, la correction acoustique d'un local industriel permet de réduire le temps de réverbération et ainsi de diminuer le niveau sonore.

Les traitements peuvent être réalisés sur les murs et/ou sur le plafond et/ou par des cloisons et écrans intermédiaires.

Chaque technique a ses avantages et ses inconvénients, qu'il convient de connaître.

Traitement du plafond

Le traitement d'un plafond ou d'une zone de plafond est réalisé par des panneaux acoustiques absorbants.

Deux solutions s'ouvrent alors : les plafonds absorbants parallèles au sol ou à un réseau de baffles.

Dans les deux cas, il faut impérativement prendre en compte au moins les points suivants :

- Quelle est la surcharge acceptée par la charpente selon les critères de calcul neige et vent ? Cette réponse peut modifier l'étude puisqu'il faut trouver une autre solution si la charpente ne peut rien supporter ou changer de produit absorbant afin de le rendre compatible avec la surcharge admissible.

- Comment l'éclairage se fait-il ? Faut-il modifier l'éclairage existant ?

- Existe-t-il des puits de lumière de type Skydome ou des éléments de toiture translucides ? Si oui, il faut opter pour les réseaux de baffles qui permettent à la lumière de passer.

- Existe-t-il un réseau Sprinkler ? Si oui, il faut déplacer le réseau Sprinkler ou opter pour le réseau de baffles.

- Existe-t-il un pont roulant ? Si oui, de quelle place dispose-t-on au-dessus pour mettre le plafond absorbant en œuvre ? En fonction de cette réponse, opter pour l'une ou l'autre des solutions.

Un plafond absorbant parallèle au sol nécessite en moyenne un plénum d'environ 200 mm. Il convient donc parfaitement dans le cas où il y a peu de place.

Un plafond à baffles parallèles nécessite environ 800 mm pour être installé. Il n'empêche pas la lumière de passer et peut par conséquent descendre au plus près de la machine pour une plus grande absorption.

Si le plafond est très encombré (éclairage, ventilation, réseau d'air comprimé, sprinkler, câbles électriques), il faut prévoir de faire une charpente secondaire qui supportera les panneaux absorbants.



Plafond absorbant parallèle au sol.



*Plafond à réseau de baffles
BAS 1200*600.*

Traitement des murs

Les panneaux acoustiques muraux sont installés directement sur les murs ou les panneaux de bardage en acier.

Il faut veiller à ne pas vouloir installer de panneaux dans une zone très encombrée où leur mise en place devient complexe.

Ces panneaux doivent intégrer une protection mécanique quand ils sont installés entre 0 et 2 m. Cette protection leur permet de supporter les chocs liés à la vie courante d'un local industriel.

Traitement par cloison ou écran

Cette solution permet de cloisonner les zones bruyantes au profit des zones plus calmes. Les panneaux sont installés dans une charpente en aluminium ou acier et par conséquent oblige à réaliser certains aménagements.



Traitement par mise en œuvre de panneaux PCC 300 A.



Traitement par mise en œuvre de panneaux PCC 300 E.

Avant de réaliser un écran ou une cloison, il faut valider certains points afin de ne pas mettre en œuvre une solution acoustique performante mais pénalisante pour la production.

Voici une liste de certains points importants :

- La circulation des hommes et des chariots de manutention est-elle toujours compatible avec les besoins process et maintenance ?
- Où placer les portes d'accès pour répondre à ces critères ?
- Le passage des convoyeurs est-il prévu ?
- Le passage des ponts roulants est-il prévu ?
- Faut-il reprendre le réseau d'éclairage ?
- Faut-il reprendre le réseau Sprinkler ?
- Faut-il reprendre la ventilation ?

La réglementation française et européenne

➤ La réglementation française pour la protection des travailleurs contre le bruit

Le décret du 21 avril 1988 a défini les obligations des employeurs à l'égard des salariés exposés au bruit : contrôle de l'exposition au bruit, prévention technique collective, protection individuelle, surveillance médicale, information et formation des travailleurs. L'employeur doit réduire le bruit au niveau le plus bas possible, selon l'état des techniques existantes.

La réglementation s'appuie sur deux indicateurs de niveau de risque pour assurer la protection des travailleurs contre les risques créés par l'exposition au bruit :

- le niveau d'exposition sonore quotidien exprimé en décibels pondérés dB(A) ;
- la valeur maximale du niveau de bruit instantané reçu au cours de la journée de travail (exprimée en dB). L'employeur doit identifier tous les travailleurs dont l'exposition atteint ou dépasse un niveau sonore d'exposition quotidien de 85 dB(A) ou niveau de pression instantanée de 135 dB crête.

Lorsque l'exposition dépasse 85 dB(A) ou 135 dB crête, des protecteurs individuels doivent être mis à disposition des travailleurs.

Lorsque l'exposition dépasse 90 dB(A) ou 140 dB crête, l'employeur doit mettre en œuvre un programme de mesures réduisant l'exposition au bruit. Il doit prendre toutes les dispositions pour que les protecteurs individuels soient utilisés.

➤ Le contexte européen

La réglementation française actuelle destinée à protéger les travailleurs exposés au bruit est issue de deux directives européennes : la directive 86/188/CEE relative à la protection des travailleurs contre l'exposition au bruit et la directive 89/392/CEE concernant les "machines" responsables de l'émission de bruit.

