



COMPTEZ SUR DES EXPERTS

**Bruit au poste de travail
le 23 juin 2016**

PROGRAMME DE LA FORMATION

- **Notions d'acoustique**
- **Les appareils de mesure**
- **Réglementation et normes associées**
- **Pénibilité**
- **Propagation du son en milieu fermé**
- **Les logiciels de simulation**
- **Les solutions de traitement**



L'acoustique : quelques rappels...



RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Le décibel

$$L_p = 20 \log p/p_0$$

L_p : niveau de pression acoustique instantanée

Unité : le décibel noté dB

p_0 : pression minimale perceptible par l'oreille humaine

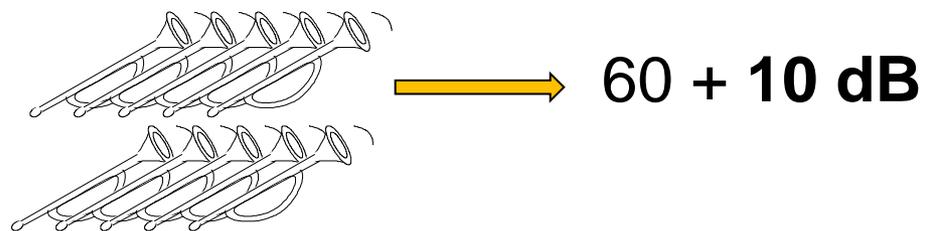
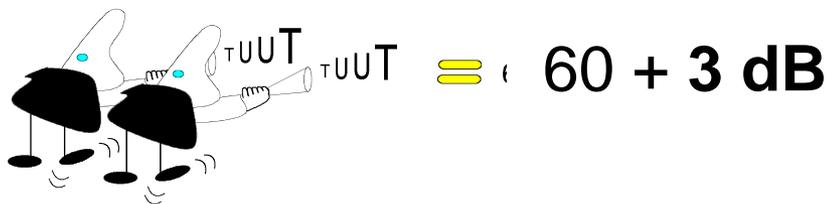
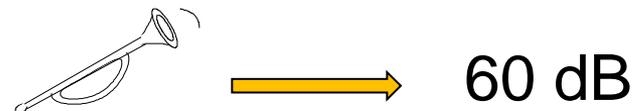
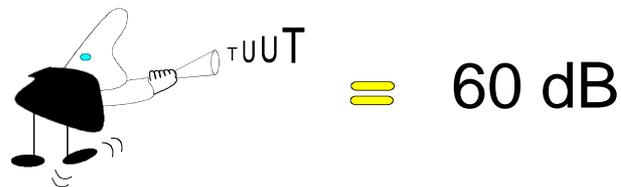
$$p_0 = 2.10^{-5} \text{ Pa}$$

Pression acoustique (Pa)	Pression acoustique (dB)	Exemples
20	120	Marteau pneumatique Seuil de douleur
2	100	Klaxon voiture
0.2	80	Rue grande circulation
0.02	60	Conversation
0.002	40	Radio faible intensité
0.0002	20	Campagne tranquille
0.00002	0	Seuil audible



RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Addition de décibels

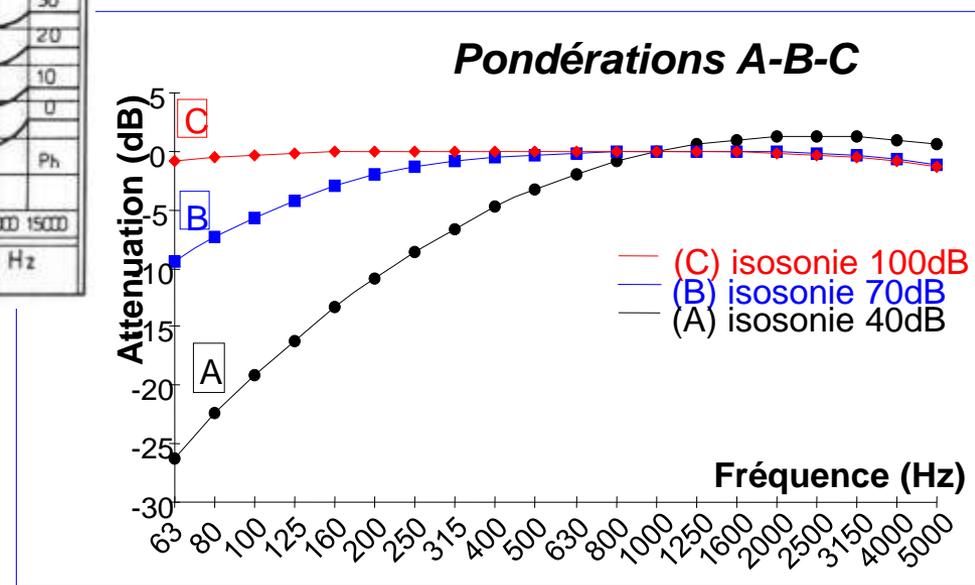
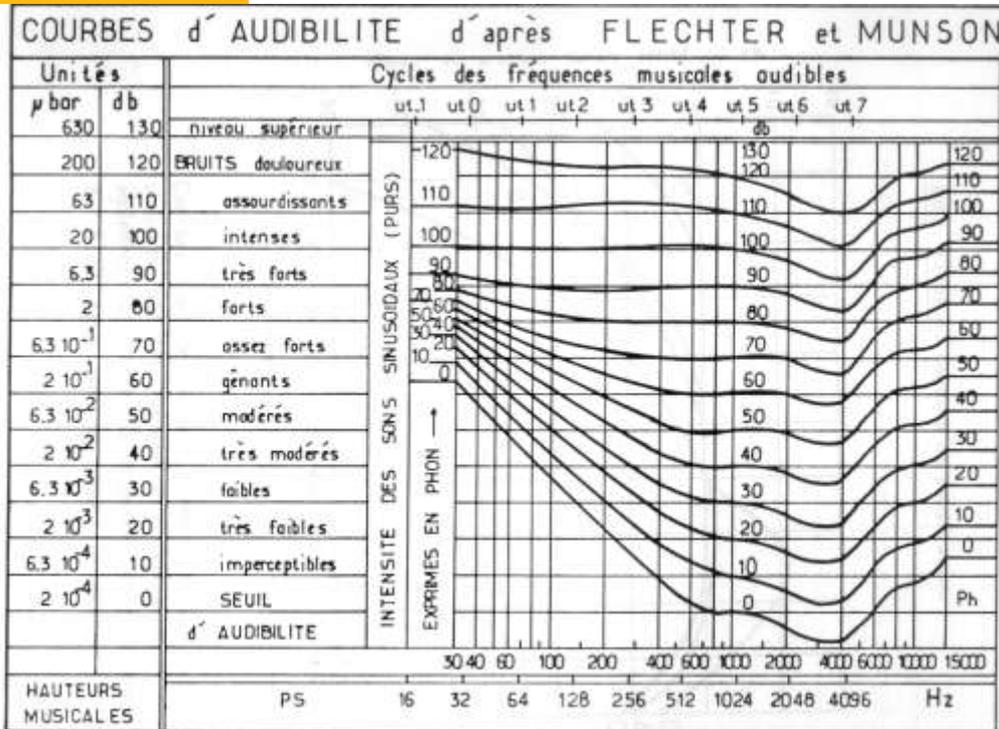


$$L'p = 10 \log 2 \left(\frac{P^2 \text{ eff}}{P_o^2} \right) = 10 \log \left(\frac{P^2 \text{ eff}}{P_o^2} \right) + 10 \log 2 = Lp + 3$$

$$L'p = 10 \log 10 \left(\frac{P^2 \text{ eff}}{P_o^2} \right) = 10 \log \left(\frac{P^2 \text{ eff}}{P_o^2} \right) + 10 \log 10 = Lp + 10$$

RAPPELS D'ACOUSTIQUE

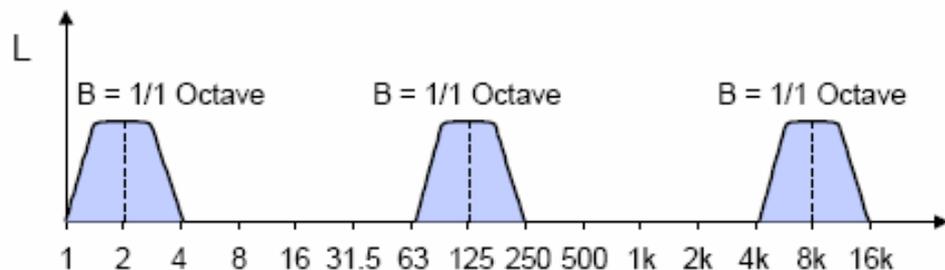
Les courbes de pondération



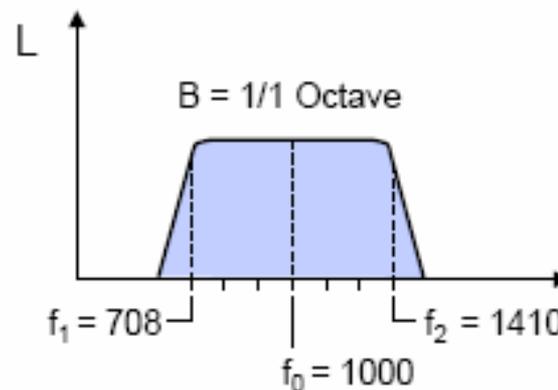


RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Bandes d'octaves



Axe des abscisses logarithmique

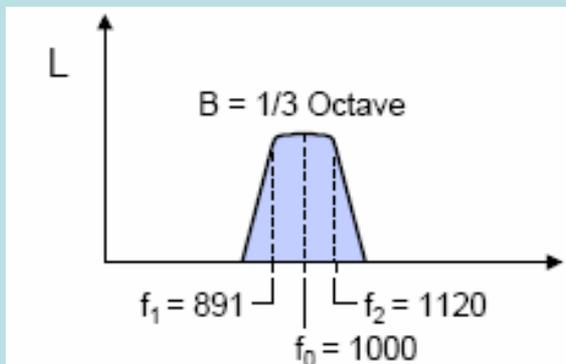


$$f_0 = \sqrt{f_1 * f_2}$$

$$f_2 = 2f_1 \text{ et } f_1 = f_0 / \sqrt{2} \simeq 0,7071 f_0$$

$$f_2 = f_0 \sqrt{2} \simeq 1,4142 f_0$$

f_0 : fréquence centrale
 f_1 : fréquence limite inférieure
 f_2 : fréquence limite supérieure



1/3 octave

$$f_0 = \sqrt{f_1 * f_2}$$

$$f_2 = f_1 \sqrt[3]{2} \simeq 1,2599 f_1$$

et $f_1 = f_0 / \sqrt[3]{2} \simeq 0,8909 f_0$

$$f_2 = f_0 \sqrt[3]{2} \simeq 1,1225 f_0$$



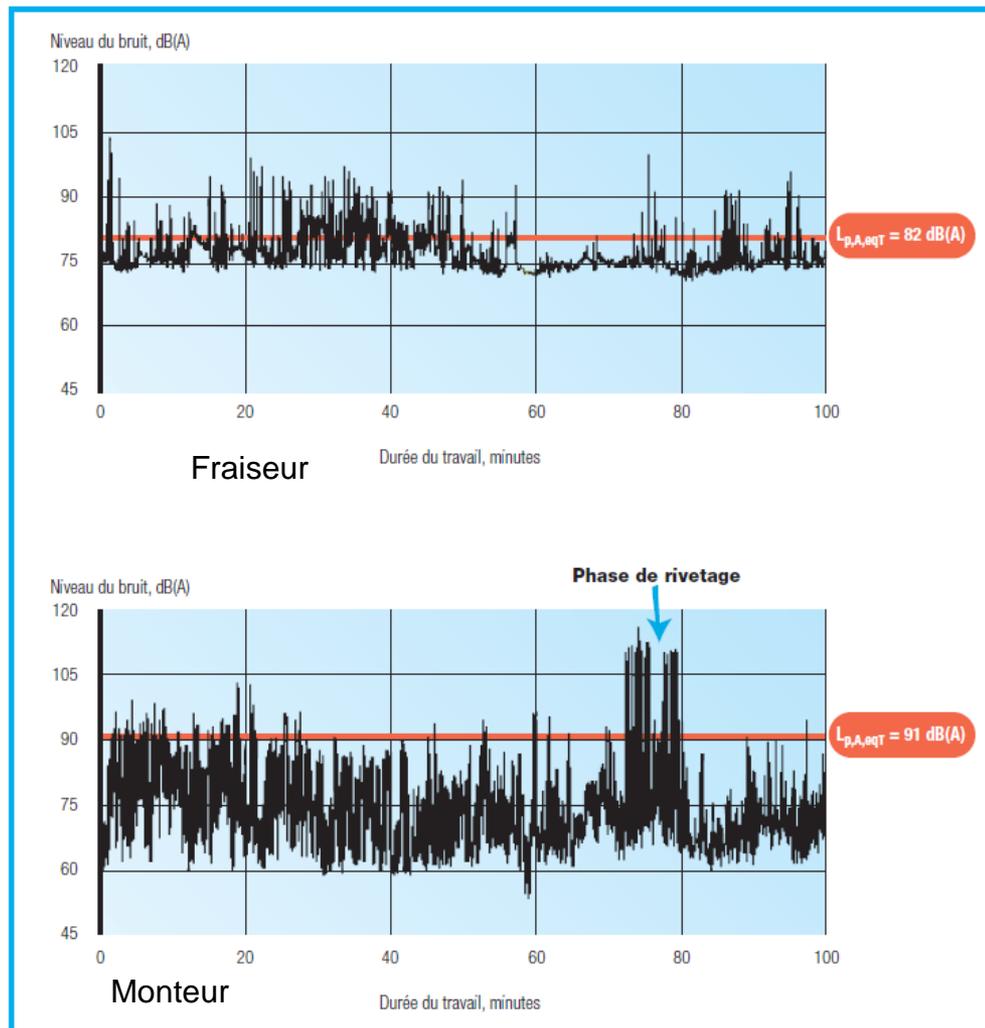
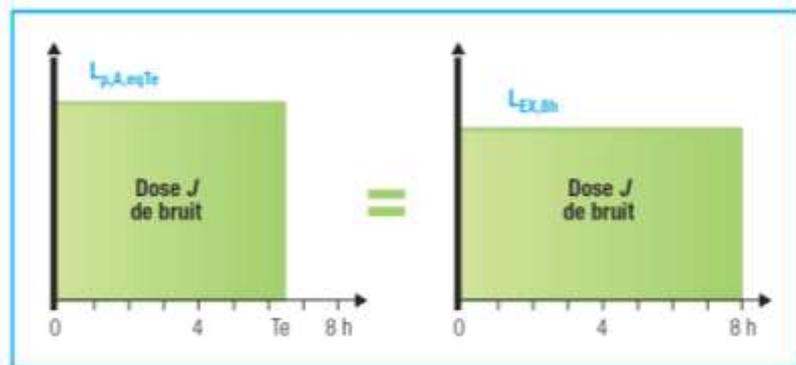
RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Niveau équivalent, dose de bruit

