

LIVRE BLANC



Encoffrement du bruit

Encoffrer le bruit avant qu'il
ne s'échappe

www.dbvib-ingenerie.com.





Une surdité n'est pas une maladie qui se soigne, c'est une d ficiency définitive et handicapante aux conséquences humaines inestimables. C'est pourquoi la réduction du bruit est devenue une préoccupation majeure dans notre monde industriel.

Les niveaux sonores admissibles sont définis par des seuils r glementaires en fonction de leur intensité et de leur durée. Nous ne retiendrons ici que les niveaux élevés d'exposition au bruit nécessitant la mise en place d'un encoffrement autour de la source sonore.

Encoffrer une machine ne veut pas dire la rendre inaccessible. Différents paramètres doivent être impérativement pris en compte pour satisfaire la production et la maintenance : une insonorisation étudiée est une insonorisation acceptée.

Dans ce contexte, il nous est apparu souhaitable de donner ici une démarche logique et simple pour qu'une insonorisation par encoffrement soit la mieux réussie possible.

NOTRE GROUPE



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



Préambule

Le bruit d'une installation varie suivant son environnement. Plus celui-ci est réverbérant, plus le niveau sonore perçu est élevé et sa propagation, importante. Aussi, la connaissance du niveau de puissance d'une source sonore (donnée constructeur) ne suffit pas en elle-même et des mesures de bruit sur site ou une simulation acoustique qui tient compte des caractéristiques acoustiques du local où se trouve la source est bien souvent nécessaire. Nous prenons ici, pour hypothèse, que les solutions d'insonorisation autres que l'encoffrement ont été écartées (traitement à la source, traitement du local, cloisonnement, etc) parce qu'insuffisamment efficaces ou impossibles à mettre en œuvre.

Bruit aérien et bruit solidien

Si tous les bruits suivent le même processus d'émission et de réception, il n'en est pas de même pour la nature de la propagation. On distingue particulièrement deux modes de propagation : l'aérien et le solidien. Sauf à être suspendue sans liaison directe par le sol, le plafond ou les parois du local où elle se trouve, une source de bruit va générer obligatoirement ces deux modes de propagation. Le bruit aérien se propage grâce à une variation directe de la pression de l'air dans l'air ambiant tandis qu'un bruit solidien est transmis par un contact plus ou moins rigide entre la source de bruit et le point récepteur. Ce contact est excité par la source et réagit en transformant cette excitation en vibrations puis en variation de pression à l'origine du bruit perçu.



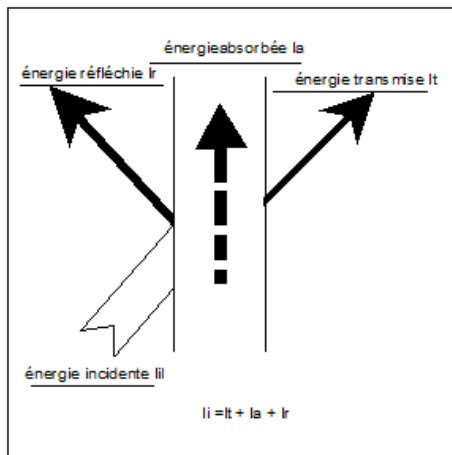
Si, dans la plupart des cas, le bruit perçu est principalement dû au bruit aérien, il est possible pour certains types de machines (presses à découper ou à emboutir, pilon, machines de chocs, etc) que le bruit solidien qui en découle puisse limiter l'efficacité réelle d'un encoffrement de machines.

Il est donc important, lors de l'étude de solution, de s'intéresser également au transfert solidien entre la source de bruit et les points récepteurs où l'on veut réduire le bruit et de vérifier si un découplage de la source de bruit est nécessaire. Au besoin, des mesures vibratoires pourront être envisagées pour quantifier l'impact acoustique dû à ce type de propagation.

Isolation et absorption

L'énergie sonore au contact d'une paroi se décompose de la manière suivante :

- une partie est réfléchiée par la paroi
- une partie est absorbée par celle-ci
- une partie est transmise de l'autre coté de la paroi.



