



COMPTEZ SUR DES EXPERTS

**Acoustique Industrielle
et environnement
le 23 juin 2016**



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

L'acoustique : quelques rappels...



RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Le décibel

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

L_p : niveau de pression acoustique instantanée

Unité : le décibel noté dB

p_o : pression minimale perceptible par l'oreille humaine

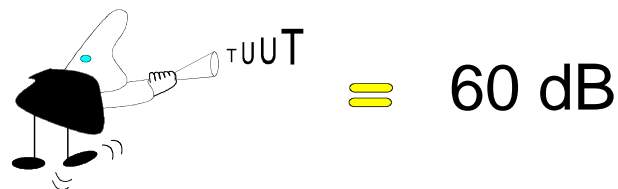
$$p_o = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

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

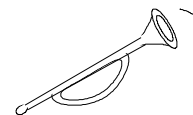


RAPPELS D'ACOUSTIQUE

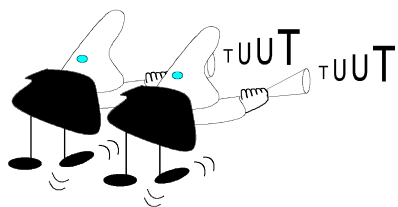
Addition de décibels



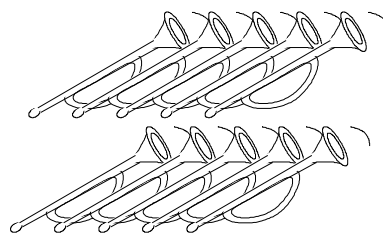
= 60 dB



60 dB



= 60 + 3 dB



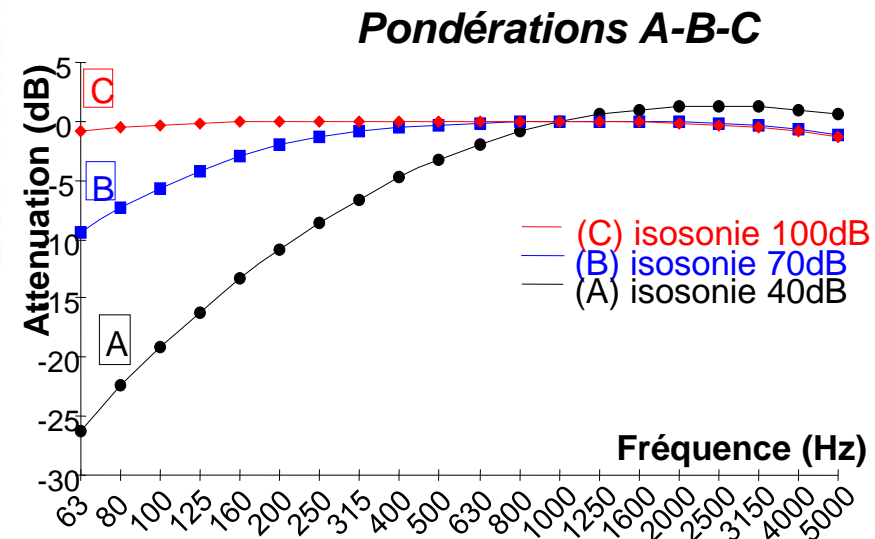
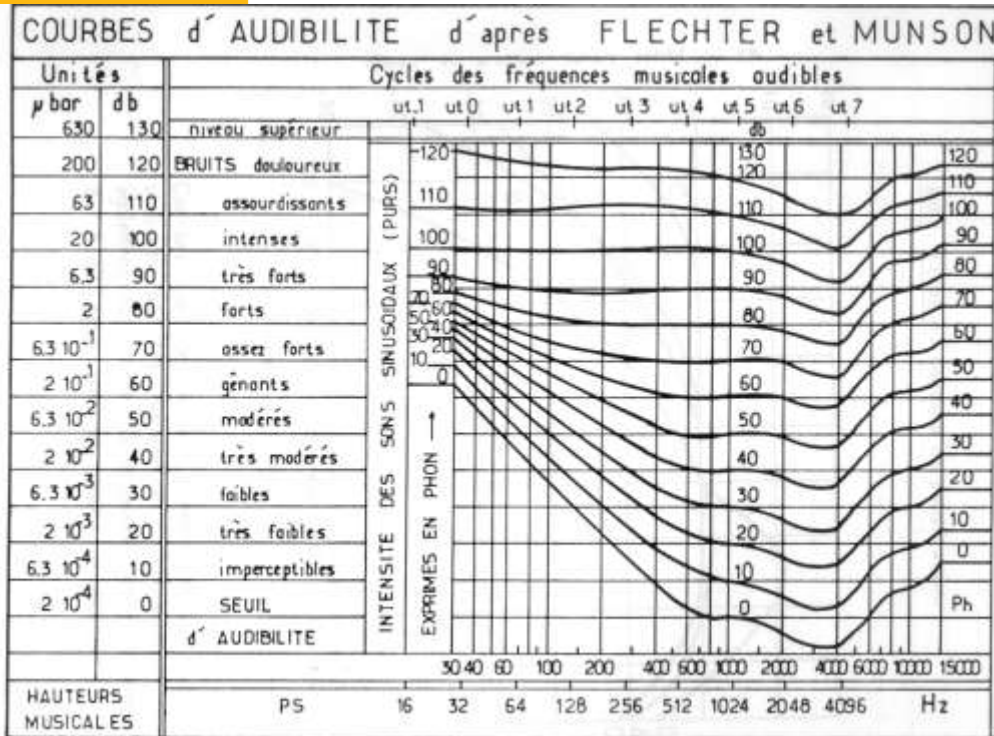
60 + 10 dB

$$L'_p = 10 \log 2 \left(\frac{P^2_{eff}}{P_o^2} \right) = 10 \log \left(\frac{P^2_{eff}}{P_o^2} \right) + 10 \log 2 = L_p + 3$$

$$L'_p = 10 \log 10 \left(\frac{P^2_{eff}}{P_o^2} \right) = 10 \log \left(\frac{P^2_{eff}}{P_o^2} \right) + 10 \log 10 = L_p + 10$$

RAPPELS D'ACOUSTIQUE

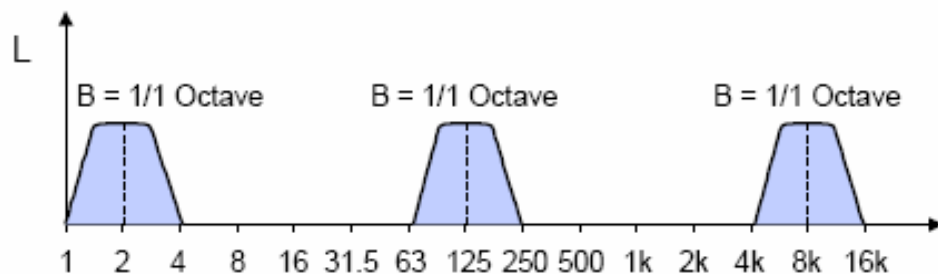
Les courbes de pondération



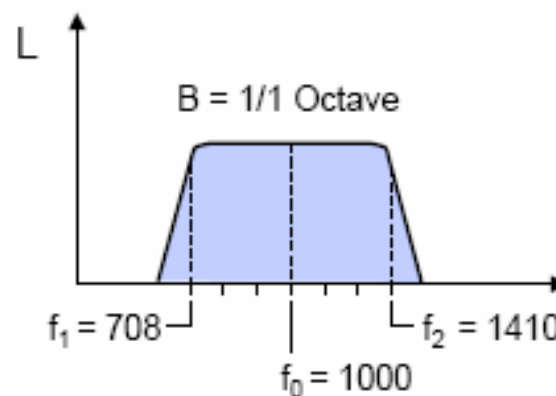


RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Bandes d'octaves



Axe des abscisses logarithmique

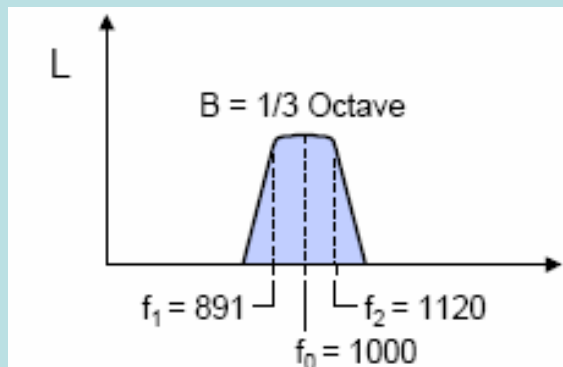


$$f_o = \sqrt{f_1 * f_2}$$

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

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

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



1/3 octave

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

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

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

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



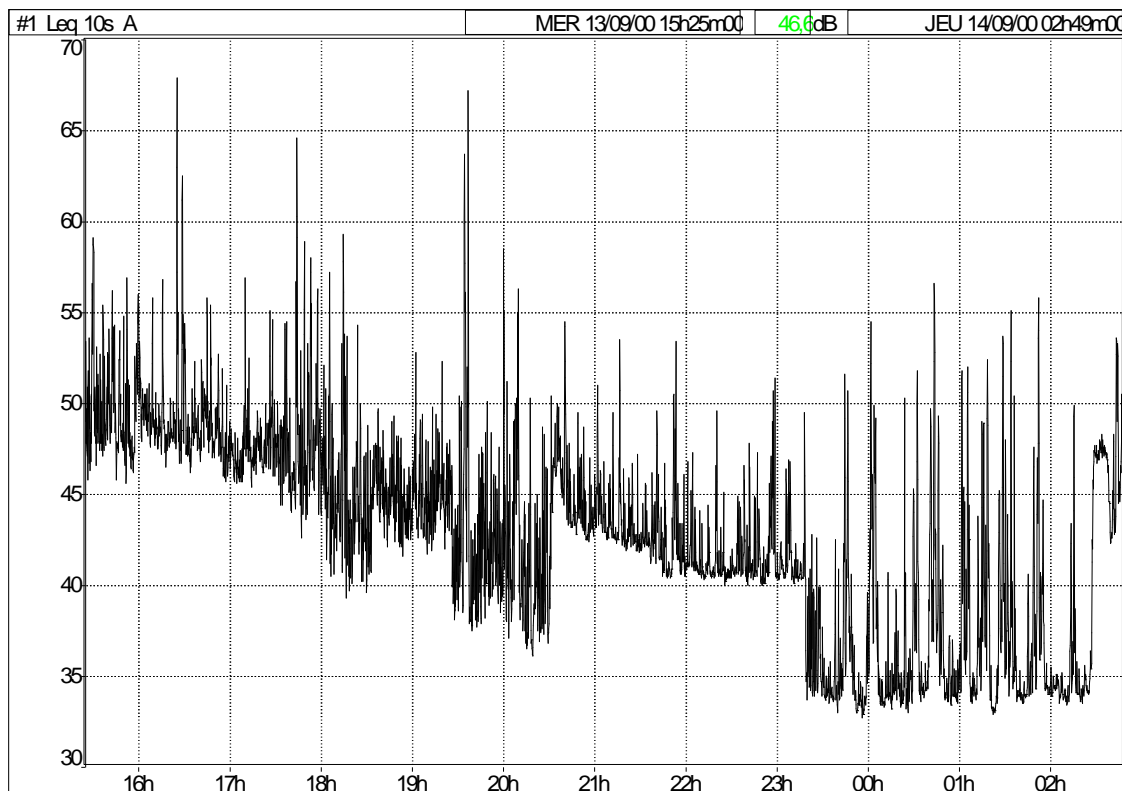
RAPPELS D'ACOUSTIQUE

Niveau équivalent

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.

$$Leq T = 10 \log \frac{1}{T} \sum_i 10^{\frac{L_i}{10}} \times t_i$$

Niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé pendant N% de l'intervalle de temps considéré



Début	13/09/00 15:25:00							
Fin	14/09/00 02:49:09							
Voie	Type	dB	Leq	L99	L90	L50	L10	L1
#1	Leq	A	46,6	33,1	34,1	42,7	48,8	55,8

La réglementation et les normes associées



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement

Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Les zones à émergence réglementée (ZER) concernent :

- l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'arrêté d'autorisation de l'installation et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse);
- les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'arrêté d'autorisation;
- l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont été implantés après la date de l'arrêté d'autorisation dans les zones constructibles définies ci-dessus et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles.