Valeur du niveau de pression acoustique d'un son stable qui, au cours d'une période spécifique, a la même pression quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction du temps.

$$L_{p,A,eqT} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_i 10^{\frac{L_i}{10}} \times t_i$$

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \log \frac{T_e}{8}$$





La réglementation et les normes associées



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail

Décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006 mettant en application la nouvelle directive européenne 2003/10/CE

Valeurs déclenchant l'action :

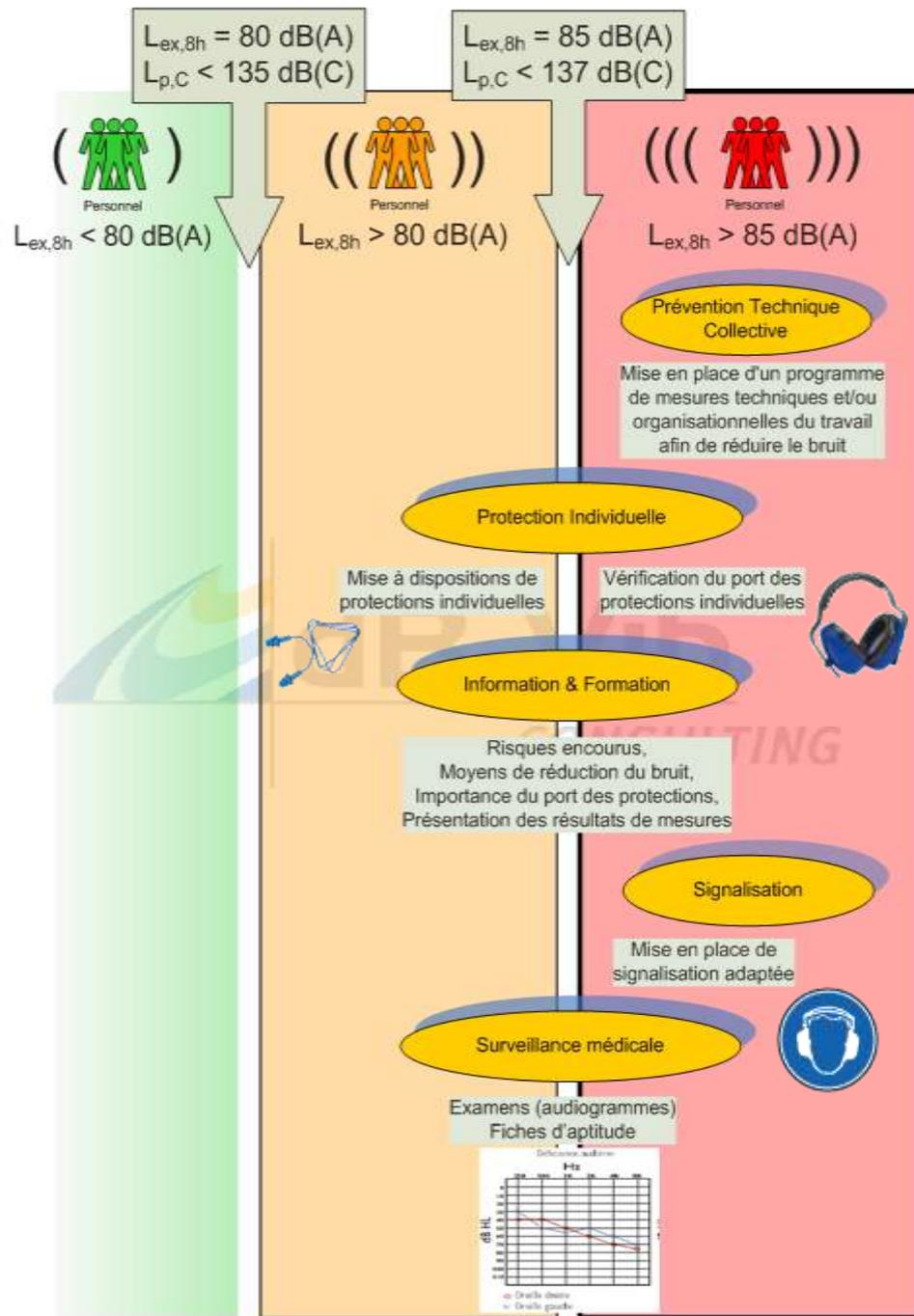
Inférieure $L_{ex,8h} > 80$ dBA ou $L_{pc} > 135$ dBC

Supérieure $L_{ex,8h} > 85$ dBA ou $L_{pc} > 137$ dBC

Valeurs limites d'exposition (protecteur individuel inclus) :

$L_{ex,8h} > 87$ dBA ou $L_{pc} > 140$ dBC

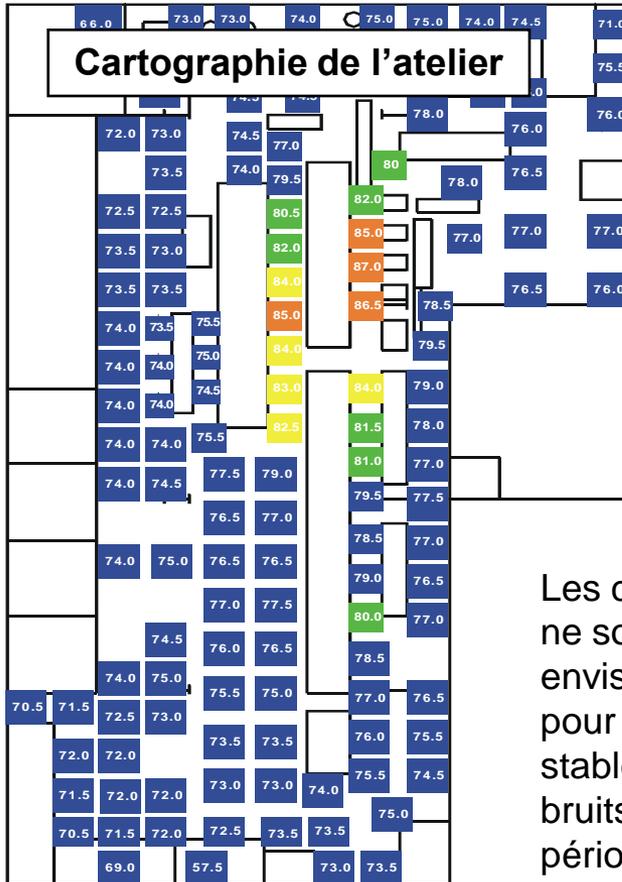
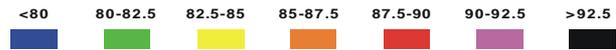
Norme applicable : NFS 31-084 (2002)





REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail



Carte de Bruit en dBA

Les cartographies ne sont envisageables que pour des bruits stables ou des bruits fluctuants périodiques

Mesure du bruit reçu par chacun pendant sa durée quotidienne de travail

Il est nécessaire de prendre en compte les fluctuations de bruit lors de la mesure:

- L'opérateur se déplace => le bruit émis par les installations est différent du bruit reçu par l'opérateur,
- Les évènements acoustiques (bruits brefs et intenses) mêmes s'ils correspondent à une faible durée d'exposition peuvent jouer un rôle important dans le calcul du niveau d'exposition sonore quotidien.

D'où la mise en place de modes opératoires pour quantifier le niveau d'exposition $L_{EX,d}$ et le niveau de crête L_{pc} .





REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail

- La méthode d'évaluation de l'exposition au bruit doit passer par les deux étapes suivantes:
- le regroupement des opérateurs en Groupes d'Exposition Homogène au bruit => **GEH Bruit**
 - des mesures par échantillonnage en nombre et en durée suffisantes pour être représentatives.

Informations à recueillir au préalable :

Répartition des effectifs de travailleurs exposés

- . Liste des effectifs de chaque atelier bruyant
- . Classement des postes (poste fixe, mobile dans une zone définie, poste non localisé)
- . Nature de l'activité de chaque travailleur exposé

Nature des sources sonores en relation avec les activités

- . Machines et opérations bruyantes lors du travail habituel
- . Exposition sonore lors des autres phases de travail (nettoyage, intervention lors d'incidents)
- . Repérage d'évènements acoustiques rares

Fluctuation des activités et de l'exposition sonore dans le temps

- . Changement de production et d'activités durant le temps de travail
- . Position, dans le temps de travail, de périodes d'activités représentatives de l'exposition,
- . Durée des phases d'exposition.

Synthèse des informations  **PLAN DE MESURAGE**



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail

Fonction

Associé à la journée

Appellation qui désigne l'ensemble des tâches effectuées par un travailleur (ou un groupe de travailleurs de même métier ou même poste de travail) durant une journée de travail, pour un objectif donné.

Exemples:

- Fonction 1 rondier
- Fonction 2 soudeurs
- Fonction 3 magasiniers
- Fonction 4 peintres

Englobe des circonstances d'exposition variées

Tâche

Partie de l'activité quotidienne

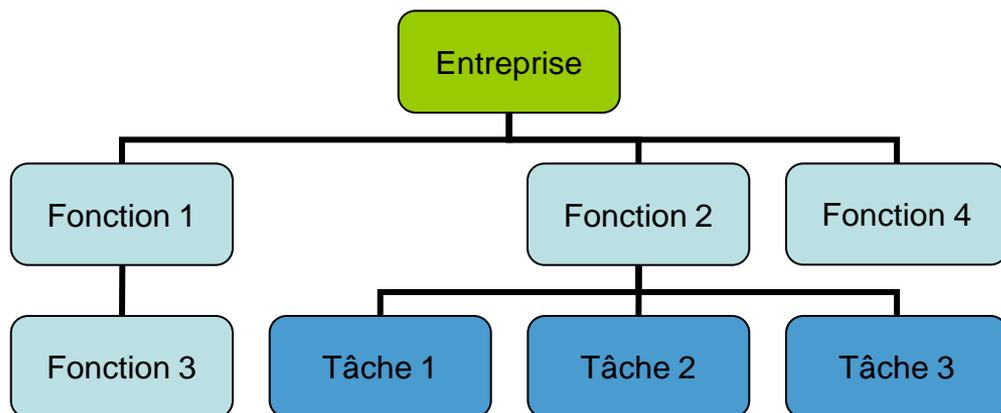
Partie de l'activité professionnelle effectuée par le travailleur dans un intervalle de temps de travail spécifié.

Elle est généralement constituée d'une suite d'activités coordonnées pouvant former un cycle de travail.