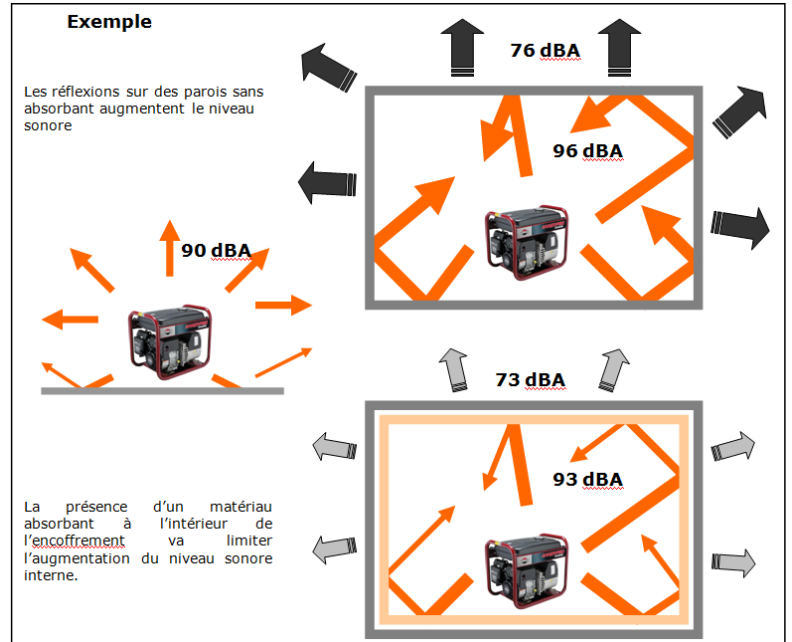
La partie réfléchiée est d'autant plus importante que la paroi est dure (béton, tôle, vitre, etc).

La partie absorbée suppose que la paroi est poreuse par l'ajout de matériau absorbant.

La partie transmise de l'autre coté de la paroi est fonction de la masse de la paroi ou de sa constitution (paroi complexe, par exemple).

L'étude d'un encoffrement de machine doit donc tenir compte impérativement de l'isolement et de l'absorption des parois afin d'optimiser ses performances. L'absence d'absorption des parois va augmenter le niveau sonore à l'intérieur de l'encoffrement et limiter sa performance.

La propagation sonore suivant deux chemins, la réflexion sur la paroi et la transmission à travers celle-ci, les solutions à mettre en place pour atténuer l'énergie sonore passant par ces deux chemins sont évidemment différentes.



L'absorption s'effectue grâce à l'apport de matériaux type laines minérales ou fibreuses, mousses, etc. Ces matériaux étant relativement fragiles, il doivent être la plupart du temps protégés. Ils sont caractérisés par une donnée appelée "facteur d'absorption α " variant de 0 à 1 qui est le rapport entre la puissance sonore absorbée et la puissance sonore incidente. Plus le facteur d'absorption est élevé, plus le matériau est efficace. Il faut cependant relativiser l'influence de ce facteur d'absorption sur le résultat global, étant entendu que le principal critère à respecter demeure l'isolement de la paroi. Il ne sert à rien d'avoir le matériau absorbant le plus performant (et probablement le plus cher) et une paroi qui laisse passer le bruit.

L'isolement d'une paroi est caractérisé par une valeur appelée R_w qui est le rapport entre la puissance sonore incidente et la puissance sonore transmise ; il est exprimé en dB. Les valeurs de α et de R_w varient suivant les fréquences. Il faudra privilégier tel ou tel matériau absorbant ou type de paroi selon le but recherché : par exemple, un absorbant dense avec facteur d'absorption élevé en basses fréquences et une paroi "lourde" ou multiple si l'atténuation recherchée est importante dans les basses fréquences.



Techniques de l'encoffrement

Son efficacité ne dépend pas uniquement de l'isolation acoustique de ses parois ; il faut respecter des règles simples de conception. L'encoffrement nécessitant bien souvent des ouvertures, des zones d'accès, une ventilation, des vitrages, etc, il faudra veiller à apporter le plus grand soin à ces "sources" particulièrement faibles acoustiquement.