Les zones à émergence réglementée ne concernent pas la limite de propriété du site si cette dernière ne rentre pas dans les critères précédents.



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement

Arrêté du 23 janvier 1997

L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe, pour chacune des périodes de la journée (diurne et nocturne), les niveaux de bruit à ne pas dépasser en limite de propriété de l'établissement. Ces niveaux sont déterminés de manière à assurer le respect des valeurs d'émergence admissibles.

Les valeurs fixées par l'arrêté d'autorisation ne peuvent excéder **70 dB(A)** pour la période de **jour** et **60 dB(A)** pour la période de **nuit**, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement



Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement

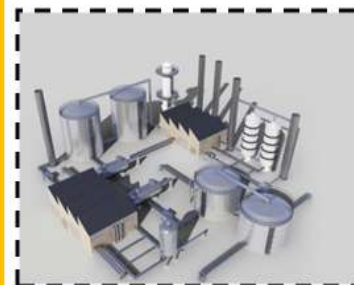


Zones à émergence réglementée (ZER)

Niveau de bruit ambiant existant en ZER (incluant le bruit de l'établissement)	Emergence admissible entre 7h et 22h sauf dimanches et jours fériés	Emergence admissible entre 22h et 7h ainsi que dimanches et jours fériés
> 35 dB(A) et ≤ 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
> 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Emergence = Niveau de bruit ambiant – Niveau de bruit résiduel
Niveau de bruit ambiant : installations industrielles en fonctionnement
Niveau de bruit résiduel : installations industrielles à l'arrêt

Valeurs maximales de niveau de bruit ambiant en limite de propriété



Niveau < 70 dB(A) de jour
Niveau < 60 dB(A) de nuit
(Sauf si le niveau de bruit résiduel dépasse ces valeurs)



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement

Décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage

« Les valeurs limites de l'émergence sont de 5 décibels A en période diurne (de 7 heures à 22 heures) et de 3 dB(A) en période nocturne (de 22 heures à 7 heures), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif en dB(A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier

- 1° Six pour une durée inférieure ou égale à 1 minute, la durée de mesure du niveau de bruit ambiant étant étendue à 10 secondes lorsque la durée cumulée d'apparition du bruit particulier est inférieure à 10 secondes ;
- 2° Cinq pour une durée supérieure à 1 minute et inférieure ou égale à 5 minutes ;
- 3° Quatre pour une durée supérieure à 5 minutes et inférieure ou égale à 20 minutes ;
- 4° Trois pour une durée supérieure à 20 minutes et inférieure ou égale à 2 heures ;
- 5° Deux pour une durée supérieure à 2 heures et inférieure ou égale à 4 heures ;
- 6° Un pour une durée supérieure à 4 heures et inférieure ou égale à 8 heures ;
- 7° Zéro pour une durée supérieure à 8 heures. »



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement

Norme NFS31-01 décembre 1996

DEFINITIONS :

Bruit ambiant : Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches ou éloignées.

Bruit particulier : Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête.

Bruit résiduel : Bruit ambiant, en l'absence du bruit particulier, objet de la requête considérée.

Émergence : Modification temporelle du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement

Norme NFS31-01 décembre 1996

METEOROLOGIE :

Les conditions météorologiques influent de 2 manières

- Par perturbation du mesurage (action sur le micro)
- Par modification de la propagation

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

- Etat météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore.
- Etat météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore.
- Z Effets météorologiques nuls ou négligeables
- + Etat météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore.
- ++ Etat météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore.



REGLEMENTATION & NORMES

Bruit dans l'environnement

Norme NFS31-01 décembre 1996

DUREE DE MESURE : méthode de contrôle

Bruit périodique : l'intervalle doit recouvrir au minimum une période et les mesurages doivent être réalisés de façon continu. Si l'on ne peut effectuer de mesurage continu pendant cette période, on doit choisir un intervalle d'observation couvrant **plusieurs cycles** et, à l'intérieur de celui-ci, des intervalles de mesurage, de façon à ce que chacun représente une partie du cycle et que leur ensemble représente un ou plusieurs cycles complets

Bruit aléatoire : la durée de l'intervalle d'observation doit être telle que l'on puisse choisir à l'intérieur de celle-ci, les intervalles de mesurage, de façon à obtenir suffisamment d'échantillons indépendants donnant une estimation significative de la situation considérée

Bruit de courte durée : la durée de l'intervalle d'observation doit être telle que l'on puisse effectuer des mesurage, sur un nombre suffisant de phase d'émission, de façon à obtenir une valeur moyenne représentative.

méthode d'expertise

Cas n°1	Cas n°2
Bruit très stable et bruit intermittent stable (ventilateur) durée de mesurage \geq 1min	Bruit périodique (presses, cabines de peinture...) Mesurage sur la durée d'apparition du signal 1)
Cas n°3	Cas n°4
Evénements isolés ou séparables différents des cas 1 et 2 (feux d'artifice, ball-trap, ferrailleurs, circuits...) Mesurage sur la durée d'apparition du signal pour chacun des événements	Bruit fluctuant dont la durée d'apparition est continue ou quasi continue et > 1 heure (discothèques/quinzaines commerciales...) Durée minimale de mesurage : 1h

La durée cumulée des intervalles de mesurage ne doit pas, en principe, être inférieure à 30min



REGLEMENTATION & NORMES

Qualification des sources sonores

NF EN ISO	Classe	Zone de mesurage
3744 Proche champ libre sur plan réfléchissant	2	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
9614-1 intensité acoustique Site quelconque	1,2,3	Près de la source
9614-2 intensité acoustique Site quelconque	2,3	Près de la source



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

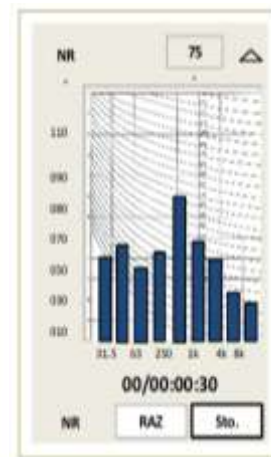
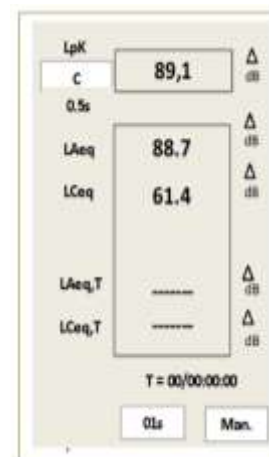
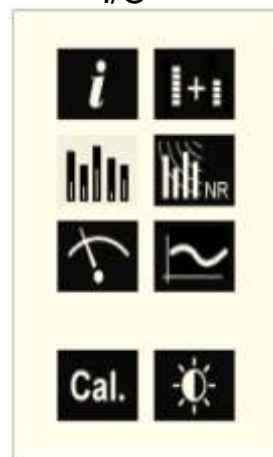
Applications

- Environnement
- Industrie
- Bâtiment



Caractéristiques

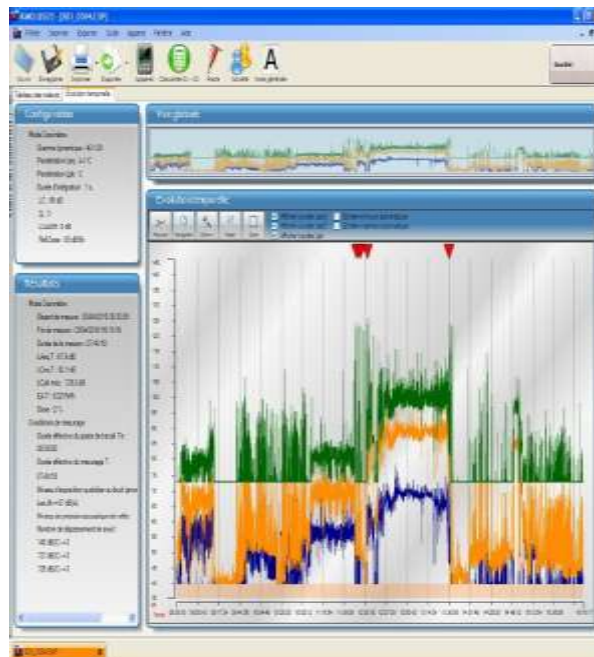
- Classe 1
- Durée d'intégration du $L_{X,eq}$ de 1/16s à 60s
- Utilisation simple
- Autonomie de 24 heures bloc batterie rechargeable – fonctionne également avec 3 piles alcalines
- Interface mini USB pour transfert de données
- Mémoire avec analyse fréquentielle par bandes d'octave Leq 1s : 135 j – 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.



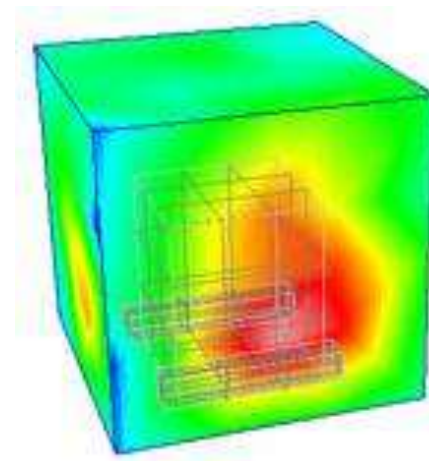
LES APPAREILS DE MESURE

Sonde intensimétrique

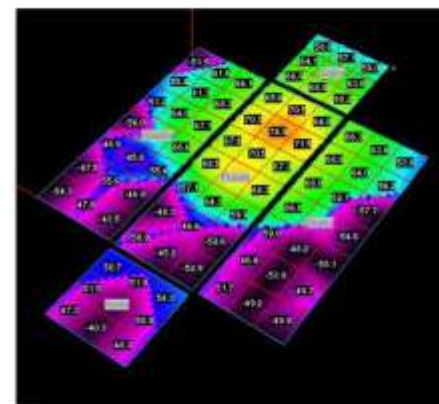
L'intensité acoustique est le produit moyenné au cours du temps de la **pression** et de la **vitesse particulaire**.