Exemples:

- Tâche 1 planification
- Tâche 2 meulage
- Tâche 3 soudage

Circonstances d'exposition relativement stables



Journée entière

Uniquement dans Norme NF EN ISO 9612



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail

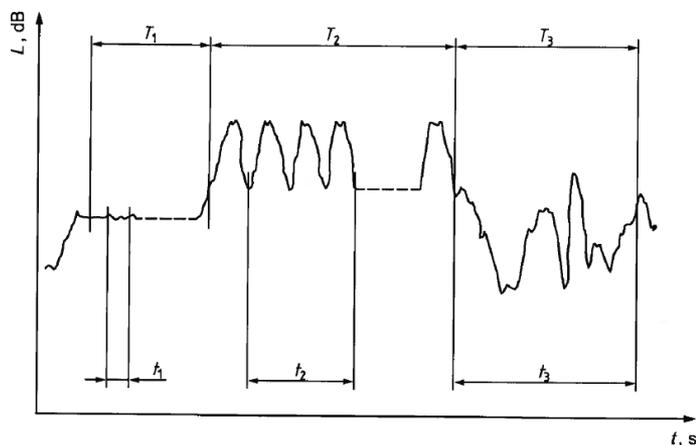
Mode opératoire par tâche – NF EN ISO 9612 mai 2009

Pour chaque tâche au moins 3 mesurages doivent être effectués.
Lorsque les trois mesures d'une tâche diffèrent de 3 dB ou plus :

1. Effectuer 3 mesurages supplémentaires par tâche
2. Subdiviser la tâche en d'autres tâches
3. Remesurer avec une durée plus longue pour chaque mesurage

Durée de mesurage minimum 5min

Si la durée de la tâche est inférieure à 5min, la durée de chaque mesurage doit être égale à la durée de la tâche.



Légende

- L niveau de bruit en fonction du temps
- T_1 durée de la tâche 1
- T_2 durée de la tâche 2
- T_3 durée de la tâche 3
- t temps
- t_1 durée de mesurage 1: bruit à peu près constant
- t_2 durée de mesurage 2: bruit fluctuant de manière cyclique
- t_3 durée de mesurage 3: bruit fluctuant de manière aléatoire



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail

Mode opératoire par fonction – NF EN ISO 9612 mai 2009

Au moins 5 échantillons

Nombre de travailleurs dans le GEH n_G	Durée cumulée minimale de mesurage, à répartir sur le GEH
$n_G \leq 5$	5h
$5 < n_G \leq 15$	$5h + (n_G - 5) \times 0,5h$
$15 < n_G \leq 40$	$10h + (n_G - 15) \times 0,25h$
$n_G > 40$	17h ou fractionner le groupe

Mode opératoire par journée entière – NF EN ISO 9612 mai 2009

On prendra 3 mesurages sur une journée entière

Lorsque les résultats des 3 mesurages diffèrent de 3 dB ou plus, il faut effectuer au moins deux mesurages supplémentaires sur une journée entière.



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit au poste de travail

Fiche de suivi dosimétrie – Calcul du Lex

Société		EDF CNPE CRUAS	
Présentation fiche de poste		Matériel utilisé	
Nom de l'opérateur	P. PONS	Fabricant	Larson Davis
Poste / Activité	Ingénieur MCP	Modèle	Spark 706
		Num Série	2163
Date de la mesure	09/10/2007 MATIN		
Durée de la mesure	4h24		
Evolution temporelle du niveau Laeq 1s			
Evolution temporelle du niveau Lp(C)			
Résultats de mesure			
Leq =	74.2 dB(A)	L[10] =	75.5 dB(A)
		L[50] =	60.0 dB(A)
Lpeak =	118.8 dB(C)	L[90] =	50.0 dB(A)
Lmax =	103.9 dB(A)	L[95] =	48.5 dB(A)
Lmin =	43.4 dB(A)	L[99] =	47.0 dB(A)

$L_{Ex,8h} = L^*_{Aeq,TE} + 10\lg(T_E/T_0)$
 où $L^*_{Aeq,TE}$ est estimé à l'aide
 d'une des relations suivantes:

• Si le mesurage en continu
 donne le résultat, $L_{Aeq,T}$

$$L^*_{Aeq,TE} = L_{Aeq,T} + U$$

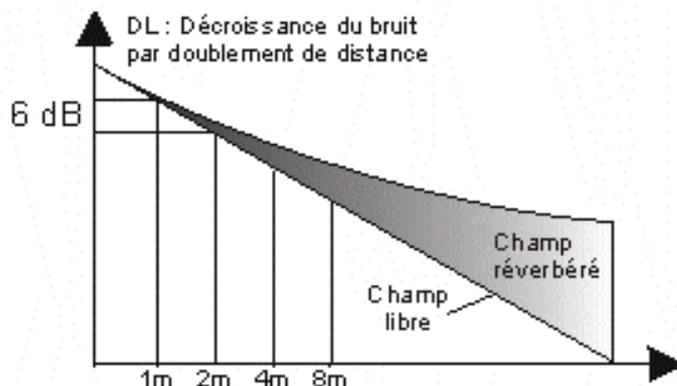
EDF CNPE CRUAS		dB Vib CONSULTING	
Poste:	DIPLANDIER	Durée:	02374
Nom du porteur:	DIPLANDIER	Prénom:	Jean-Benoit
Date de début de mesure:	16/10/07	Heure:	08h00
Date de fin de mesure:	16/10/07	Heure:	16h30
ACTIVITES			
MATIN			
Heure début	Durée	Tâche	
08h00	10 min	Réunion "distribution du travail"	
08h10	1h20	Atelier : Changement du joint de batardeau de 4 CRF 001B0	
09h30	25 min	Aérosol (injection TR1 local CRF	
10h00	1h30min	Atelier : 4CRF 001B0	
11h45	1h00	Vestibulaire	
APRES MIDI			
Heure début	Durée	Tâche	
12h45	15 min	Atelier : 4 CRF 001 B0	
13h30	1 min	SDM TPA 0 m	
13h40	5 min	SDM CRF -3,50 m	
13h45	2 min	SDM GSS -3,50 m	
13h50	1 min	SDM GST 5 m	
13h58	2 min	L0502	
14h05	2 min	SDM AEROMANUEUR / Turbine 16 m	
14h11	2 min	Groupe BPS W227	
14h13	1 min	Locaux BPS W229	
14h16	1 min	Dizel LHP	
14h24	2 min	Vestibule BAN	
14h48	5 min	L203 Locaux compression SAP	
15h45		Atelier	



REGLEMENTATION & NORMES

Correction acoustique des locaux

Décret n°88-930 du 30 août 1990



Correction nécessaire si :

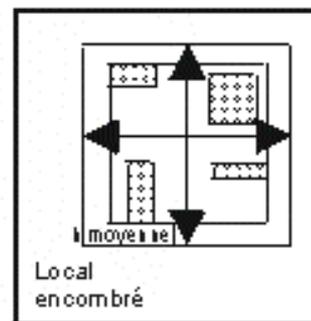
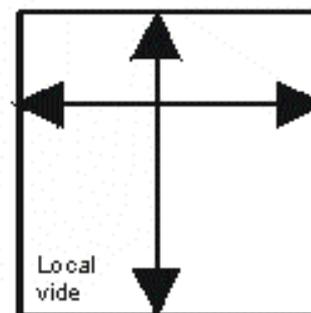
Local vide $\left[\begin{array}{ll} DL < 2 \text{ dB(A)} & \text{avec } S \leq 210 \text{ m}^2 \\ DL < 1.5 \log S - 1.5 & \text{si } 210 < S \leq 4600 \text{ m}^2 \\ DL < 4 \text{ dB(A)} & \text{avec } S > 4600 \text{ m}^2 \end{array} \right.$

Local encombré $\left[\begin{array}{ll} DL < 3 \text{ dB(A)} & \text{avec } S \leq 210 \text{ m}^2 \\ DL < 1.5 \log S - 0.5 & \text{si } 210 < S \leq 1000 \text{ m}^2 \\ DL < 4 \text{ dB(A)} & \text{avec } S > 1000 \text{ m}^2 \end{array} \right.$

S : surface du sol du local

Locaux neufs ou modification de locaux

Zone de mesure





REGLEMENTATION & NORMES

Qualification des sources sonores

NF EN ISO	Classe	Zone de mesurage
3741 Salle réverbérante	1	« Loin » de la source
3743-1 Salle à murs durs	2	« Loin » de la source
3743-2 Salle réverbérante spéciale	2	« Loin » de la source
3744 Proche champ libre sur plan réfléchissant	2	Près de la source
3745 Chambre anéchoïque ou semi-anéchoïque	1	Près de la source
3746 In situ + critères de qualification	3	Près de la source
3747 In situ en champ réverbéré	2	« Loin » de la source



PENIBILITE

Dix Facteurs

Dés le 1^{er} Janvier 2015

- Activités exercées en milieu hyperbare
- Travail de nuit
- Travail en équipes successives alternantes
- Travail répétitif

A compter du 1^{er} juillet 2016

- Manutentions manuelles
- Postures pénibles
- **Vibrations mécaniques**
- Agents chimiques dangereux
- Températures extrêmes
- **Bruit**



PENIBILITE

FICHE DE PREVENTION DES EXPOSITIONS A CERTAINS FACTEURS DE RISQUES PROFESSIONNELS

La fiche mentionnée à l'article L.4121-3-1 du code du travail comporte au moins les rubriques figurant dans le présent modèle. Cette fiche doit être actualisée en cas de modification des conditions d'exposition. Elle est communiquée au service de santé au travail et remise au travailleur à son départ de l'entreprise ou en cas d'arrêt de travail consécutif à un accident du travail ou une maladie professionnelle d'au moins 30 jours (3 mois pour un autre motif). Conformément à l'article L. 4121-3-1, le travailleur peut demander à l'employeur la rectification des informations figurant sur la présente fiche.

Nom :

Prénom :

Unité de travail concernée (source DUER) :

Poste ou emploi occupé :

Pour les risques professionnels susceptibles de constituer des facteurs de pénibilité, le Code du travail prévoit que seules les expositions dépassant certains seuils, après application des mesures de protection collective et individuelle, sont prises en compte dans la fiche pénibilité.

Facteurs de risque énumérés à l'article D. 4121-5	Non	Oui	Période d'exposition		Mesures de prévention en place			Commentaires, précisions, événements particuliers (résultats de mesurages, etc.)
			Date de début	Date de fin	Organisationnelles	Collectives	Individuelles	
Manutention								
Postures pénibles								
Vibrations mécaniques								
Agents chimique dangereux - Poussières- Fumées (sauf amiante*)								
Températures extrêmes								
Bruit								
Travail de nuit								
Travail en équipes successives alternantes								
Travail répétitif								

* L'exposition à l'amiante est consignée dans la fiche d'exposition prévue à l'article R. 4412-110 du code du travail

PENIBILITE (Décret n°2015-1888 du 30/12/2015)

Bruit

Intensité minimale	Durée minimale
Niveau d'exposition au bruit rapporté à une période de référence de huit heures d'au moins 81 dB(A)	600 heures par an
Exposition à un niveau de pression acoustique de crête au moins égal à 135 dB(C)	120 fois par an

- Avec port de protections
- Le dépassement des niveaux de crête ne concerne pas l'industrie (stand de tir,...)
- Applicable à partir du 1^{er} juillet 2016



PENIBILITE (Arrêté du 11/12/2015)

Bruit

Avec port de protections, calcul avec la calculette INRS ou autre logiciel intégrant les normes

- NF EN ISO 4869-2 Août 1995 Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Partie 2 : estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit.
- NF EN 458 Mars 2005 Protecteurs individuels contre le bruit - Recommandations relatives à la sélection, à l'utilisation, aux précautions d'emploi et à l'entretien - Document guide

Le $L_{Ex,8h}$ peut être inférieur à 81dBA avec un facteur de pénibilité dépassé (sur une journée nominale)

Attention lorsque le $L_{Ex,8h}$ est compris entre 80 et 85 dBA (mise à disposition des protections) nécessité d'imposer le port des protections par rapport à l'aspect pénibilité.



LES APPAREILS DE MESURE

Sonomètre

multiples mesures à partir d'une seule acquisition

- Affichage temps réel du bruit
- Bandes d'octaves temps réel et tiers d'octaves temps réel (16Hz à 16kHz)
- L_{XY} Niveau acoustique pondéré
- $L_{X,eq}$ Niveau continu équivalent
- L_{Upk} Niveau de pression de crête
- L_{XE} Niveau d'exposition au bruit
- Courbe NR
- Enregistrement de signal audio sur seuil

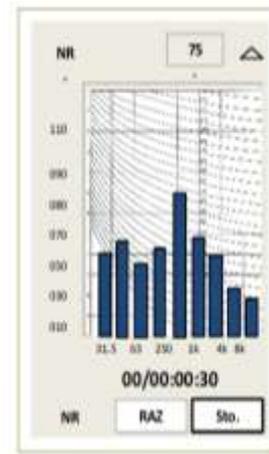
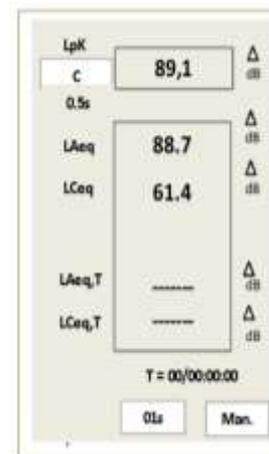
Applications

- Environnement
- Industrie
- Bâtiment



Caractéristiques

- Classe 1
- Durée d'intégration du $L_{X,eq}$ de 1/16s à 60s
- Utilisation simple
- Autonomie de 24 heures bloc batterie rechargeable – fonctionne également avec 3 piles alcalines
- Interface mini USB pour transfert de données
- Mémoire avec analyse fréquentielle par bandes d'octave Leq 1s : 135 j – Leq 1/16s 8j
- Mémoire audio : 45mn format *.wav
- Calculatrice S1 + S2
- Lancement de la mesure par opérateur ou mode I/O





LES APPAREILS DE MESURE

Dosimètre



FONCTIONS

Mesures de tout type d'exposition au bruit en utilisant le choix de plusieurs paramètres pour la dose de bruit.