• **Qui veut-on protéger ?**

Différents groupes de salariés peuvent être indépendamment ou globalement intéressés par l'enceinte : les opérateurs, les salariés travaillant à proximité, la maintenance. Quelle est la durée d'exposition sonore pour chacun d'eux ? En fonction de leur emplacement et de la durée d'exposition, l'efficacité acoustique de l'enceinte va varier. Aussi, des mesures de bruit préalables sont impératives et ce, au droit de la machine et aux emplacements des personnes concernées par la gêne sonore. Ces mesures serviront également pour la réception acoustique de l'enceinte lorsqu'il sera installé. Il faut veiller à ce que les conditions de fonctionnement de l'installation soient identiques pendant ces différentes mesures, y compris lors des mesures de réception.

• **Penser à l'avenir**

L'implantation de l'atelier peut-elle être modifiée dans l'avenir, peut-il y avoir plus tard d'autres machines bruyantes qui viendront augmenter le niveau sonore de l'atelier ? Si tel est le cas, il peut être intéressant de chercher une atténuation légèrement supérieure à celle nécessaire à la stricte mise en conformité acoustique.

• **Rendre compatible l'enceinte, la production et la maintenance**

L'enceinte étant une enceinte fermée autour d'une machine, les services production et maintenance et les opérateurs ont, bien entendu, leur mot à dire et devront être consultés impérativement lors de l'élaboration du projet. C'est à cet instant qu'un acousticien extérieur aura son rôle à jouer pour orienter les différents interlocuteurs vers une solution ergonomique pouvant convenir à chacun tout en conservant l'efficacité acoustique recherchée. L'enceinte doit-elle avoir une ossature ? Quelles parois ou quelles zones faut-il pouvoir démonter ? En combien de temps ? Combien de fois ? Quels sont les accès à prévoir ? Faut-il ventiler ? Que doit-on voir à travers l'enceinte ? Faut-il éclairer ? Faut-il sécuriser les accès ? Et une multitude d'autres questions sont à se poser avec l'aide de l'acousticien.

• **Homogénéité des parois**

Les parois de l'enceinte ne pouvant être en totalité homogènes du fait de la présence d'ouvertures, de portes ou de vitrages, il ne faut pas confondre l'indice d'isolation d'une paroi R_w que nous avons vu précédemment avec l'atténuation réellement ressentie du fait de la présence de ces ouvertures, portes, etc.

Paroi non homogène

$$\tau_{Cqui} = \frac{\sum S_i \tau_i}{\sum S_i} \quad R_{Cqui} = 10 \log \frac{I}{\tau_{Cq}}$$

Affaiblissement paroi : 20 dB

Exemple

Isolément de 50 dB Surface 10 m²
Isolément de 10 dB Surface 1 m²

$$R_1 = 10 \log \frac{I}{\tau_1} \quad \tau_1 = 10^{-5}$$

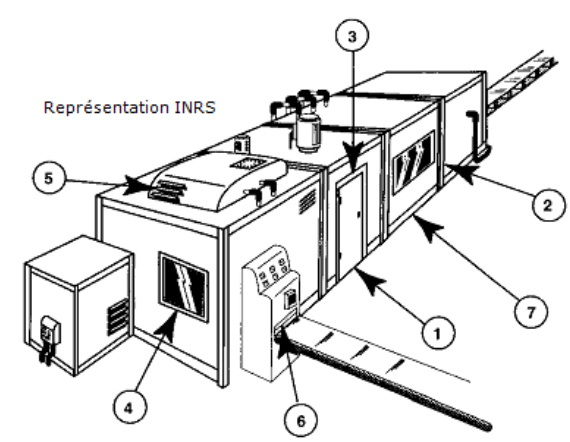
$$R_2 = 10 \log \frac{I}{\tau_2} \quad \tau_2 = 10^{-1}$$

$$\tau_{Cqui} = \frac{10^{-5} \cdot 10 + 10^{-1} \cdot 1}{11}$$

$$\tau_{Cqui} = \frac{10^{-2}}{11} = 10^{-2}$$

$$R_{Cqui} = 10 \log \frac{I}{10^{-2}}$$

$R_{Cqui} = 20 \text{ dB}$



Principales fuites acoustiques possibles sur un encoffrement de machine :