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

Sonde d'intensité



Système d'acquisition Multivoies

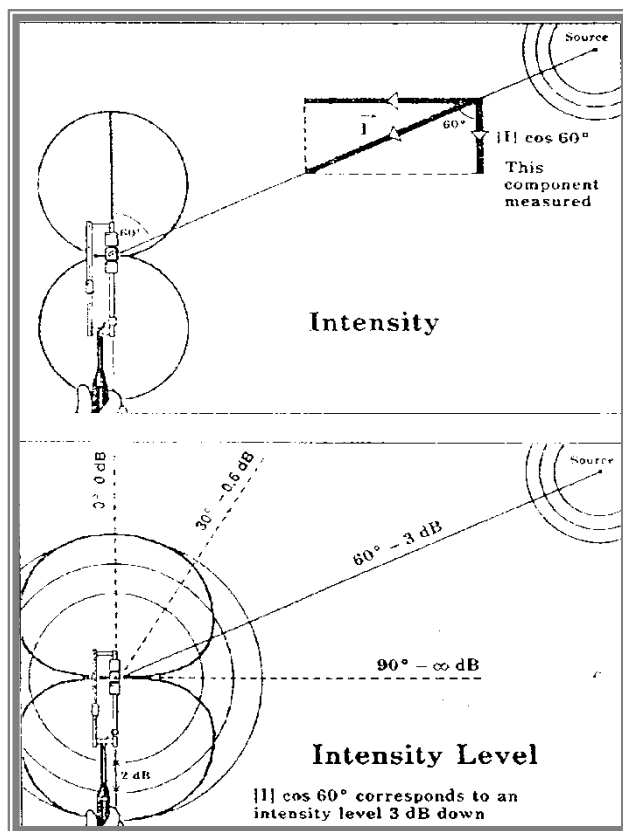




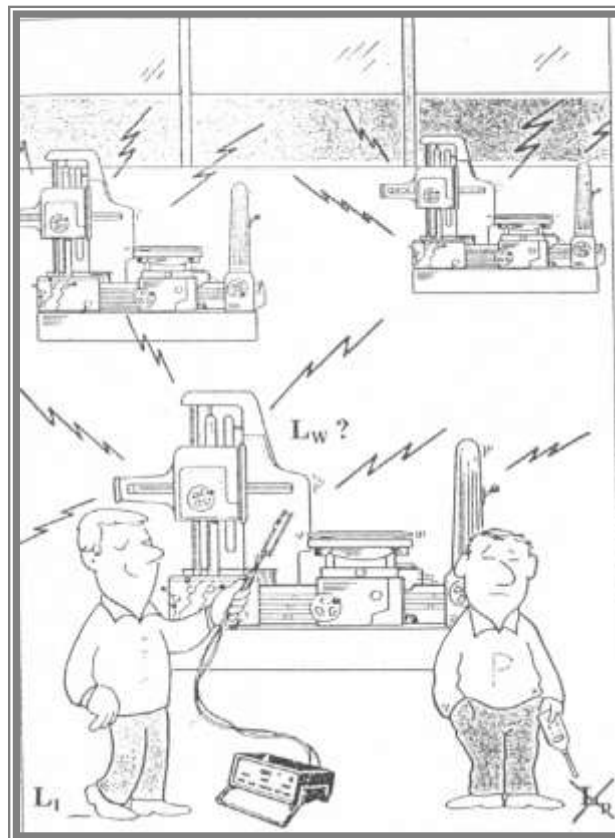
LES APPAREILS DE MESURE

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

En champ libre

SOURCE PONCTUELLE

BATIMENT

Niveau de puissance

Réflexion de façade

Diffraction

ECRAN

Sur
chaque
chemin

Divergence géométrique

Absorption de l'air

Effet de sol

Effet météorologique

Réflexion sur le sol

RECEPTEUR

Diffraction latérale



PROPAGATION

En champ libre ISO 9613-2

$$L_p = L_w + D_c - A_{div} - A_{atm} - A_{sol} - A_{écran} - A_{divers}$$

avec D_c : Directivité de la source

A_{div} : Atténuation divergence géométrique

A_{atm} : Atténuation absorption atmosphérique

A_{sol} : Atténuation effet de sol

$A_{écran}$: Atténuation diffraction écran

A_{divers} : Atténuation (végétation, sites industriels, habitation)

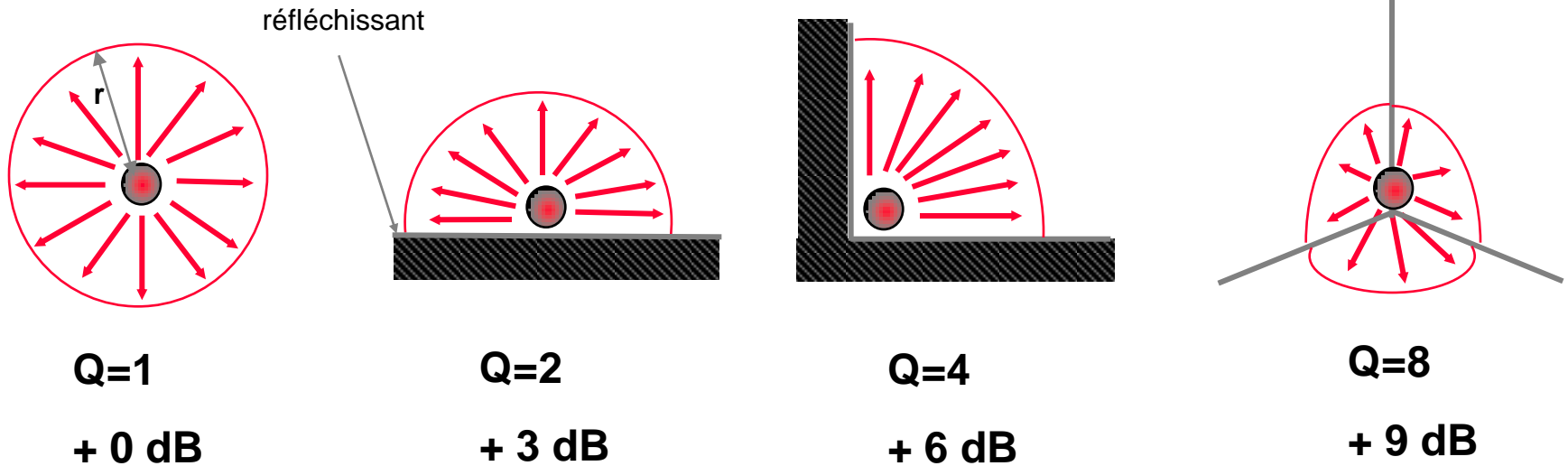
PROPAGATION

Divergence géométrique source ponctuelle

$$p_{\text{eff}}^2 = \frac{W \cdot \rho_0 \cdot c}{4 \pi \cdot r^2} \times Q$$

$$L_p = L_w - 10 \log (4 \pi r^2) + 10 \log Q$$

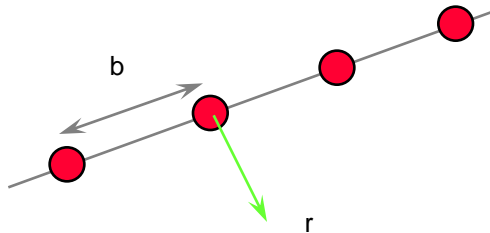
$$L_p = L_w - 20 \log(r) - 11 + 10 \log Q$$



PROPAGATION

Divergence géométrique

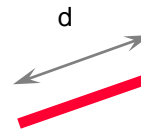
Ligne infinie de points source



$$r < b/\pi \quad L_p = L_w - 20 \cdot \log r - 11$$

$$r > b/\pi \quad L_p = L_w - 10 \cdot \log r - 10 \cdot \log(4b)$$

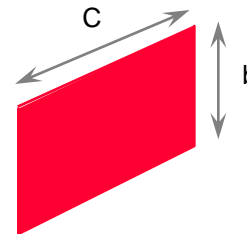
Ligne source finie



$$r < d/\pi \quad L_p = L_w - 10 \cdot \log r - 10 \cdot \log(4d)$$

$$r > d/\pi \quad L_p = L_w - 20 \cdot \log r - 11$$

Surface source finie



$$r < b/\pi \quad L_p = L_w + 10 \cdot \log(\pi/4bc)$$

$$b/\pi < r < c/\pi \quad L_p = L_w - 10 \cdot \log r - 10 \cdot \log(4c)$$

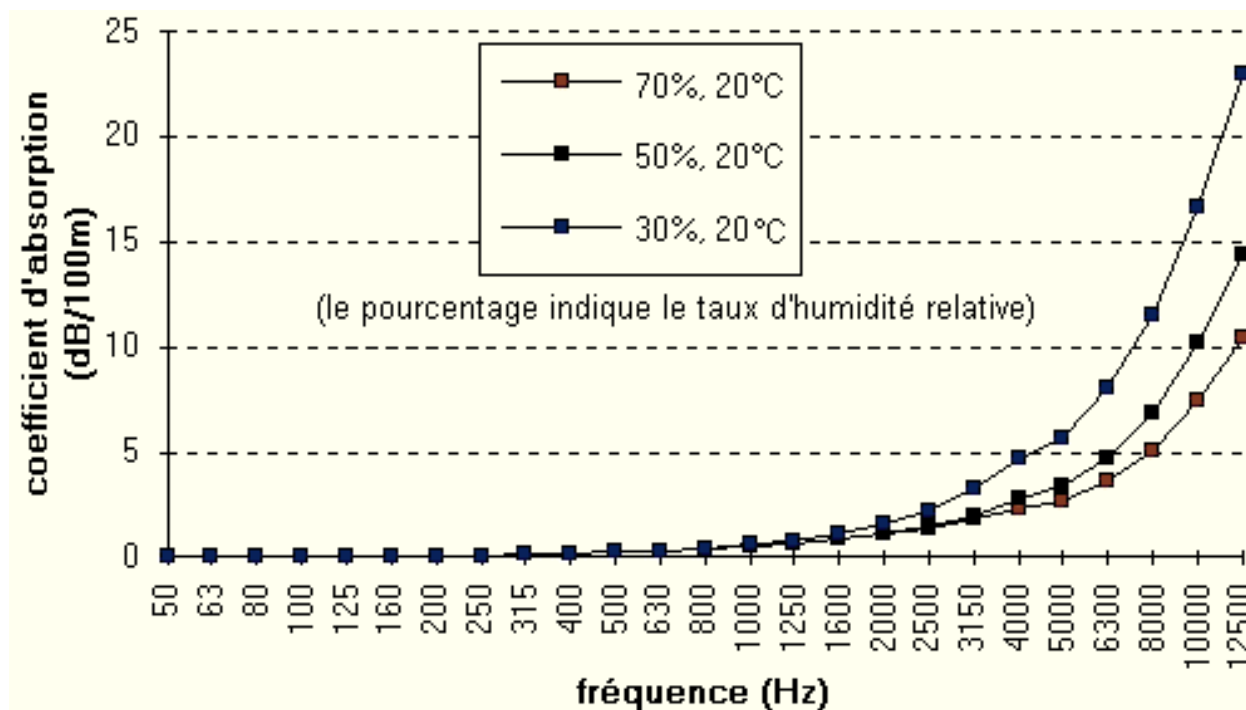
$$r > c/\pi \quad L_p = L_w - 20 \cdot \log r - 11$$