Compact, léger et facile à utiliser

Grande autonomie

Rapports et analyses détaillés grâce au logiciel DosiLog

Mémoire de masse permettant plus d'une semaine d'échantillonnage.



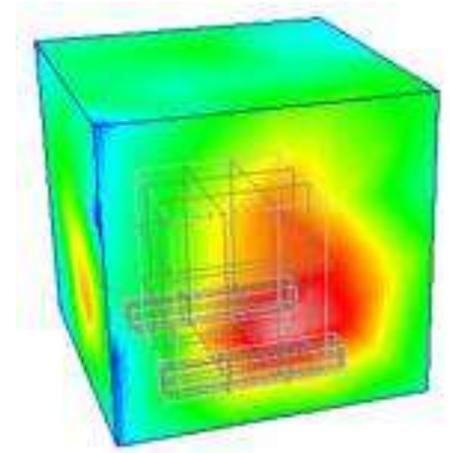
LES APPAREILS DE MESURE

Sonde intensimétrique

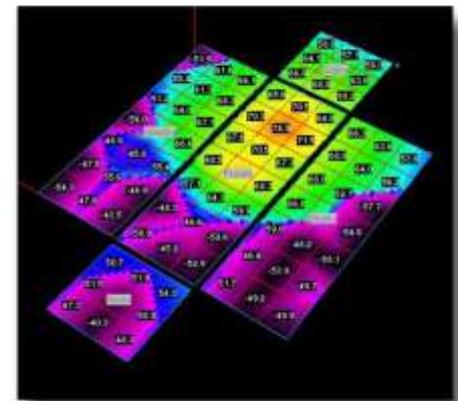
L'intensité acoustique est le produit moyenné au cours du temps de la **pression** et de la **vitesse particulaire**.

La vitesse particulaire est reliée au gradient de la pression par l'équation d'Euler.

Sonde d'intensité



Système d'acquisition Multivoies



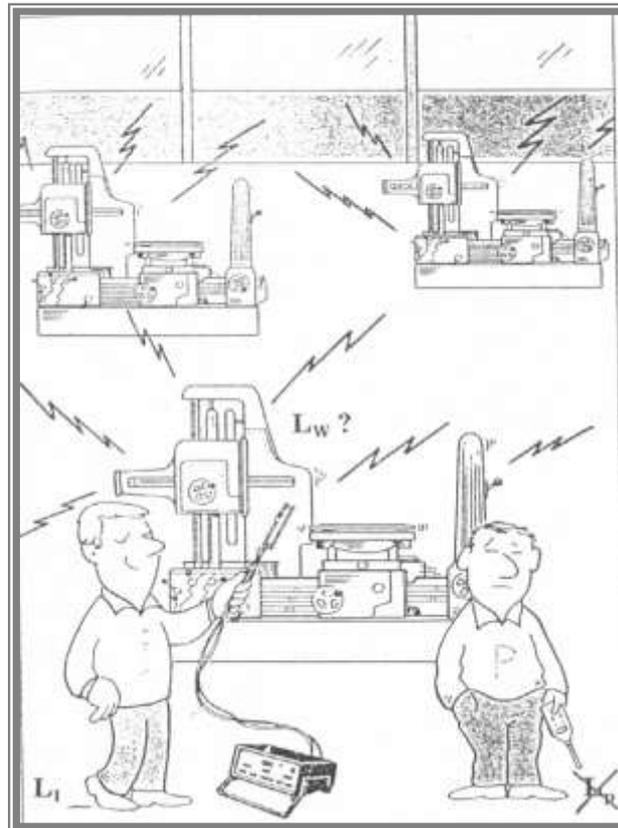
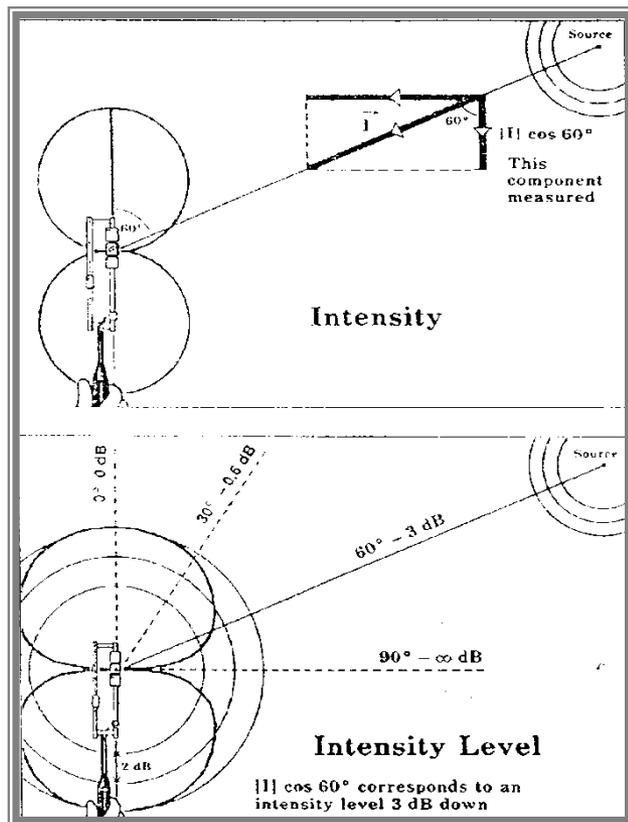


LES APPAREILS DE MESURE

Mesure intensimétrique

Localisation de source

L'intensité acoustique peut être mesurée dans toute sorte de champ.



NF EN 29614-1
mesurage par points
NF EN 29614-2
mesurage par balayage

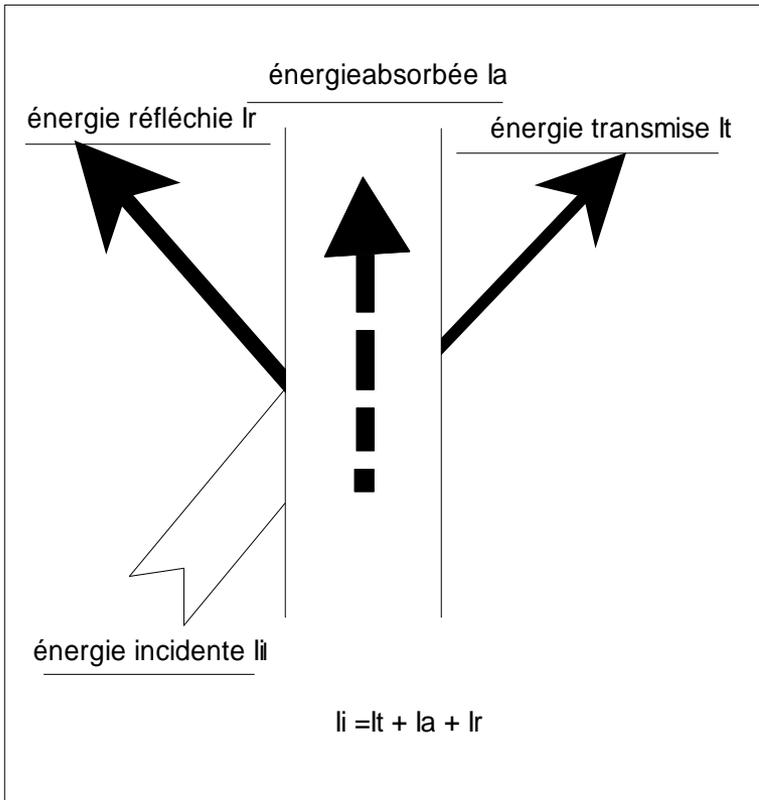
(Publication Bruël & Kjaer)



PROPAGATION DU SON

PROPAGATION DU SON

Absorption - Réflexion - Transmission



1°/ réflexion : $r = l_r/l_i$

2°/ absorption : $a = l_a/l_i$ avec $r + a + t = 1$

3°/ transmission : $t = l_t/l_i$



PROPAGATION DU SON

Durée de réverbération

Le temps mis par la pression acoustique pour atteindre le 1/1000 de sa valeur initiale (soit une atténuation de 60 dB)

$$TR (S) = \frac{0.16V}{A}$$

Validité : α petit

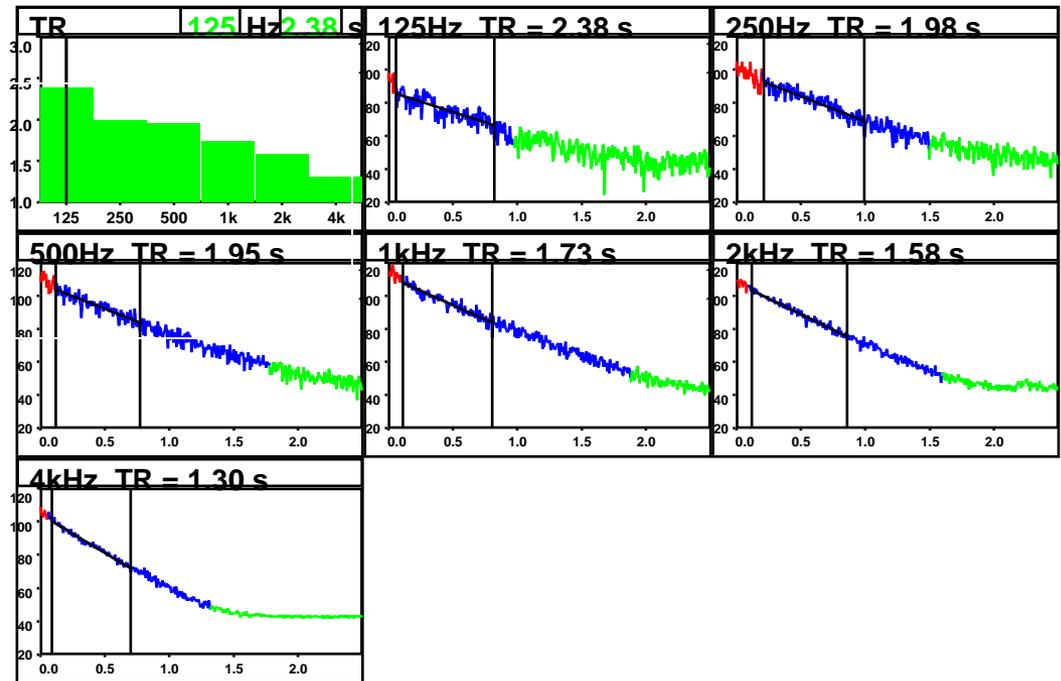
et champ diffus

Avec V = Volume du local (m^3)

A = $\sum S_i \alpha_i$ (m^2)

α_i = coefficient d'absorption à la fréquence considérée

S_i = surface du revêtement de coefficient α_i (m^2)



PROPAGATION DU SON

Champ direct + réverbéré

$$L_p = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{(1-\bar{\alpha}) \cdot 4}{S \cdot \bar{\alpha}} \right]$$

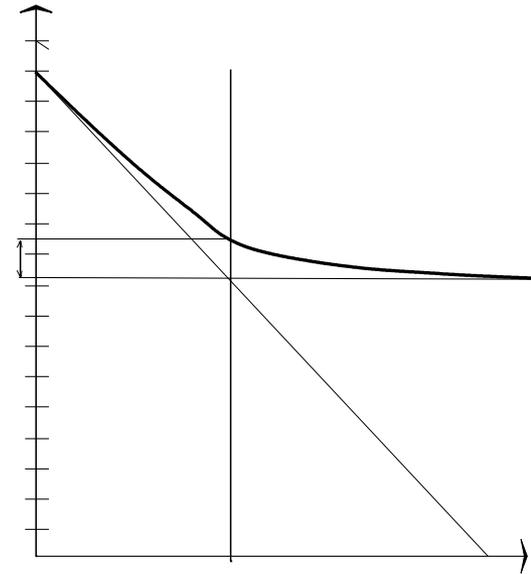
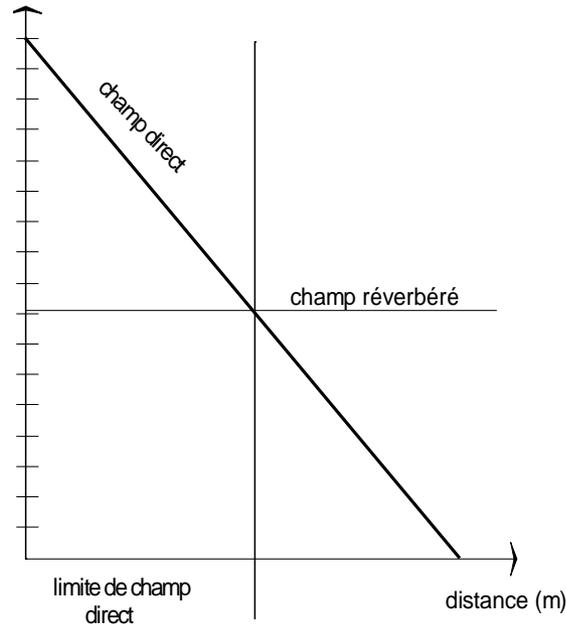
où