- 1 - Fuites en bas de portes
- 2 - Fuites entre la structure et les parois
- 3 - Fuites entre les ouvrants et leur dormant
- 4 - Fuites d'étanchéité des vitrages
- 5 - Fuites sur les pièges à sons
- 6 - Fuites sur les ouvertures dans les parois
- 7 - Fuites au sol

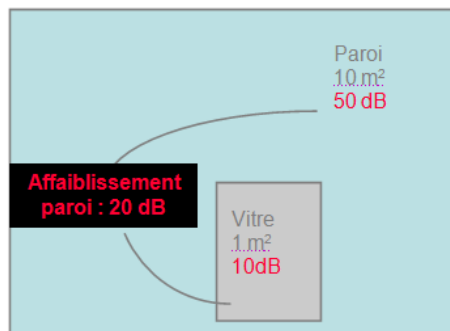
Nous pouvons voir, par ce simple exemple, que prévoir un encoffrement avec des parois très performantes n'est pas une condition suffisante. Une paroi de 10 m² avec un affaiblissement de 50 dB et une vitre de 1 m² (appelée fuite acoustique) avec un affaiblissement de 10 dB ne donne que 20 dB environ d'affaiblissement sur l'ensemble de la paroi. Différents critères tels que la géométrie de la fuite et les fréquences concernées influent également sur l'affaiblissement résultant. Il faut donc veiller à minimiser les fuites acoustiques dont les principales sources sont décrites ci-dessous.

• Les accès à l'intérieur de l'encoffrement

Ces accès peuvent être des portes, des trappes ou des panneaux démontables. Pour ces accès, il faut considérer deux fuites acoustiques possibles : à travers les matériaux qui les composent et à travers les joints d'étanchéité périphériques. Concernant les matériaux, il faut se rapprocher au maximum des matériaux de la paroi ou utiliser des matériaux dont l'isolement acoustique est proche de celle de la paroi.

Paroi non homogène

$$\tau_{\zeta_{qui}} = \frac{\sum S_i \tau_i}{\sum S_i} \quad R_{\zeta_{qui}} = 10 \log \frac{1}{\tau_{\zeta} q}$$



Exemple

Isolément de 50 dB Surface 10 m²
Isolément de 10 dB Surface 1 m²

$$R_1 = 10 \log \frac{1}{\tau_1} \quad \tau_1 = 10^{-6}$$

$$R_2 = 10 \log \frac{1}{\tau_2} \quad \tau_2 = 10^{-1}$$

$$\tau_{\text{moy}} = \frac{10^5 * 10 + 10^1 * 1}{11}$$

$$\tau_{\text{moy}} = \frac{10^6}{11} = 10^5$$

$$R_{\text{moy}} = 10 \log \frac{1}{10^5}$$

$$R_{\text{moy}} = 20 \text{ dB}$$

Quant aux joints d'étanchéité qui sont généralement le point faible acoustique des accès, leur choix est fonction des contraintes demandées (environnement agressif, température, classement au feu, vieillissement, etc.) et doit faire l'objet d'une très grande attention de la part de l'acousticien en charge de la réalisation de l'encoffrement. Dans certains cas, les seuils en bas de porte sont indésirables à cause de passages plus ou moins fréquents de personnes ou de chariot de manutention. C'est généralement le point faible des portes, notamment pour les fortes efficacités acoustiques. Différentes solutions sont envisageables : ajout de balais ou de bavettes souples, seuil acoustique escamotable ou relevable, champ de porte absorbant, etc.

• **Les étanchéités entre la structure et les parois**

Si les parois ne peuvent être autoporteuses à cause des dimensions de l'encoffrement, il est bien souvent nécessaire de prévoir une structure porteuse. Celle-ci peut être à l'intérieur de l'encoffrement ou en alignement avec les parois. Dans ce dernier cas, des fuites acoustiques entre les profilés constituant la structure et les panneaux constituant les parois de l'encoffrement peuvent limiter la performance acoustique recherchée notamment en moyennes et hautes fréquences. Il faudra donc veiller, principalement lors de l'installation sur site, à réaliser une étanchéité optimale, au besoin par l'ajout de joint souple entre la structure et les parois.