A partir d'une certaine distance, quel que soit le type de source, la source peut être considérée comme ponctuelle



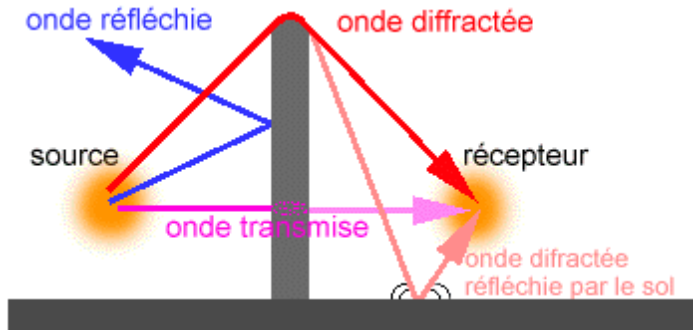
PROPAGATION

Absorption du son par l'air



PROPAGATION

Diffraction



$$A_{\text{écran}} = \Delta_{\text{dif}} - A_{\text{sol}}$$

l'effet de sol et l'effet de diffraction ne se cumulent pas

$$\delta = \left[(d_{SS} + d_{SR})^2 + a^2 \right]^{\frac{1}{2}} - d \quad (\text{différence de marche})$$

ou d_{SS} est la distance entre la source et la première arête de diffraction

d_{SR} est la distance entre la seconde arête de diffraction et le récepteur

a est la composante de la distance parallèle à l'arête de l'écran entre la source et le récepteur

d est la distance entre la source et le récepteur sans écran

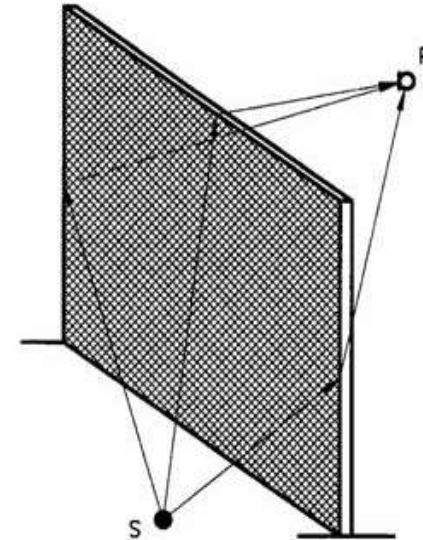
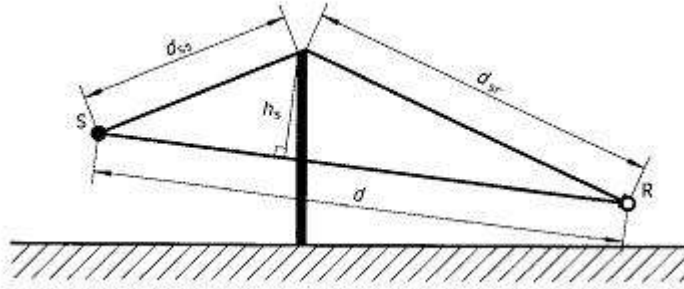


Figure 5 — Différents trajets de propagation sonore au niveau d'un écran

PROPAGATION

Diffraction



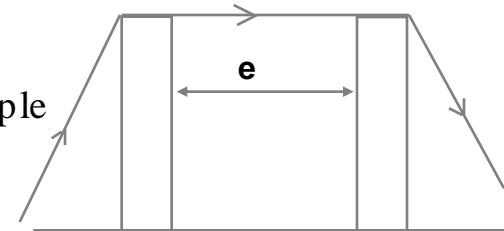
$$\Delta_{dif} = 10 \log \left(3 + \left(\frac{20}{\lambda} c'' \delta K_w \right) \right)$$

λ = longueur d'onde

δ = différence de marche entre le trajet diffracté
et le trajet direct

$c'' = 1$ diffraction simple

$$c'' = \frac{1 + \left(\frac{5\lambda}{e} \right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e} \right)^2} \text{ diffraction multiple}$$



e = distance entre les diffractions

$$K_w = \exp \left[- \left(\frac{1}{2000} \sqrt{\frac{d_{ss} \times d_{sr} \times d}{2\delta}} \right) \right]$$

facteur de correction météorologique

si $\delta \leq 0$ $K_w = 1$

si $d < 100\text{m}$ $K_w = 1$

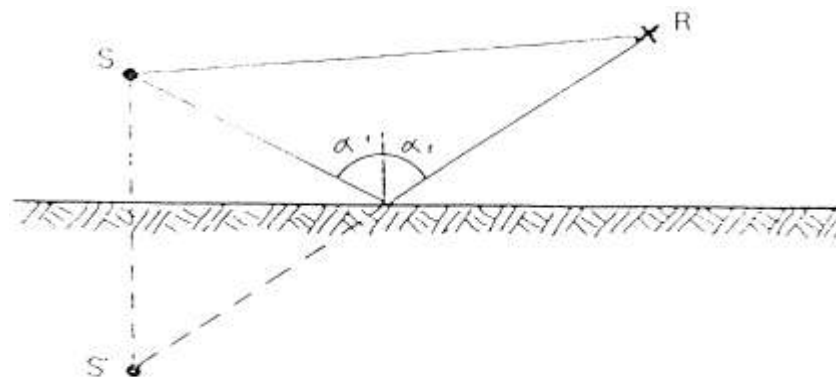
ISO 9613-2



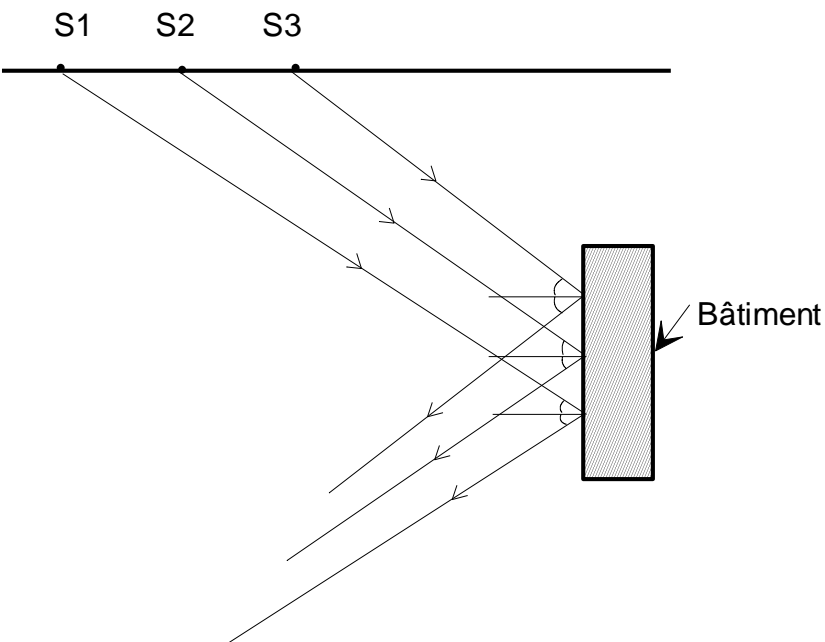
PROPAGATION

Réflexion

SOL



OBSTACLE



+3dBA à 2m

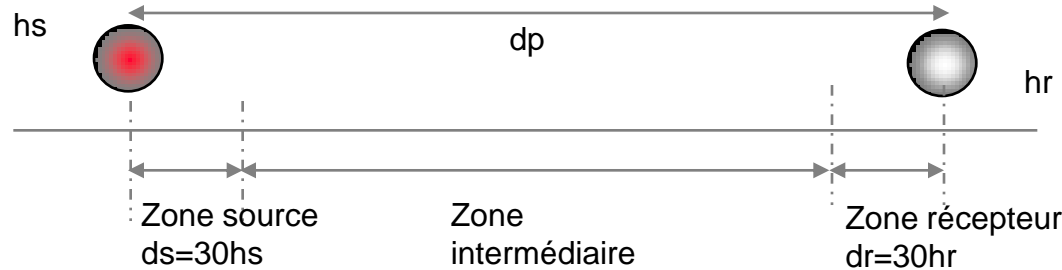
$$W \text{ réfléchi} = W \text{ incidente} (1 - \alpha)$$

Exemple d'absorption (obstacles)
Fréquences centrales des octaves (Hz)

	125	250	500	1000	2000	4000
Totalement absorbant 1	1	1	1	1	1	1
Très absorbant	0.3	0.3	0.6	0.7	0.6	0.6
Semi absorbant	0.2	0.2	0.4	0.5	0.4	0.2
Réfléchissant 0	0	0	0	0	0	0

PROPAGATION

Effet de sol ISO 9613-2

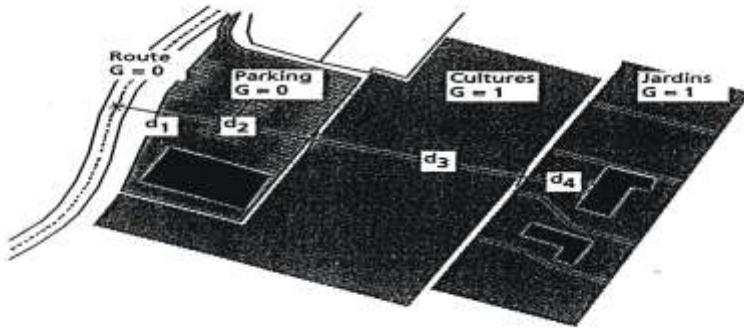


$$A_{\text{sol}} = A_S + A_M + A_R$$

$$G = (G_1 d_1 + G_2 d_2 + G_3 d_3 \dots) / d$$

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \dots$$

G = caractéristique moyenne du sol



$G=0$: Sol dur (route, eau, glace, béton)

$G=1$: Sol poreux (sol recouvert d'herbe, arbres et autre végétation)