L_p : niveau de pression L_w : niveau de puissance

Q : facteur de directivité r : distance source - récepteur

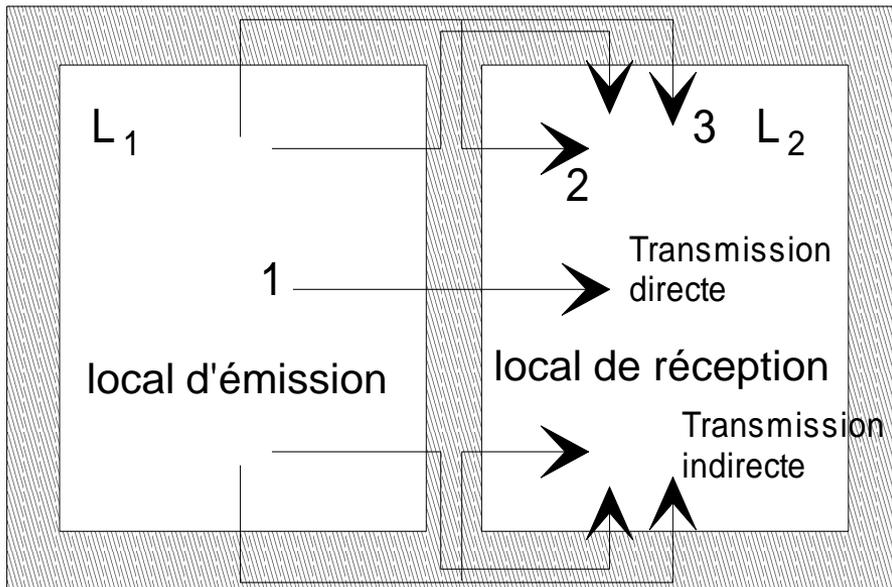
S : surface totale des parois du local

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum S_i \alpha_i}{S}$$



PROPAGATION DU SON

Transmission



Isolement acoustique brut

$$D_b = L_{p1} - L_{p2}$$

Isolement acoustique normalisé

$$D_n = L_{p1} - L_{p2} + 10 \cdot \log(T_r/T_o)$$

avec $T_o = 0.5s$ pour les locaux $< 50m^3$
 $T_o = t_o \cdot V/V_o$ ($t_o = 1s$ et $V_o = 100 m^3$)
pour les locaux $> 50 m^3$

Indice d'affaiblissement acoustique

$$R = 10 \log (1/\tau)$$

$$D_b = R + 10 \cdot \log(A/S)$$

avec

$A = \sum \alpha_i S_i$ du local de réception

$S =$ surface de la paroi

- (1) \Rightarrow transmission par voie directe
- (2) \Rightarrow transmission par paroi latérale
- (3) + paroi séparative
- (3) \Rightarrow transmission par paroi latérale

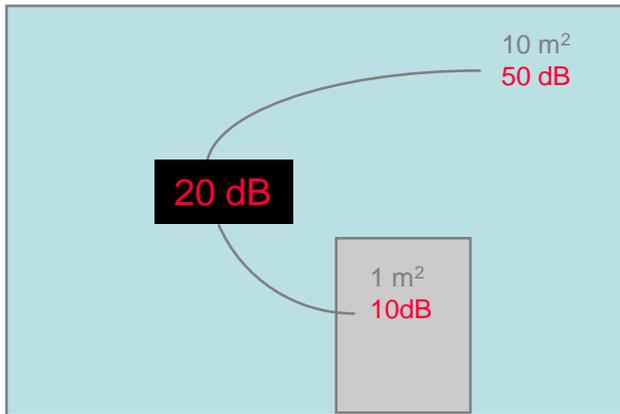
La transmission par voie directe est la plus connue.
La transmission par voie latérale ne doit pas être négligée

PROPAGATION DU SON

Transmission - paroi non homogène

$$\tau_{\text{équi}} = \frac{\sum S_i \tau_i}{\sum S_i}$$

$$R_{\text{équi}} = 10 \log \frac{1}{\tau_{\text{équi}}}$$



Exemple

Isolement de 50 dB Surface 10 m²
 Isolement de 10 dB Surface 1 m²

$$R_1 = 10 \log \frac{1}{\tau_1} \quad \tau_1 = 10^{-5}$$

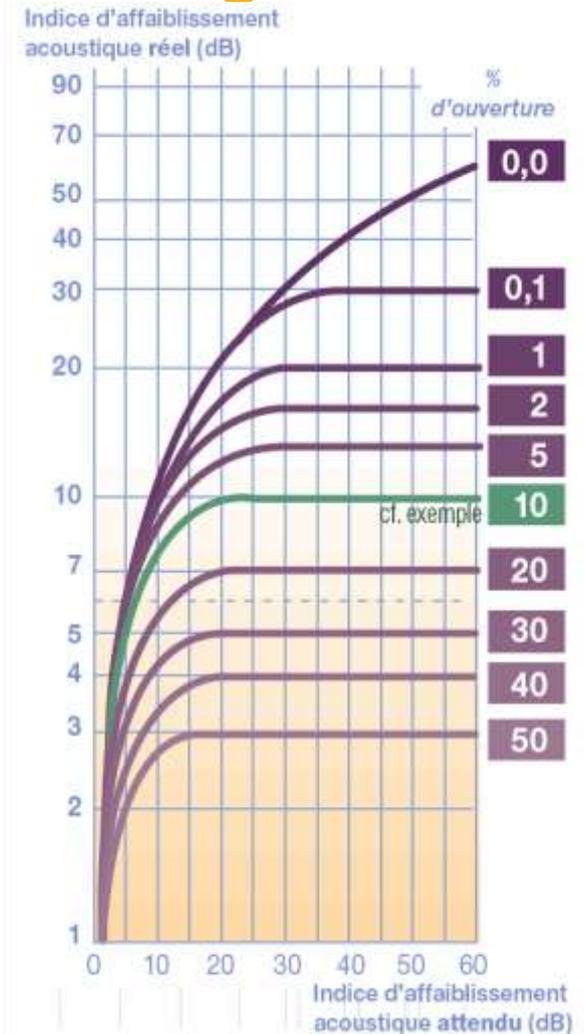
$$R_2 = 10 \log \frac{1}{\tau_2} \quad \tau_2 = 10^{-1}$$

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

$$\tau_{\text{équi}} = \frac{10^{-1}}{11} = 10^{-2}$$

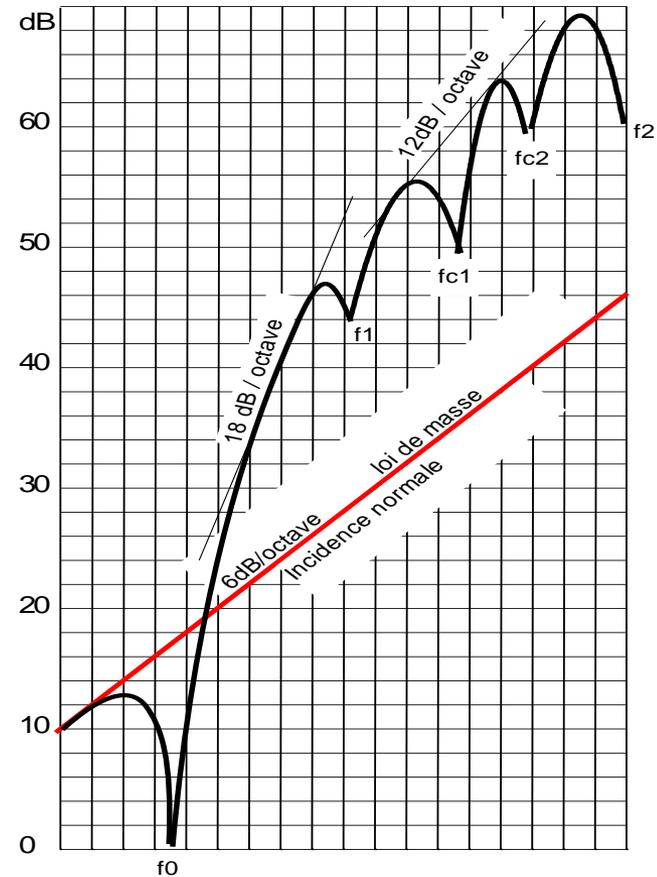
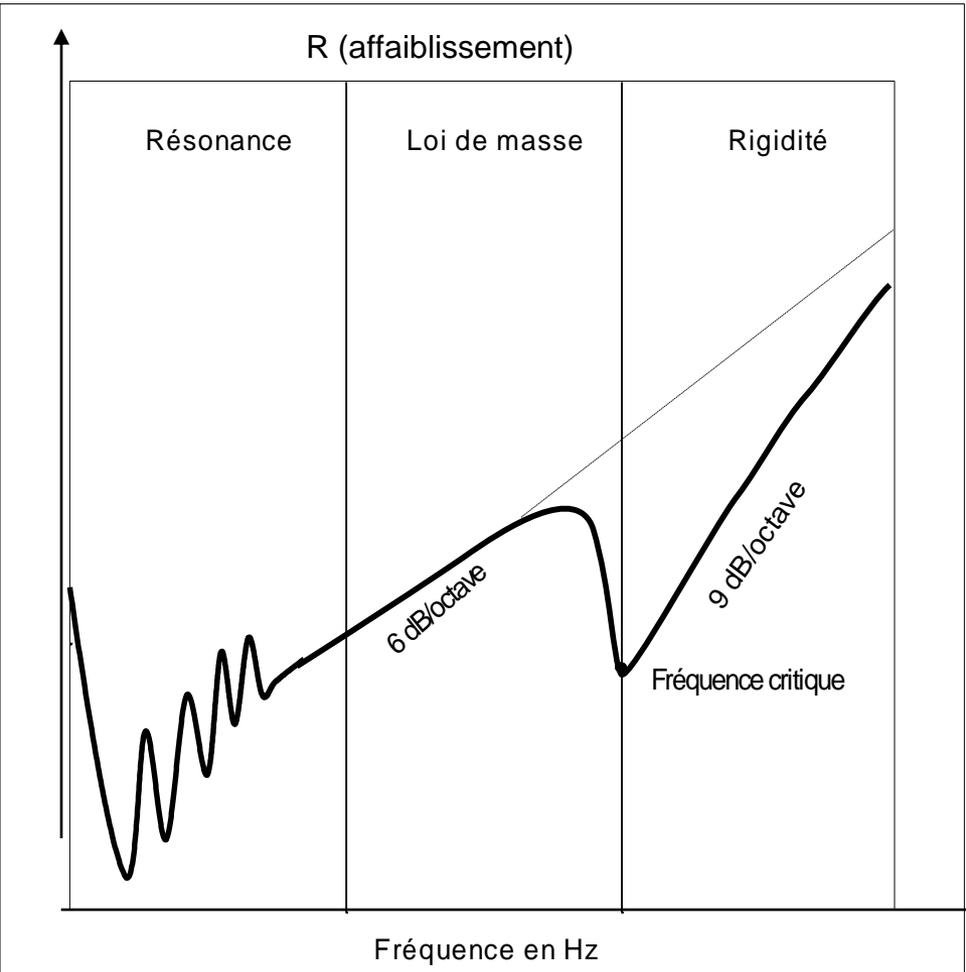
$$R_{\text{équi}} = 10 \log \frac{1}{10^{-2}}$$