Dans cette démarche, le législateur européen a voulu impliquer les différentes parties prenantes. L'objectif de réduction des risques dus au bruit s'impose donc à l'employeur, mais aussi aux constructeurs de machines ou d'équipements de travail et enfin aux concepteurs de locaux de travail.

Ainsi la réglementation sur le bruit au travail s'organise depuis autour de trois axes : la protection des travailleurs contre le bruit, la réduction du bruit émis par les machines ou les équipements professionnels et la conception des locaux de travail en vue du contrôle de leurs qualités acoustiques.

➤ La nouvelle directive européenne

Publiée le 6 février 2003, la directive 2003/10/CE introduit de nouvelles valeurs d'exposition au bruit et précise les sujets sur lesquels la consultation des travailleurs doit porter.

Cette directive fixe de nouvelles valeurs seuils :

- $L_{ex,8h} \geq 80$ dB(A) et $L_{pc} \geq 135$ dB(C) pour les valeurs d'exposition inférieures déclenchant une action ;
- $L_{ex,8h} \geq 85$ dB(A) et $L_{pc} \geq 137$ dB(C) pour les valeurs d'exposition supérieures déclenchant une action ;
- $L_{ex,8h} \geq 87$ dB(A) et $L_{pc} \geq 140$ dB(C) pour les valeurs limites d'exposition.

Pour l'application des valeurs limites d'exposition, l'évaluation du niveau d'exposition au bruit tient compte de l'atténuation assurée par les protecteurs auditifs individuels portés par le travailleur.

Les valeurs limites d'exposition déclenchant l'action ne prennent pas en compte l'effet de l'utilisation de ces protecteurs.

Sa transposition dans les États membres devra être faite avant le 15 février 2006.



*Installation en intérieur
et en extérieur.*



*Traitement par mise en œuvre
du système Ekophone.*

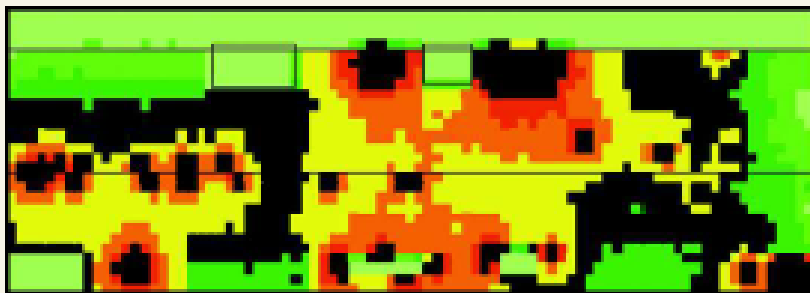
Traitement de la machine

La solution de traitement de la machine par capotage est la plus performante. Elle permet d'importants gains acoustiques variant de 15 à 45 dB en standard. Toutes les tailles sont permises et de nombreuses formes sont réalisables.

L'installation peut avoir lieu en intérieur ou en extérieur.

Cependant un capotage modifie les accès à la machine et les habitudes des opérateurs. Ces modifications peuvent même dans certains cas avoir une influence sur les performances de process. Il est donc indispensable d'intégrer les points suivants :

- accès du personnel pour les opérations de production ;
- visibilité dans le capotage ;
- éclairage dans le capotage ;
- accès spéciaux pour la maintenance courante ;
- accès spéciaux pour le démontage d'une partie de la machine ;
- ventilation pour l'évacuation des calories de la machine avec prise en compte du ΔT d'environ 5 à 10°C.



Sont ici représentées les zones de même niveau sonore, évoluant par pas de 1 dB(A), avec le code couleur suivant :



Pour optimiser un capotage il est donc indispensable d'intégrer les différents acteurs. Une réunion permet de recueillir les besoins de chacun et d'en faire une synthèse servant de base à la définition technique du capotage.

Il faut ensuite prendre en compte les passages au travers des cloisons afin de les traiter au cas par cas. Pour mémoire, un trou de 1 % de la surface d'une paroi ayant 20 dB d'isolement provoque une perte d'isolement de 3 dB !

Étude de cas

En prévision de la mise en place de la nouvelle législation, l'étude du traitement acoustique d'un atelier de fabrication de petit électroménager a été entreprise. La simulation effectuée prend en compte : les dimensions de l'atelier, la présence de parois, d'écrans d'un encombrement, l'absorption des parois, la position et le niveau xmis par les sources.

À partir de ces données, le logiciel calcule la cartographie acoustique de l'atelier, le temps de réverbération du local et la décroissance des niveaux sonores.

La comparaison des données mesurées à celles fournies par le calcul montre que :

- les valeurs de la décroissance du bruit par doublement de distance sont bien évaluées ;
- les temps de réverbération sont bien prédits ;
- un bon accord est trouvé entre cartographie mesurée et calculée.

La simulation de différents traitements acoustiques est ensuite effectuée (traitement global du plafond : mise en place d'un matériau amortissant sur les goulottes, de carters 3 côtés autour des moteurs, de caissons insonorisants, modification des carters existants, amortissement des chutes de pièces, suppression des fuites d'air comprimé).

Des gains notables sont observés, puisque le niveau sonore ne dépasse 80 dB(A) que dans une zone de l'atelier très réduite.