Fréquence centrale de l'octave (en Hz)	A_S ou A_R (en dB)	A_M (en dB)
63	-1.5	-3q
125	$-1.5 + G a'(z)$	$-3q(1-G)$
250	$-1.5 + G b'(z)$	$-3q(1-G)$
500	$-1.5 + G c'(z)$	$-3q(1-G)$
1000	$-1.5 + G d'(z)$	$-3q(1-G)$
2000	$-1.5(1-G)$	$-3q(1-G)$
4000	$-1.5(1-G)$	$-3q(1-G)$
8000	$-1.5(1-G)$	$-3q(1-G)$

où

$$a'(z) = 1.5 + 3.0 e^{-0.12(z-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right) + 5.7 e^{-0.09z^2} (1 - e^{-2.810 \cdot 10^{-6} d_p^2})$$

$$b'(z) = 1.5 + 8.6 e^{-0.09z^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$c'(z) = 1.5 + 14.0 e^{-0.46z^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$d'(z) = 1.5 + 5.0 e^{-0.9z^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$q=0$ si $d_p \leq 30(z_s + z_r)$

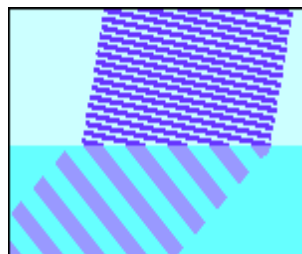
$q=1$ $-30(z_s + z_r)/d_p$ si $d_p > 30(z_s + z_r)$



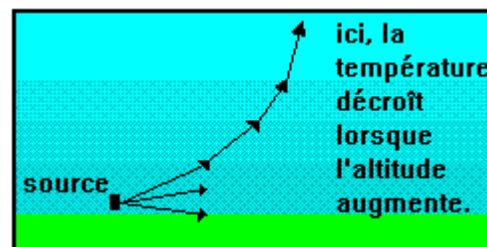
PROPAGATION

Conditions météorologiques

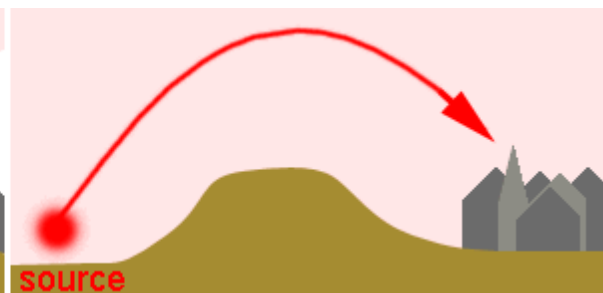
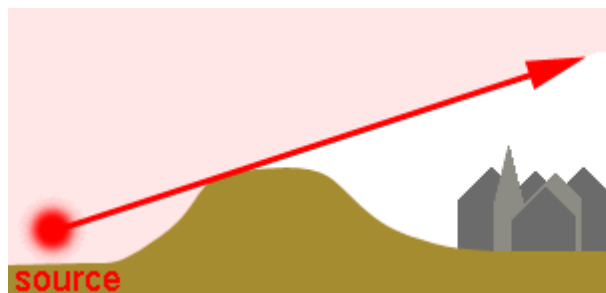
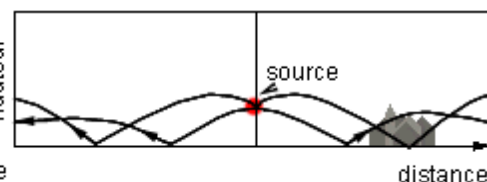
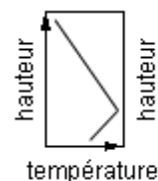
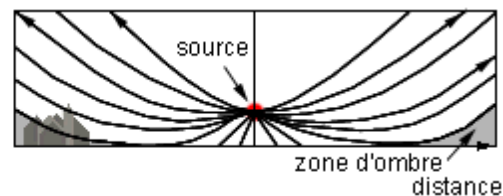
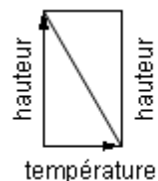
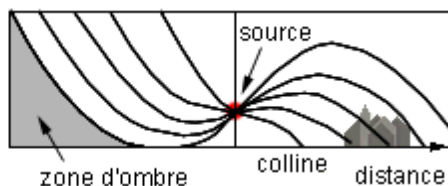
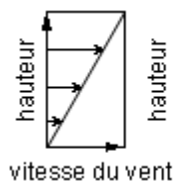
Réfraction



Les rayons se courbent du côté des célérités les plus faibles.



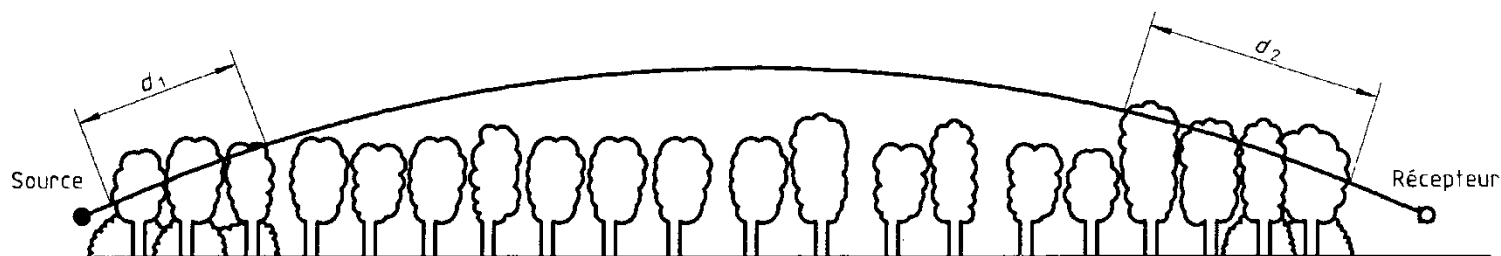
Effet du vent et de la température





PROPAGATION

Végétation ISO 9613-2



NOTE — $d_f = d_1 + d_2$

Pour calculer d_1 et d_2 , on prend un trajet courbe dont le rayon de courbure est supposé de 5 km.

Figure A.1 — Atténuation due à la propagation à travers la végétation augmentant linéairement avec la distance de propagation d_f à travers la végétation

Tableau A.1 — Atténuation par bande d'octave d'un bruit, due à la propagation sur une distance d_f à travers une végétation dense

Distance de propagation, d_f m	Fréquence centrale nominale Hz							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
$10 \leq d_f \leq 20$	Atténuation, dB: 0 0		1	1	1	1	2	3
$20 \leq d_f \leq 200$	Atténuation, dB/m: 0,02 0,03		0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

Objectifs

Les sources primaires

Sources internes au bâtiment

- Les moteurs : rayonnement du corps des moteurs et bruit à l'échappement
- Les ventilateurs : rayonnement de la carcasse du ventilateur et bruit d'aspiration et de refoulement