$$R_{\text{équi}} = 20 \text{ dB}$$



PROPAGATION DU SON

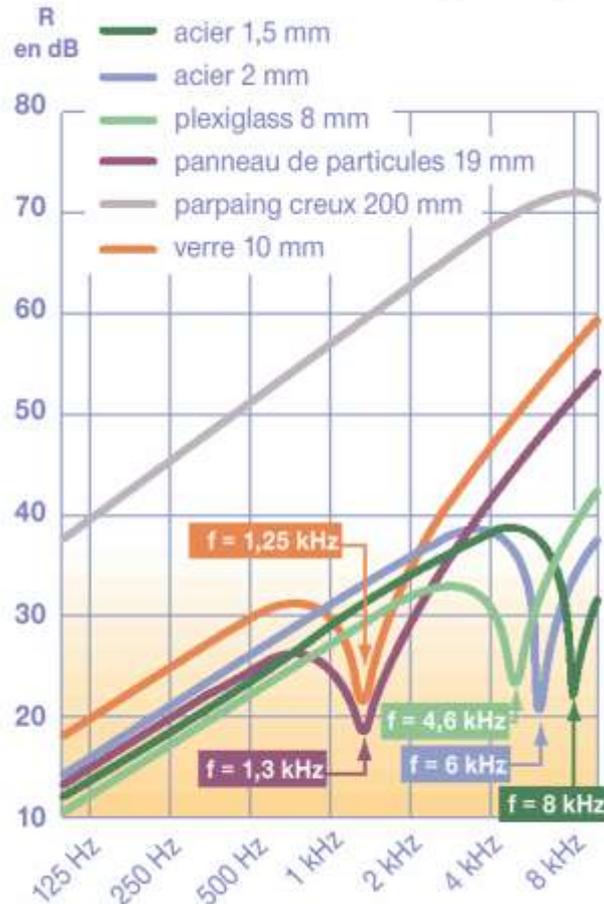
Isolation - paroi simple – paroi double



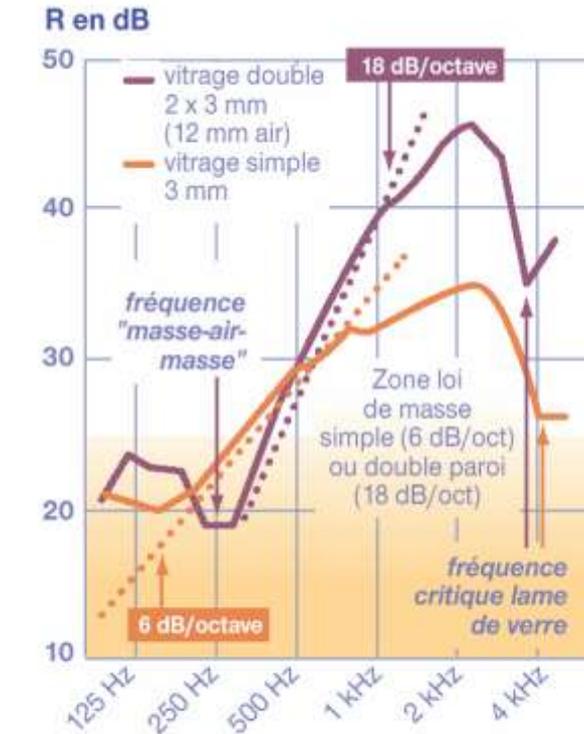
PROPAGATION DU SON

Isolation – exemples

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

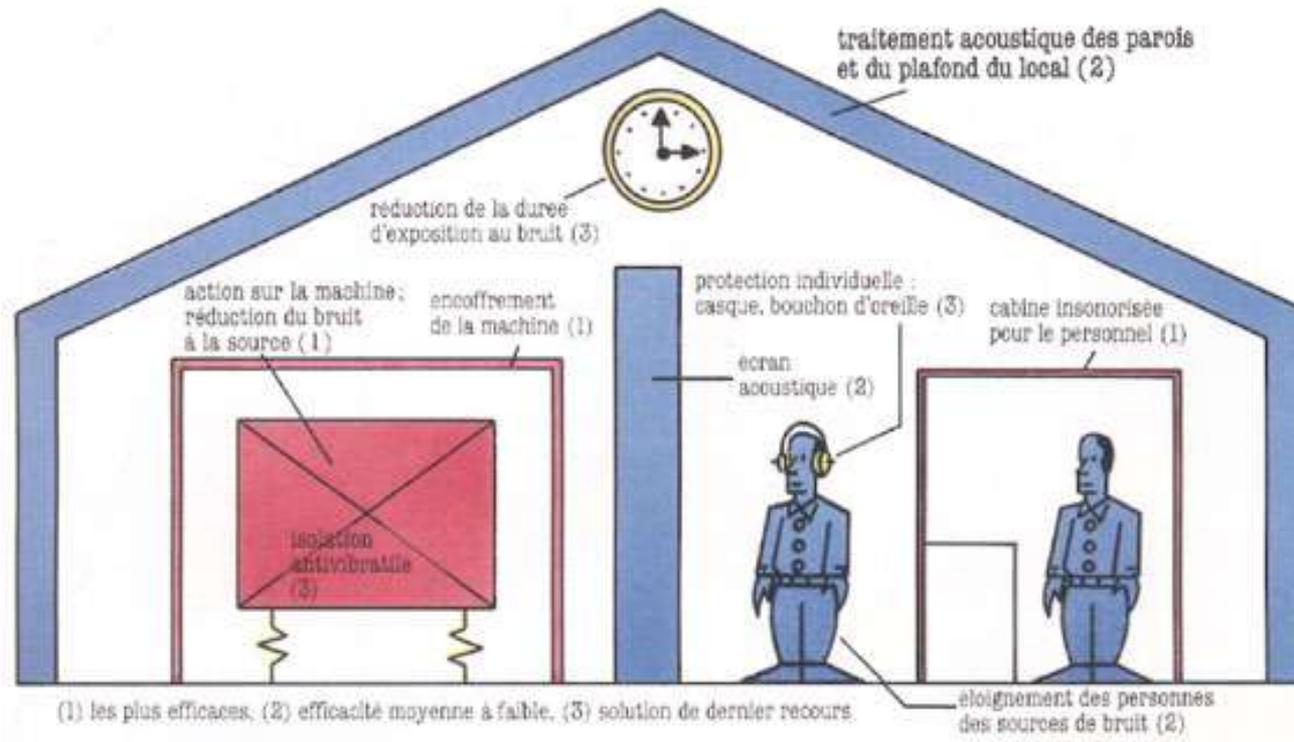


ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

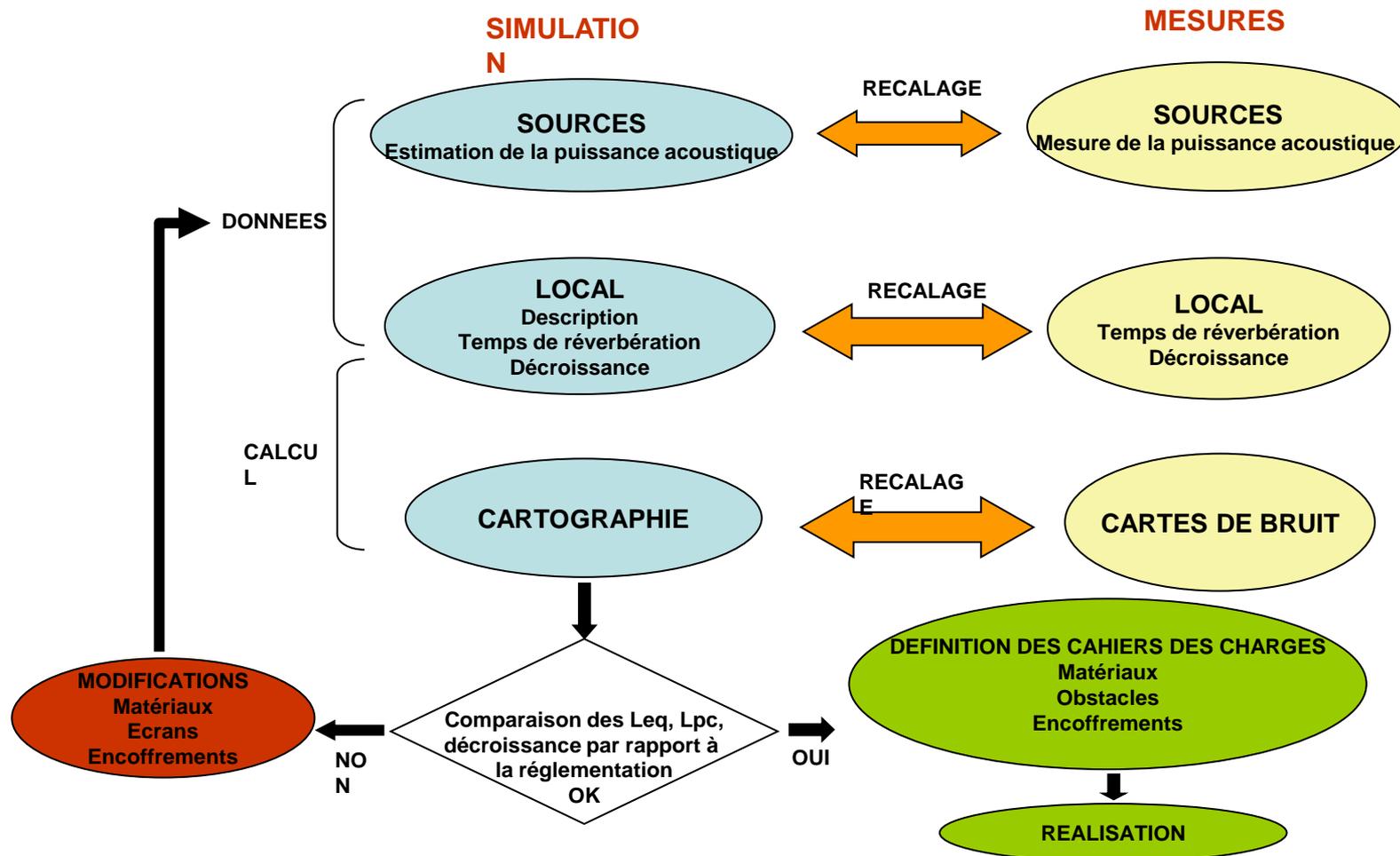
Objectifs

Après constat du dépassement des niveaux d'exposition des travailleurs par rapport aux seuils réglementaires, l'étude acoustique doit passer par une simulation permettant de trouver **le meilleur compromis réglementation – coût des travaux d'insonorisation**



ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

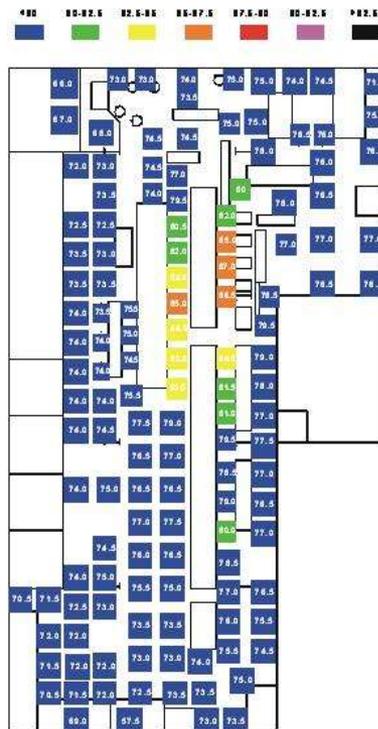
Méthodologie



ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

Mesures

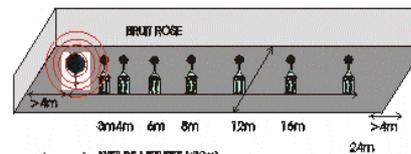
Cartographie



Carte de Bruit en dBA

Mesure de la décroissance

Emplacement des points de mesure



Calcul du Niveau sonore en dBA) en considérant une émission BRUIT ROSE

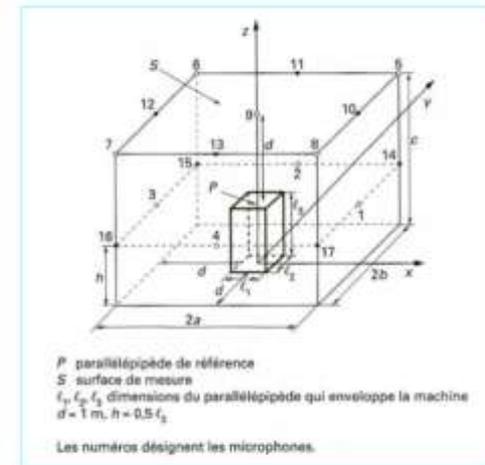
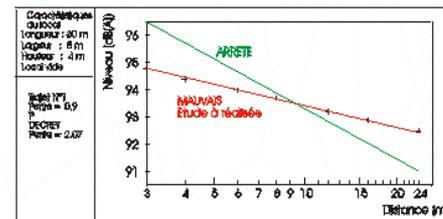


Figure 46 - Mesure de la puissance acoustique : emplacement des points de mesure pour une surface parallélépipédique dans le cas de la méthode de précision (NF S 01-025)

Calcul de la décroissance



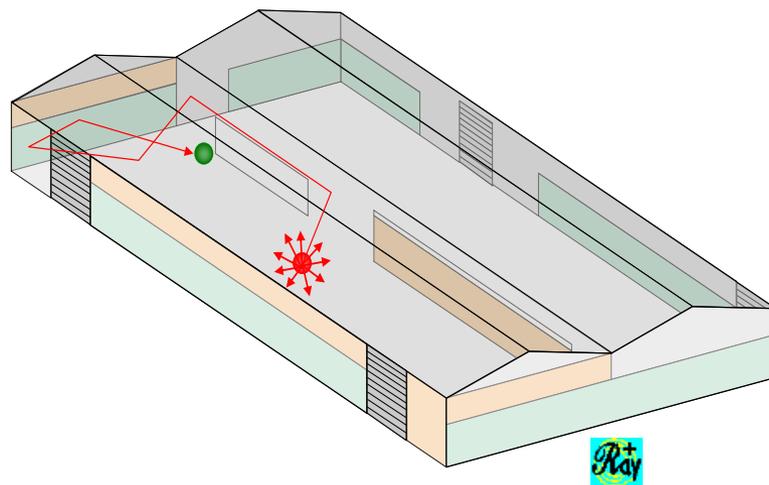


ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

Simulation

Les **outils de simulation en milieu fermé** prennent en compte l'ensemble des atténuations acoustiques suivantes :