• **Les vitrages pour visibilité à l'intérieur**

Le choix des vitrages doit se faire en fonction des contraintes à respecter : résistance au feu, verre feuilleté, protection aux impacts, etc. Les emplacements et leurs dimensions doivent faire l'objet d'une concertation commune avec les utilisateurs. De plus, il est souhaitable de limiter les zones vitrées pour éviter une trop forte réverbération à l'intérieur de l'encoffrement.

En règle générale, sauf en cas de surface vitrée très faible, il est souhaitable d'avoir le même indice d'isolement que celui des parois de l'encoffrement.

• **Les pièges à sons pour la ventilation**

La ventilation d'un encoffrement est nécessaire dès lors qu'il y a la présence d'une source de chaleur à l'intérieur ou qu'aucune élévation de température n'est tolérée pour le bon fonctionnement de l'installation. Qui dit ventilation, dit ouvertures. Ces ouvertures doivent être traitées acoustiquement par des pièges à sons. Il faut prendre en compte le débit d'air à faire passer et l'atténuation acoustique nécessaire pour respecter les performances globales de l'encoffrement. Cette atténuation est généralement identique à celle demandée pour les parois pour éviter les zones moins performantes.

Un bon emplacement pour les pièges à sons (entrée et sortie d'air) est à respecter pour un bon écoulement de l'air dans l'encoffrement. Si possible, installer les pièges à sons de part et d'autre de l'encoffrement et en diagonale avec entrée d'air basse et sortie d'air haute. Pour assurer le débit d'air nécessaire, un des pièges à sons doit être muni d'un ventilateur (généralement hélicoïde) dont la mise en marche est asservie à la mise en marche de l'installation encoffrée. Dans certains cas, le ventilateur peut être demandé antidéflagrant ou avec des caractéristiques spécifiques à l'installation.

• Fuite acoustique sous l'encoffrement

Souvent, le sol où va se situer l'encoffrement n'est pas parfaitement plan, aussi il faudra veiller qu'un joint acoustique soit intercalé lors de l'installation sous l'encoffrement. L'absence de ce joint peut altérer le résultat acoustique de l'ensemble.

• Les ouvertures dans les parois de l'encoffrement

Si pour les passages de tuyauteries fixes, il est relativement facile de réaliser les étanchéités, il n'en est pas de même pour les ouvertures rendues nécessaires pour le bon fonctionnement de l'installation : passage de convoyeur, de tapis d'évacuation de pièces, de goulottes de sortie de déchets ou de copeaux, etc.

Il est important d'éloigner au maximum ces "fuites acoustiques" de la source de bruit, quitte à agrandir l'encoffrement. Mais, même avec cette précaution, il sera nécessaire de traiter acoustiquement ces points sensibles. Comment les traiter ? Par mise en place de tunnels absorbants dont la section et la longueur devront être optimisées avec l'acousticien, par un système de lamelles ou de bavettes souples ou par d'autres systèmes que seul, l'acousticien pourra proposer en fonction des critères acoustiques à respecter. Un bon encoffrement avec un mauvais traitement acoustique des ouvertures limitera fortement son efficacité globale.

Conclusion

La mise en œuvre d'un encoffrement sur une machine est complexe et une erreur peut avoir des répercussions importantes sur le résultat attendu.

Aussi est-il primordial d'intégrer tous les paramètres avec la gestion des niveaux sonores au plus tôt afin que l'encoffrement soit le plus efficace possible.

Un bon encoffrement ne peut se faire qu'avec la coopération de tous les acteurs concernés au sein de l'entreprise, mais cela ne suffit pas ; un acousticien avec ses connaissances et son expérience devra guider ce groupe de travail et leur proposer les solutions adaptées pour minimiser les contraintes apportées et optimiser le résultat acoustique.