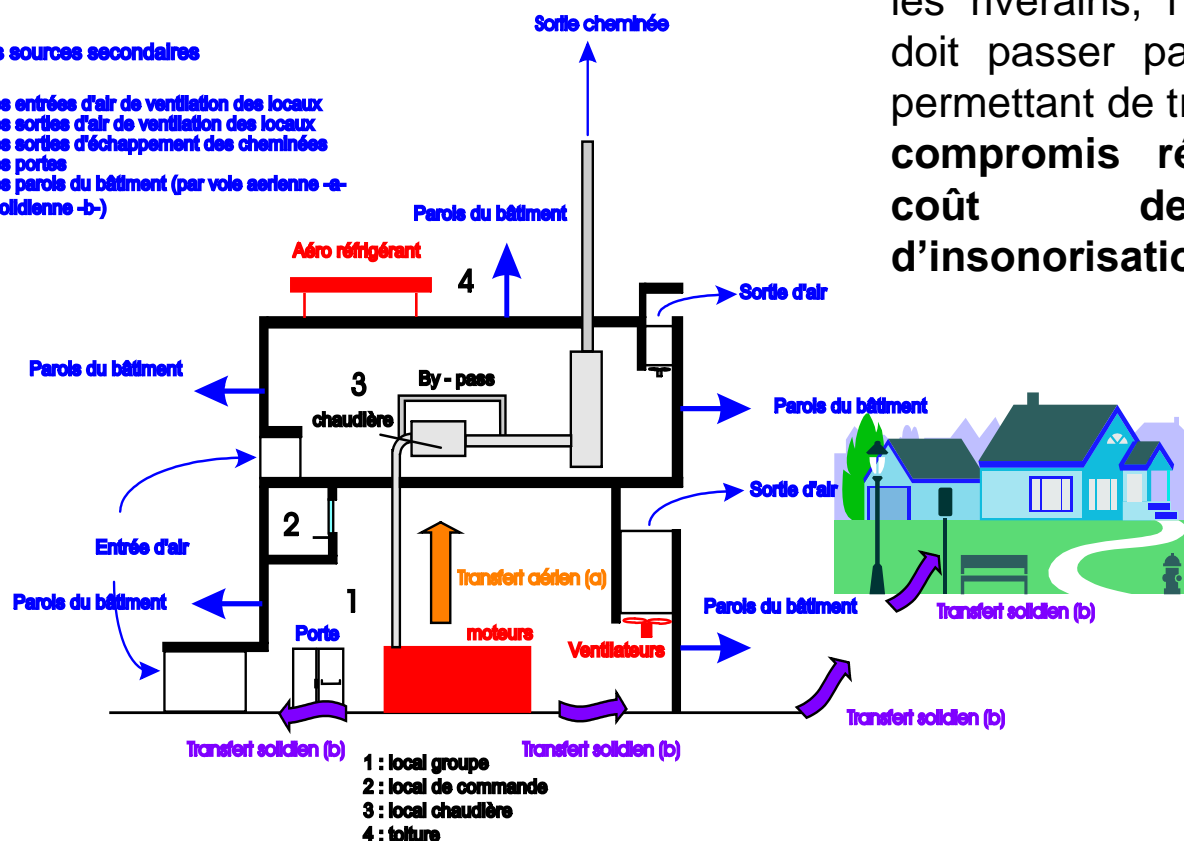
Sources externes au bâtiment

- Les aéro réfrigérants

Les sources secondaires

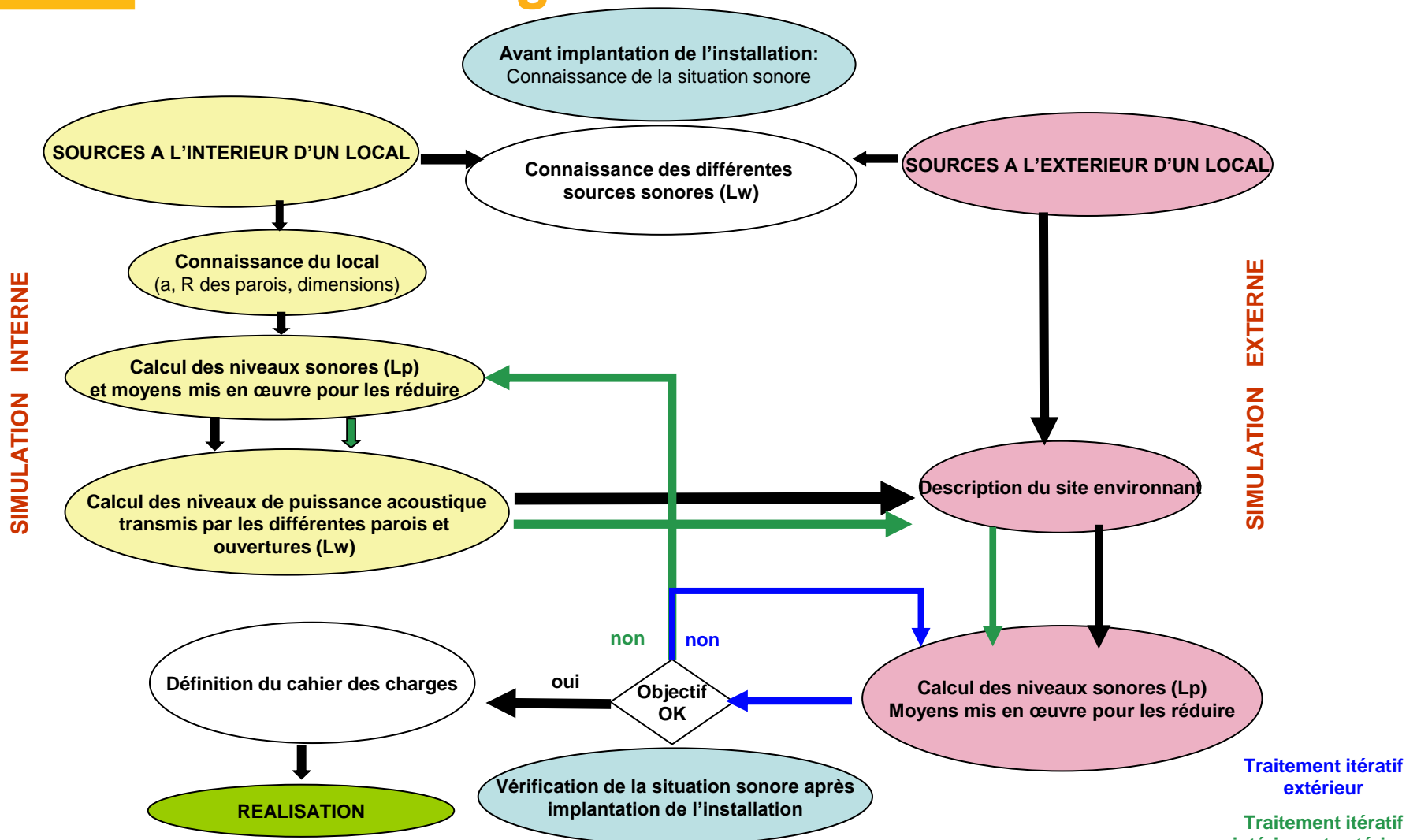
- Les entrées d'air de ventilation des locaux
- Les sorties d'air de ventilation des locaux
- Les sorties d'échappement des cheminées
- Les portes
- Les parois du bâtiment (par voie aérienne -a- et solidienne -b-)

Après constat du dépassement des critères d'émergence chez les riverains, l'étude acoustique doit passer par une simulation permettant de trouver **le meilleur compromis réglementation – coût des travaux d'insonorisation**



ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

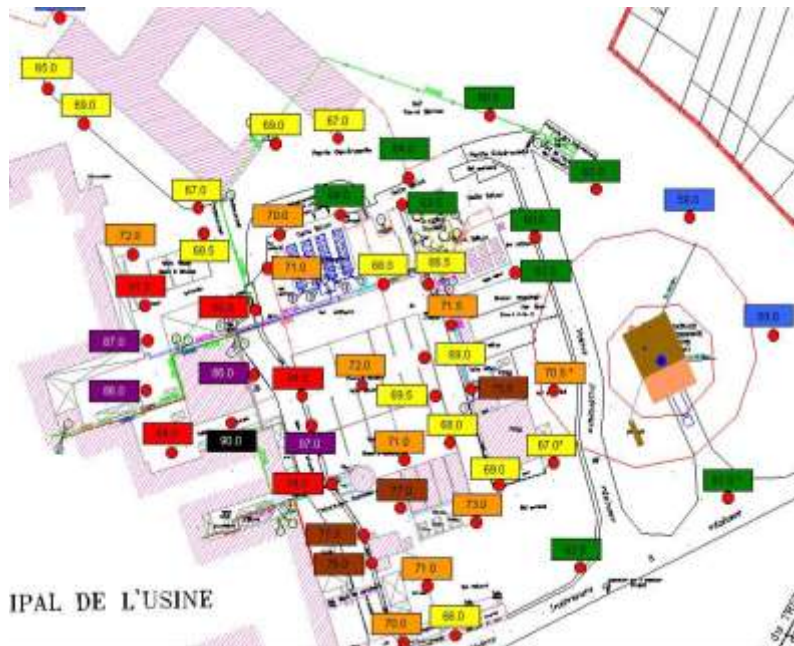
Méthodologie



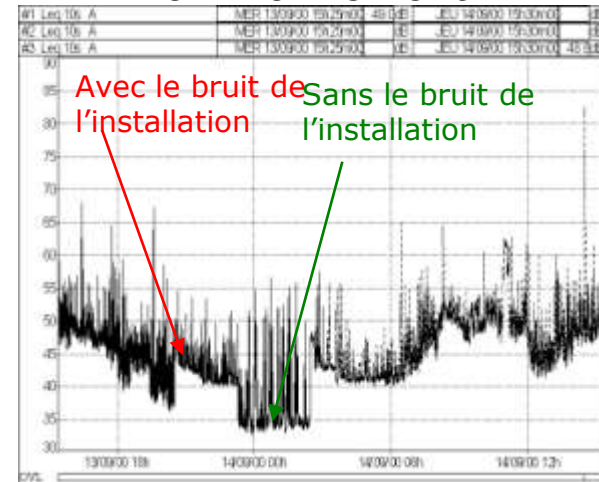
ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

Mesures

Cartes de bruit



Mesure du bruit dans l'environnement



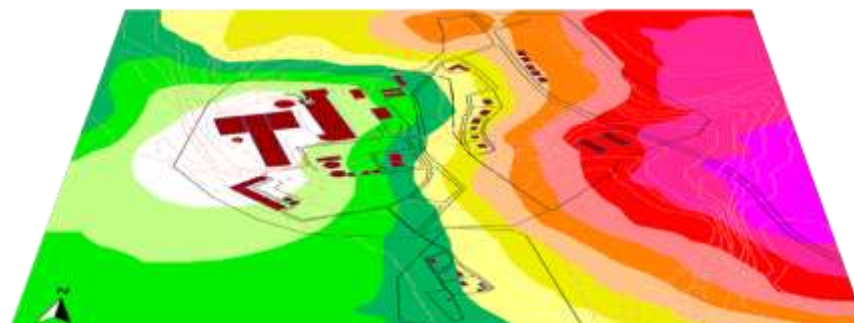
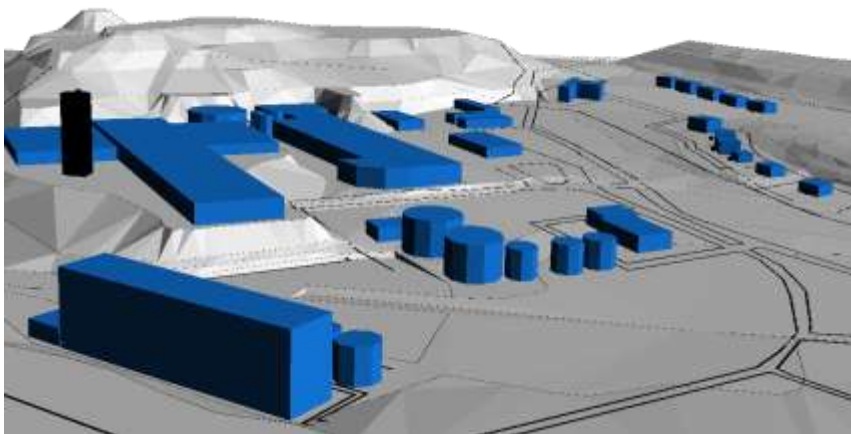


ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

Simulation

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

- divergence géométrique
- absorption par l'air
- effet de sol
- diffraction
- absorption par les surfaces
- conditions météorologiques

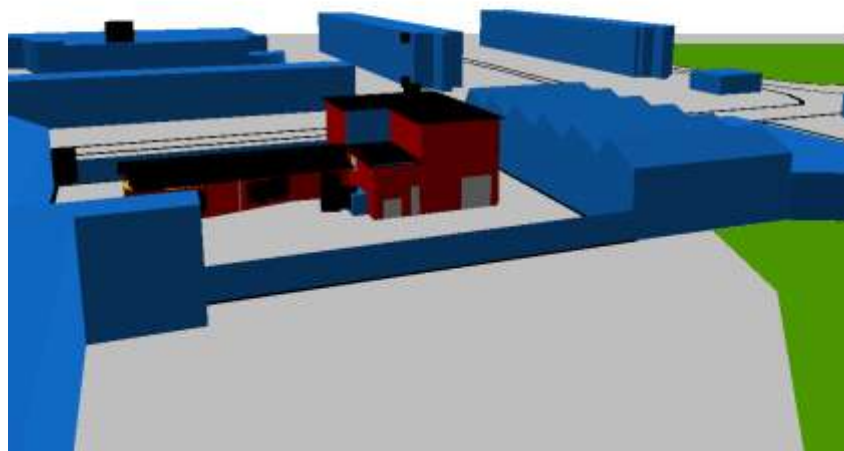




ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

Simulation

Les outils de simulation permettent d'envisager plusieurs alternatives de traitements acoustiques et de calculer les gains associés.