- divergence géométrique
- absorption par l'air
- absorption par les surfaces
- zones encombrées



Simulation sous le logiciel
Ray Plus de l'INRS

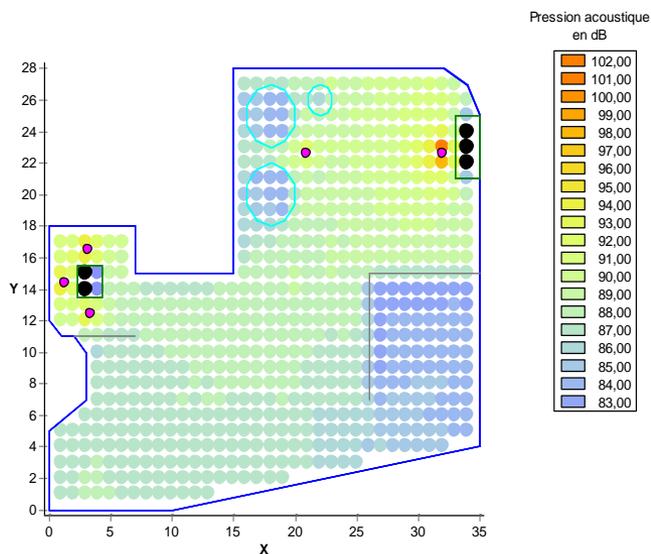
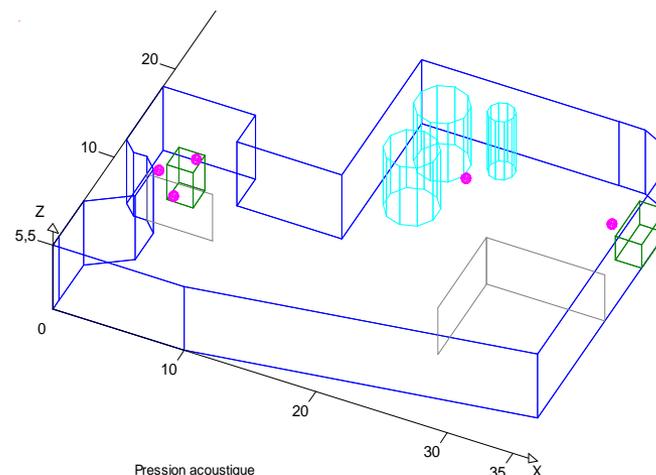


ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

Simulation

L'analyse permet de connaître en n'importe quel point de l'atelier la contribution de chaque source afin d'optimiser les traitements.

Il est possible de réaliser des cartes de gain.





ETUDE ACOUSTIQUE INTERIEURE

Le logiciel Ray Plus

- Construction de la géométrie du local
- Coefficients d'absorption des parois
- Surfaces incluses
- Volumes
- Définition des sources de bruit avec leur spectre de puissance
- Modélisation des écrans
- Modélisation d'un encombrement acoustique
- Placement des récepteurs acoustiques
- Calcul du TR
- Calcul des niveaux de bruit aux points récepteurs
- Calcul d'une cartographies acoustique
- Mise en place de traitements d'insonorisation
- Cartographie des gains acoustiques obtenus



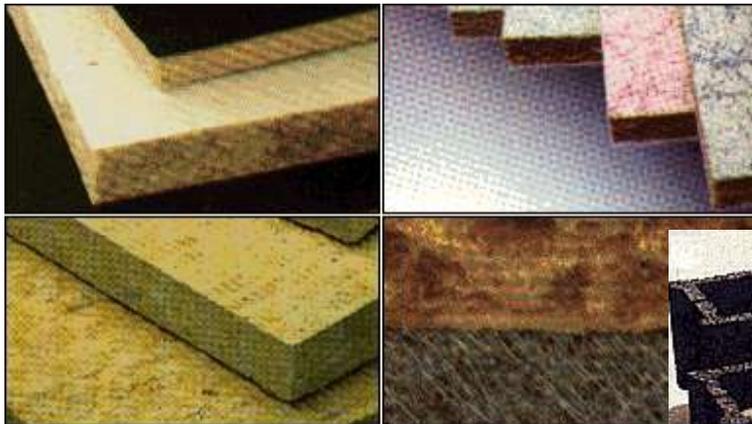
LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT



LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Absorption - matériaux

Matériaux poreux (ou fibreux) : HAUTES FREQUENCES

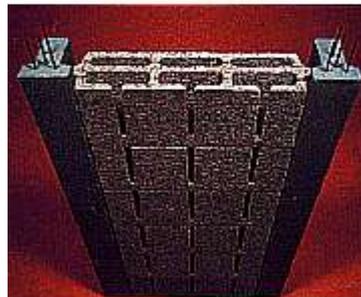


exemples de matériaux poreux

Résonateurs de Helmotz : MOYENNES FREQUENCES



résonateur mural



résonateurs en plafond

Panneaux fléchissants : BASSES FREQUENCES



Plaque perforée comparée à un ensemble de résonateurs groupés



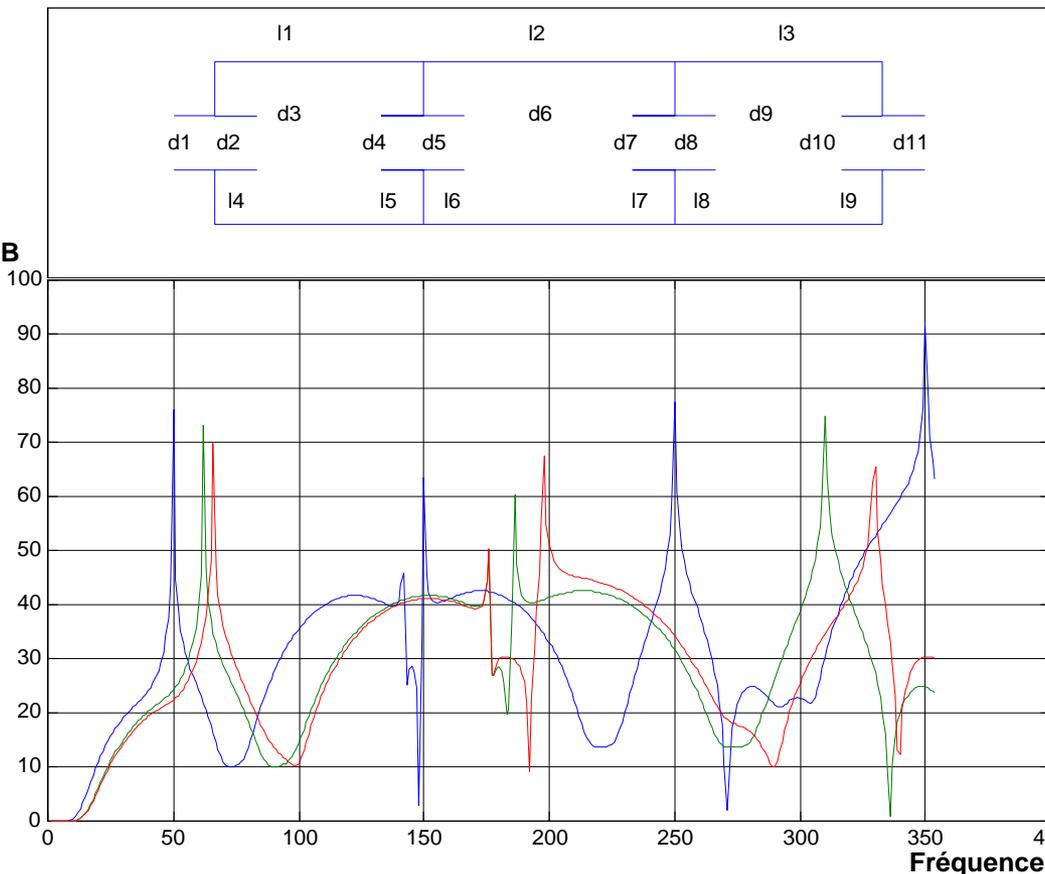


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Réseau de ventilation – silencieux réactifs

Multi-chambres

Atténuation dB



31.5 HZ	63 HZ	125 HZ	250 HZ
13.9648	22.2149	19.1755	21.1781
14.6208	18.3816	19.4776	19.3765
18.948	15.4369	22.0506	20.1972

operation

d1 m	0.85	0.85	0.85
d2 m	0.85	0.85	0.85
d3 m	1.4	1.4	1.4
d4 m	0.5	0.5	0.5
d5 m	0.5	0.5	0.5
d6 m	1.4	1.4	1.4
d7 m	0.5	0.5	0.5
d8 m	0.5	0.5	0.5
d9 m	1.4	1.4	1.4
d10 m	0.85	0.85	0.85
d11 m	0.85	0.85	0.85
l1 m	2.3	2.3	2.3
l2 m	1.25	1.25	1.25
l3 m	0.8	0.8	0.8
l4 m	0	0	0
l5 m	1.7	1.7	1.6
l6 m	0.6	0.6	0.6
l7 m	0.2	0.2	0.2
l8 m	0.1	0.1	0.1
l9 m	0.1	0.1	0.1
t (°C)	15	170	170

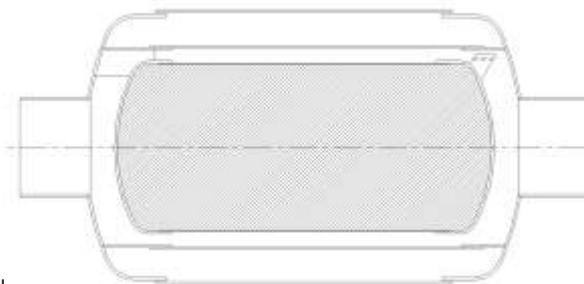
default

Fin

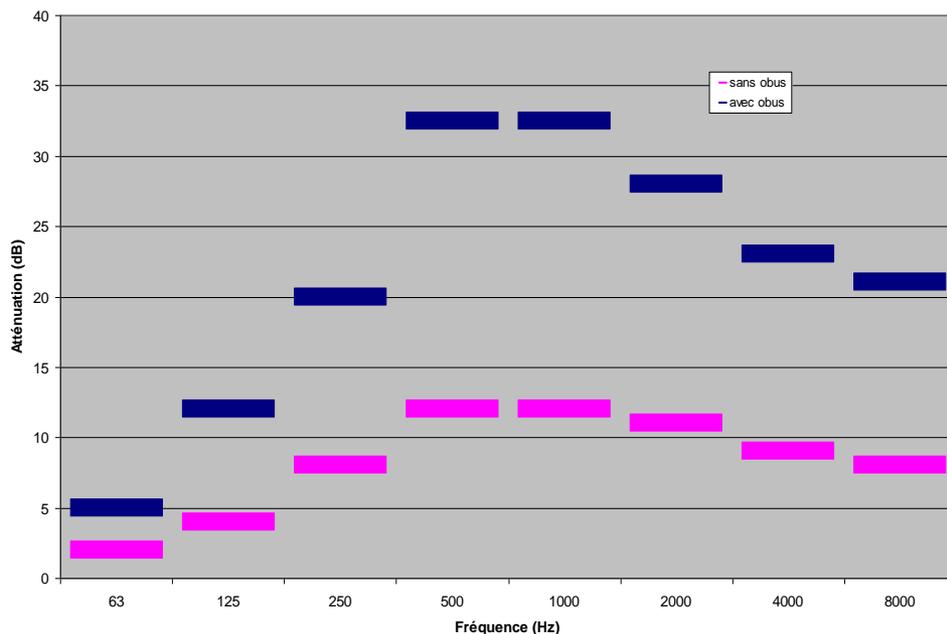


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Silencieux cylindriques



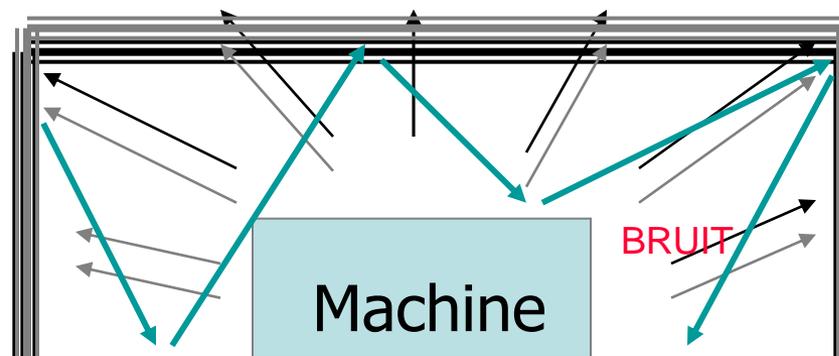
ATTENUATION SONORI



LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Cabines et encoffrements

- Les **cabines** : pour la protection des opérateurs contre le bruit, on distingue les cabines autoportées et les cabines fixées à des machines.
- Les **encoffrements** : autoporteurs couvrant ou enveloppant des machines, avec une fraction inférieure à 10% de leur surface totale ouverte et non traitée du point de vue acoustique