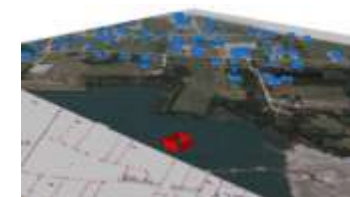
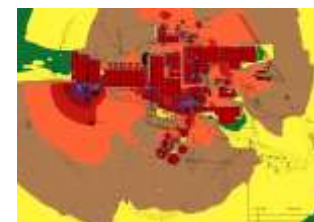
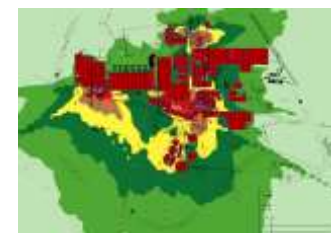
Simulation d'écran acoustique sous IMMI



ETUDE ACOUSTIQUE EXTERIEURE

Le logiciel IMMI

- Modélisation d'un site (relief)
- Modélisation des bâtiments
- Les spectres de bruit
- Les spectres d'isolement
- Les sources de bruit ponctuelles / linéiques / surfaciques
- Les niveaux internes ateliers
- Les points récepteurs
- Calcul des niveaux de bruit aux points récepteurs
- Calcul d'une cartographie acoustiques
- Mise en place de traitements d'insonorisation





LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

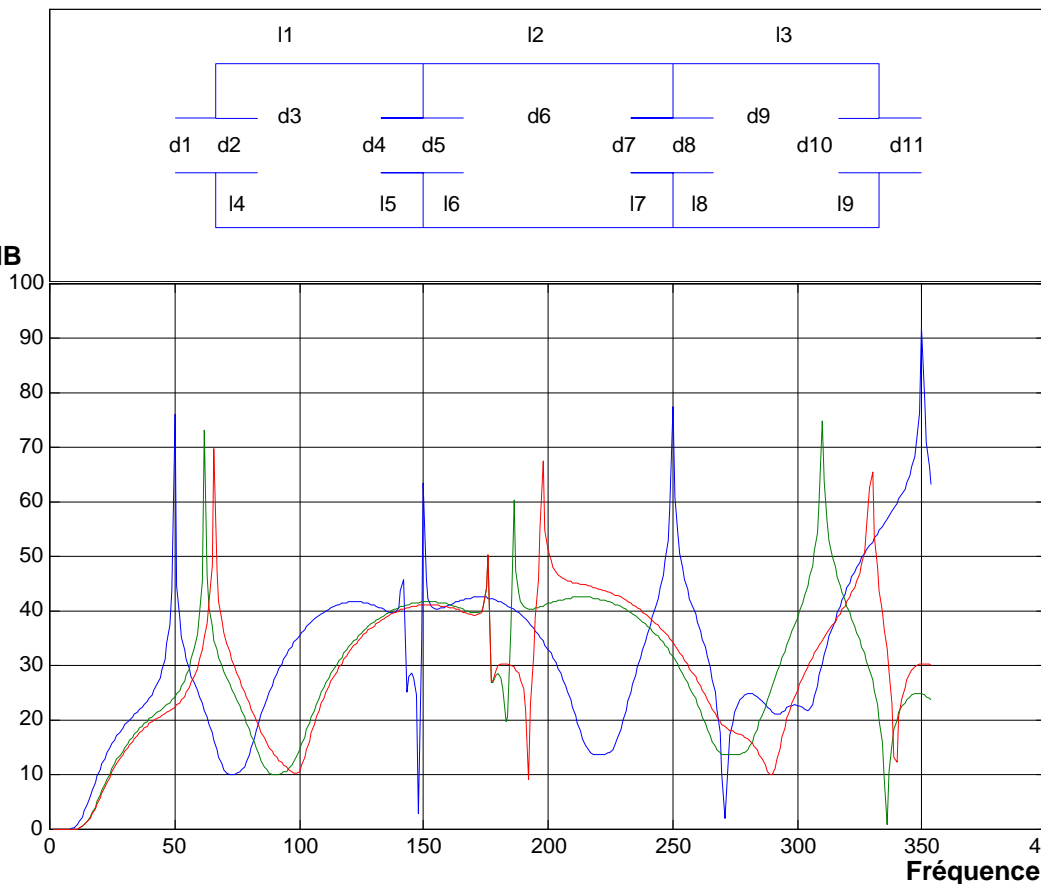


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

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
I1 m	2.3	2.3	2.3
I2 m	1.25	1.25	1.25
I3 m	0.8	0.8	0.8
I4 m	0	0	0
I5 m	1.7	1.7	1.6
I6 m	0.6	0.6	0.6
I7 m	0.2	0.2	0.2
I8 m	0.1	0.1	0.1
I9 m	0.1	0.1	0.1
t (°C)	15	170	170

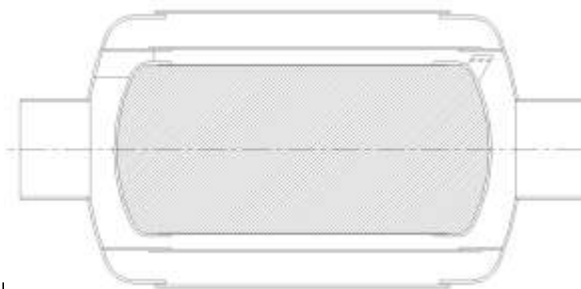
default

Fin

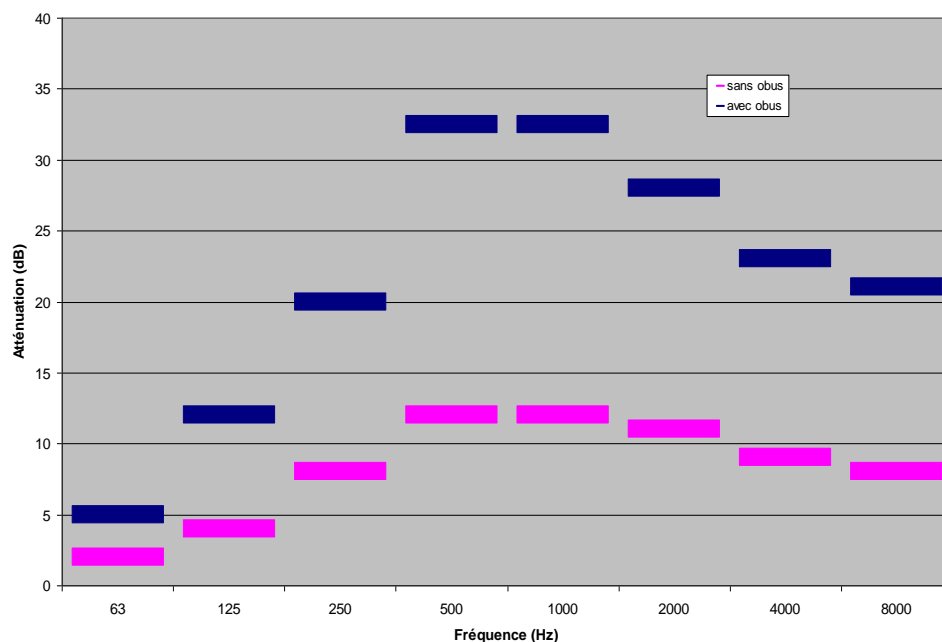


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Silencieux cylindriques



ATTENUATION SONORI



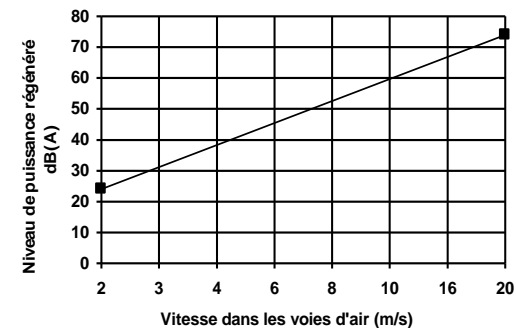
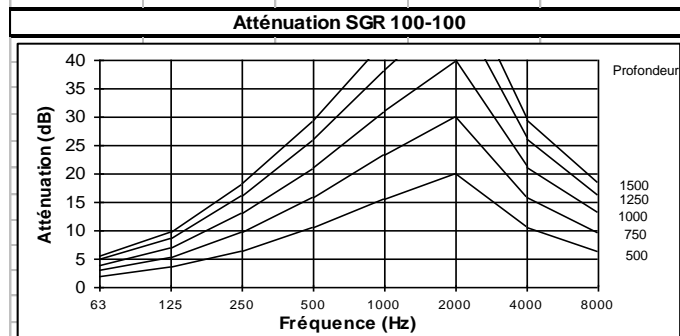
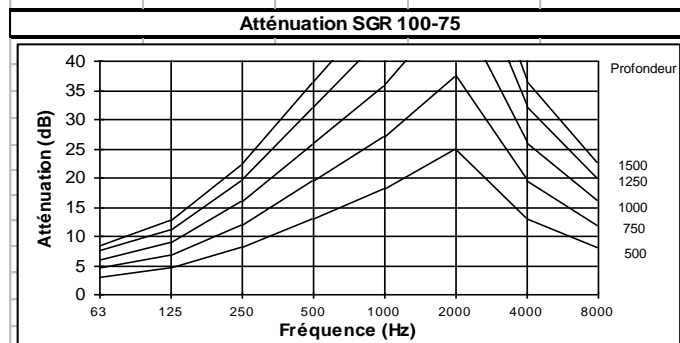
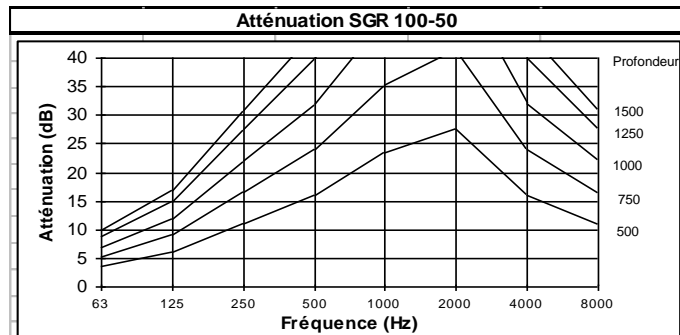
LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Silencieux à baffles parallèles



exemple
SGR 100-50
Baffle de 100mm
Espacement de 50mm

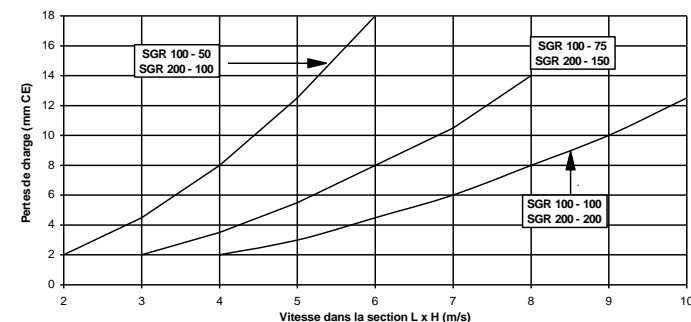
Atténuation



Régénération

Section m ²	C* dB(A)
0.5	-3
2	+3
3	+5
5	+7
10	+10

Perte de charge

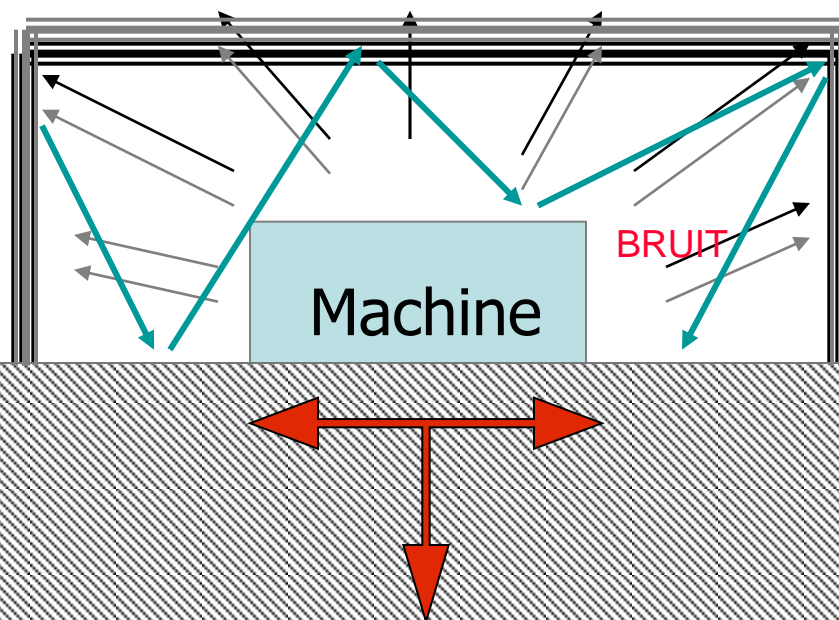




LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Cabines et encoffrements

- Les **cabines** : pour la protection des opérateurs contre le bruit, on distingue les cabines autoporteuses 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

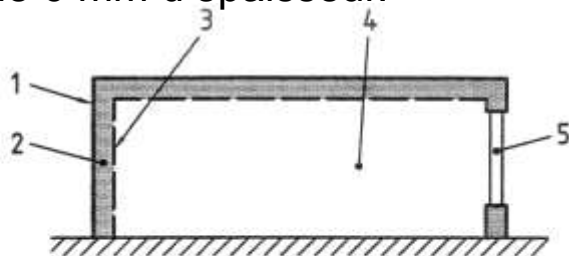


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Encoffrements

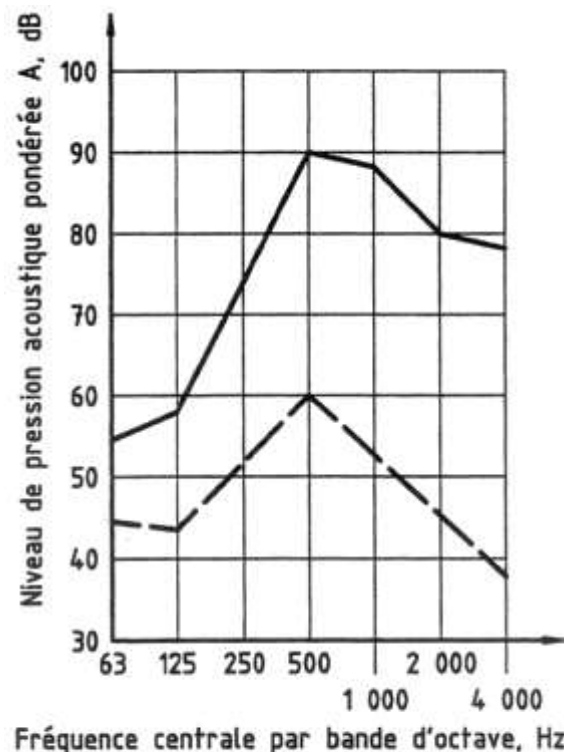
Composition :

- Enveloppe extérieure: tôle d'acier de 1,5mm. (10kg/m² et 15kg/m²).
- 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 encoiffement
- - Avec encoiffement

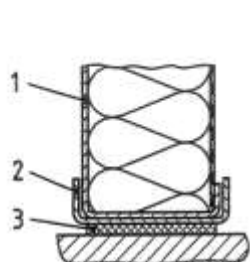


LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

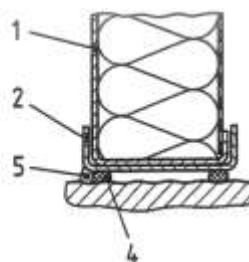
Encoffrements (fuites, montage)

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



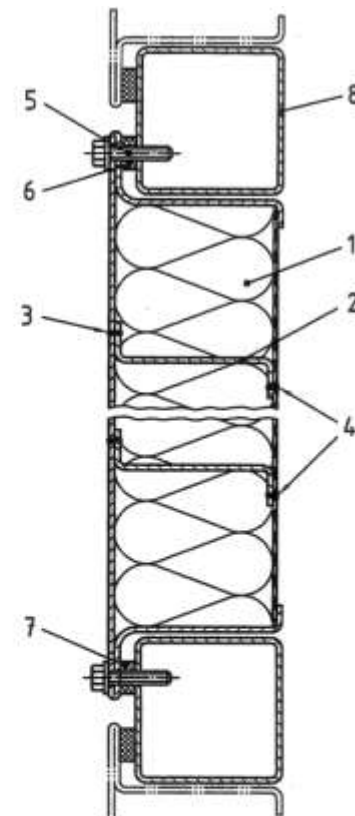
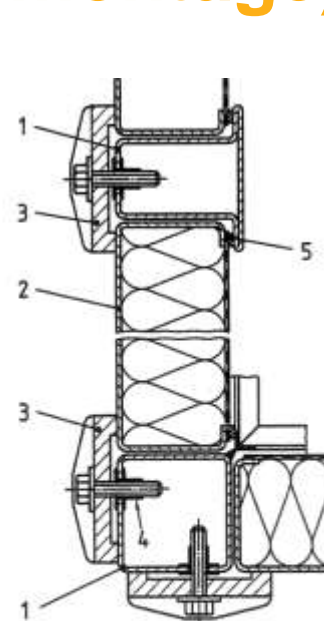
b) Sur un sol rugueux (béton)

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

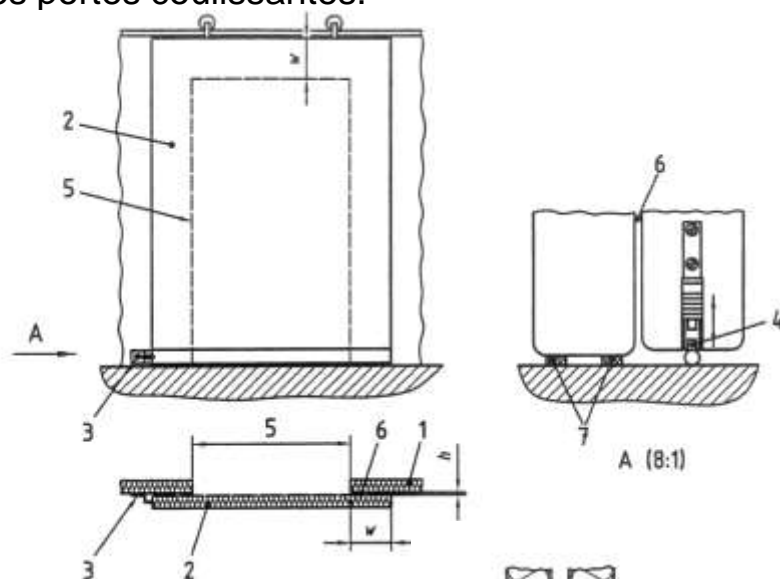
- 1 Élément de paroi de l'encoffrement
- 2 Raidisseur
- 3 Point de soudure sur l'enveloppe externe
- 4 Points de soudure sur le revêtement perforé
- 5 Vis de fixation
- 6 Joint caoutchouc autoadhésif avec trous
- 7 Joint caoutchouc (autre possibilité)
- 8 Structure de l'encoffrement

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

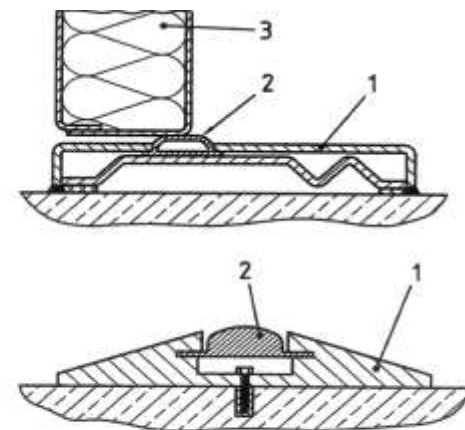
NOTE En général $h = 10 \text{ mm}$.

Légende

- 1 Porte coulissante
- 2 Olets 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:

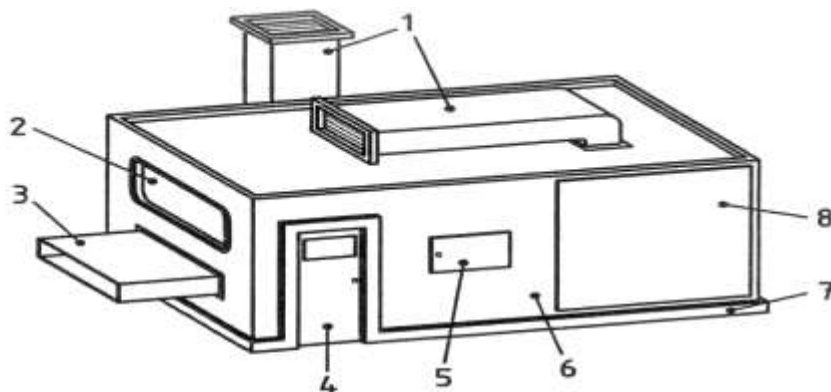


Légende

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

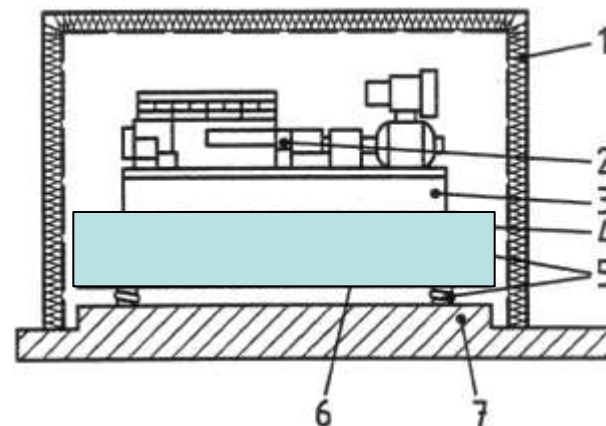
LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

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



LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT

Ecrans



<i>Indice d'affaiblissement R (dB)</i>								
Designation	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
EAI - ep = 105 mm	5	16.0	18.1	26.9	32.5	37.6	40.0	42.0

<i>Coefficient d'absorption α sabine – Absorbant laine minérale</i>								
Désignation	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
EAI - ep = 105 mm	0.16	0.23	0.91	0.9	0.91	0.78	0.76	0.72



Traitement des installations



Capotage en extérieur sur groupe froid



Traitement des installations



Capotage en extérieur sur ventilateur de tirage et groupe électrogène



Traitement des installations



Ecran sur aérothermes de station de compression de gaz



Traitement des installations



Ecran sur 3 groupes froid en milieu hospitalier



Traitement des installations



Ecran sur compresseur gaz



Traitement des installations



Ecran sur aérotherme



Traitement des installations



Sortie d'air sur local groupe électrogène



Traitement des installations



Entrée et sortie d'air sur local turbine à gaz



Traitement des installations



Entrée d'air sur local compresseur



Traitement des installations



Sortie d'air sur local chaudière



Traitement des installations



accès sur local chaudière



Traitement des installations



accès sur local tonnellerie



Traitement des installations



accès sur local turbine à gaz



Traitement des installations



accès camion salle 3000 à Lyon



Traitement des installations



Silencieux échappement sur groupe électrogène



Traitements spécifiques



Silencieux cartouche en cheminé sur turbine



Traitements spécifiques



Silencieux de mise à l'atmosphère de fluide gazeux sous pression



Traitements spécifiques



Silencieux sur cheminée incinérateur



Produits de traitement