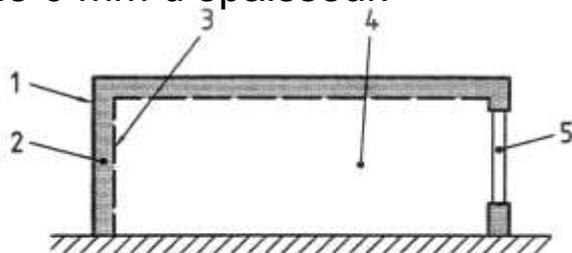
VIBRATION

LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Encoffrements

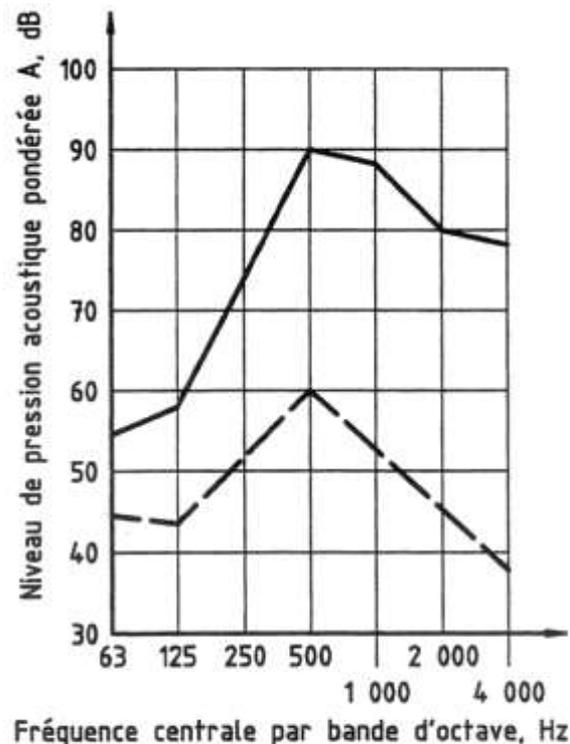
Composition :

- Enveloppe extérieure: tôle d'acier de 1,5mm. (10kg/m^2 et 15kg/m^2).
- Revêtement intérieur absorbant tel que laine minérale de 50mm.
- Plaque perforée couvrant le revêtement absorbant.
- Plaque de verre de sécurité pour les fenêtres de 6 mm d'épaisseur.



Légende

- 1 Enveloppe extérieure
- 2 Revêtement absorbant
- 3 Plaque perforée
- 4 Espace pour la source de bruit ou le poste de travail
- 5 Fenêtre



— Sans encoffrement
- - - Avec encoffrement

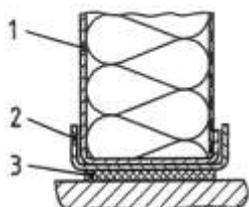


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

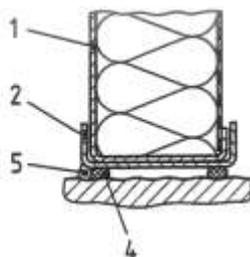
Encoffrements (fuites, montage)

Dans les ateliers:

Pour les encoffrements acoustiques conçus pour fournir un isolement en puissance acoustique d'au moins 20 (30)dB, toutes les fuites qui entraînent un coefficient de fuite supérieur à 0,01 (0,001) doivent être rendues étanches au moyen, par exemple, de bandes et de manchons en élastomère, comme ci-dessous:



a) Sur un sol lisse



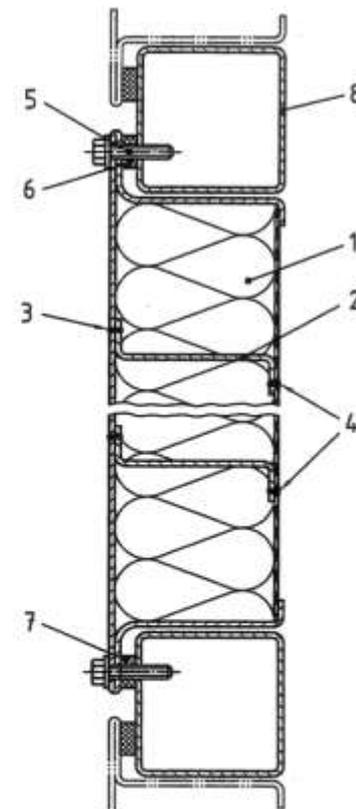
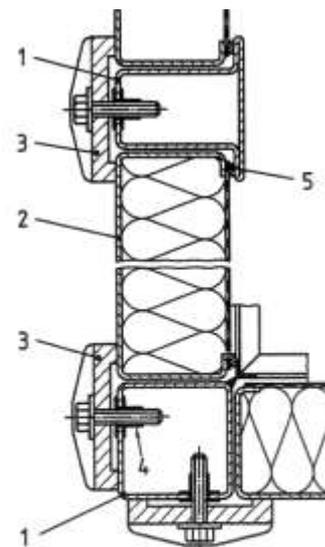
b) Sur un sol rugueux (béton)

Légende

- 1 Élément de paroi de l'encoffrement
- 2 Profilé en U
- 3 Joint caoutchouc autoadhésif
- 4 Joint de type plasticine
- 5 Congé en mastic

Légende

- 1 Structure de l'encoffrement
- 2 Élément de paroi de l'encoffrement
- 3 Pince
- 4 Écrou à rivet aveugle
- 5 Joint caoutchouc



Légende

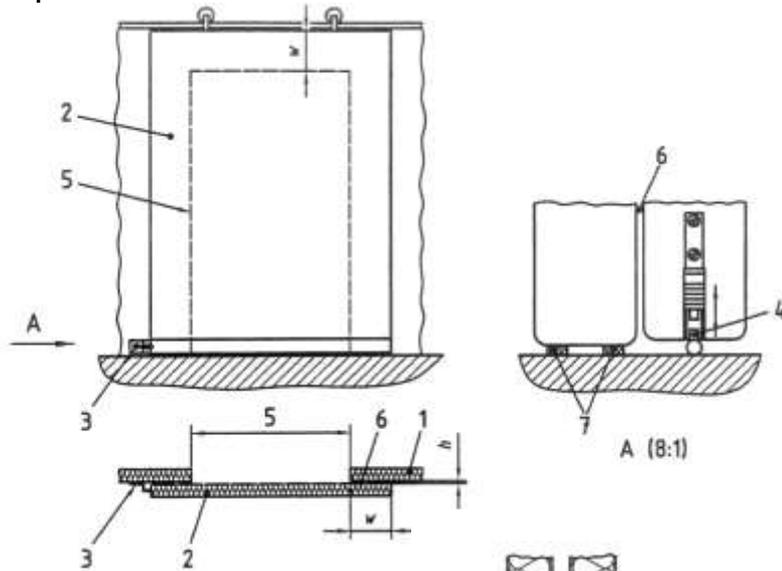
- 1 Élément de paroi de l'encoffrement
- 2 Raidisseur
- 3 Point de soudure sur l'enveloppe externe
- 4 Points de soudure sur le revêtement perforé
- 5 Vis de fixation
- 6 Joint caoutchouc autoadhésif avec trous
- 7 Joint caoutchouc (autre possibilité)
- 8 Structure de l'encoffrement

LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Encoffrements (portes)

Les portes:

Les portes coulissantes:



Légende

- 1 Élément de paroi de l'encoffrement
- 2 Porte coulissante
- 3 Levier pour activer le joint de porte
- 4 Joint de porte tombant
- 5 Ouverture dans l'encoffrement
- 6 Fente de largeur h et de longueur $w \geq 20 h$
- 7 Joint caoutchouc

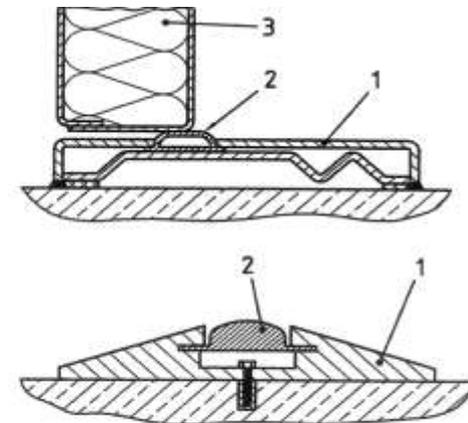
NOTE En général $h = 10 \text{ mm}$.

Légende

- 1 Porte coulissante
- 2 Oselets de guidage

Les portes à charnières :

Pour les portes à charnières, les performances sont améliorées en utilisant des joints caoutchouc coulissant sur des seuils bombés, comme le montre la figure suivante:

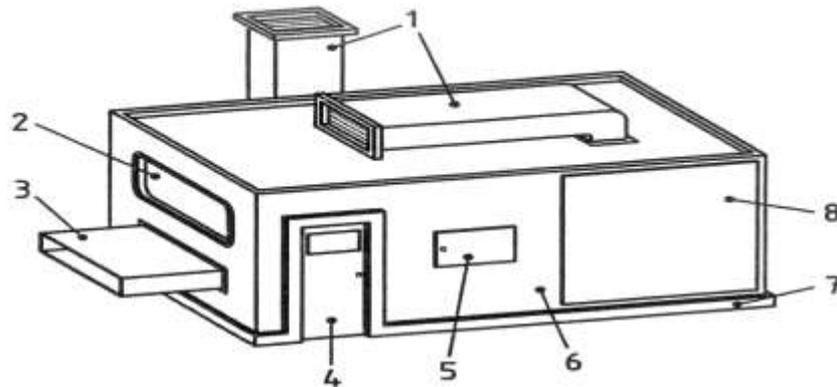


Légende

- 1 Seuil métallique de sol/porte-joint
- 2 Bande bombée de caoutchouc remplaçable
- 3 Élément de porte

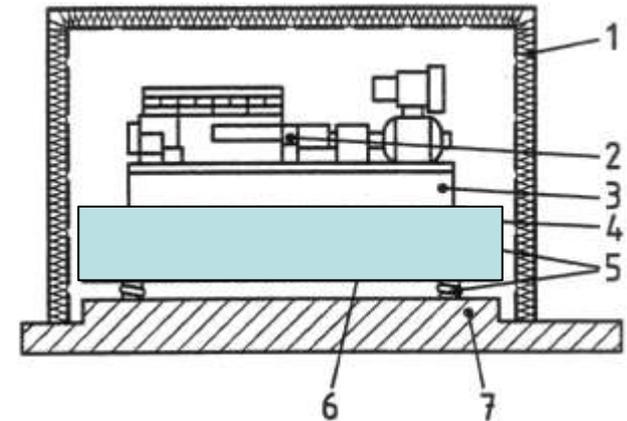
LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Encoffrements



Légende

- 1 Arrivée/sortie d'air de refroidissement atténué de manière convenable
- 2 Fenêtre de contrôle
- 3 Entrée/sortie du détail par des conduits d'alimentation traités
- 4 Porte pour le personnel si nécessaire
- 5 Ouverture d'accès (panneau à charnières)
- 6 Revêtement intérieur en matériau absorbant le bruit, revêtement extérieur en matériau isolant
- 7 Joint étanche à l'air
- 8 Panneau démontable avec joints étanches à l'air pour assurer l'accès, si nécessaire.



Légende

- 1 Encoffrement acoustique
- 2 Source de bruit et de vibration
- 3 Bâti de machine
- 4 Assise lourde
- 5 Éléments élastiques
- 6 Assise secondaire
- 7 Sol



Exemples de traitement des installations



Encocheuse de flancs

Atténuation : 22 dB(A)
Contacts de sécurité sur les portes
Automatisation des trappes
Récupération des brouillards d'huile

Presse à découper

Atténuation : 30 dB(A)
Ventilation forcée
Accès spéciaux pour changement d'outils
Tunnels sur entrée et sortie feuillard

Centre d'usinage

Atténuation : 18 dB(A)
Tunnel sur entrée pièces
Baies vitrées





Traitement des locaux industriels



Panneaux absorbants sur local compresseur



Traitement des locaux industriels



Panneaux absorbant + baffles suspendus sur local maintenance



Traitement des locaux industriels



Panneaux absorbant sur local production



Traitement des locaux industriels



Cloison interne partielle pour séparer deux zones d'un bâtiment



Traitement des locaux industriels



Cloison interne partielle entre zone bruyante et zone calme



Traitement des installations



Capotage sur skid hydraulique



Traitement des installations



Capotage sur presse à béton



Traitement des installations



Capotage sur presse à béton



Traitement des installations



Capotage partielle sur poste de découpe de profilé plastique



Traitement des installations



Renforcement de l'isolement d'un cyclone