

Le bruit...

Mesurage et Prévention



Laurent LEGAL

Ingénieur conseil

au

**Centre de Mesures et Contrôles
Physiques**

Plan de l'intervention

- 1-Notions de bases
- 2- Réglementation
- 3- Mesurage
- 4- Prévention
 - Milieu tertiaire
 - Milieu industriel
 - Règles d'art de prévention en acoustique

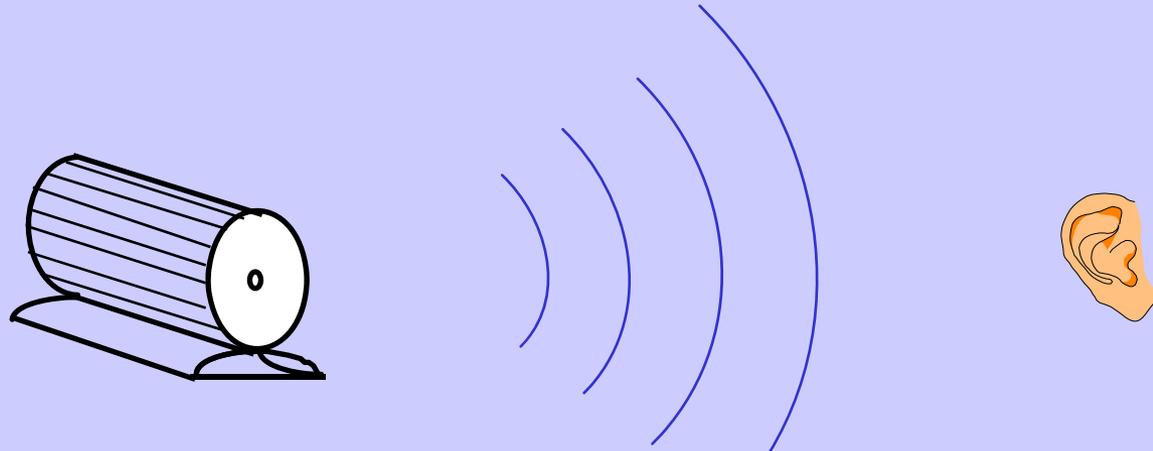


1-Notions de base

Bruit : toute sensation auditive désagréable ou gênante, tout phénomène acoustique produisant cette sensation,

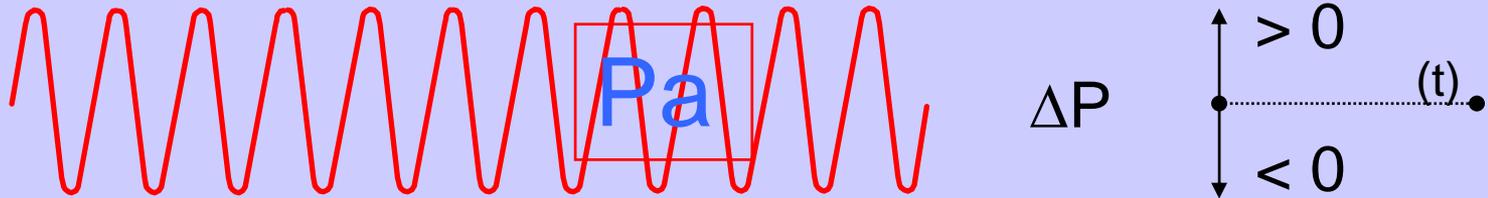
tout son ayant un caractère aléatoire qui n'a pas de composantes définies. (Afnor)

Nature physique du son



Le son, phénomène physique capable d'éveiller la sensation auditive, se propage sous forme d'onde sonore ou acoustique.

Les unités de mesure



Variation de pression sonore



en décibels...

Le décibel de pression sonore

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

$$20 \text{ Pa}$$

20 microPascal

gamme de variation de la
pression sonore audible :

$$10^6 (= 1\,000\,000) \text{ pascals}$$

20 Pascals

compression de gamme en utilisant une échelle logarithmique :

0 dB

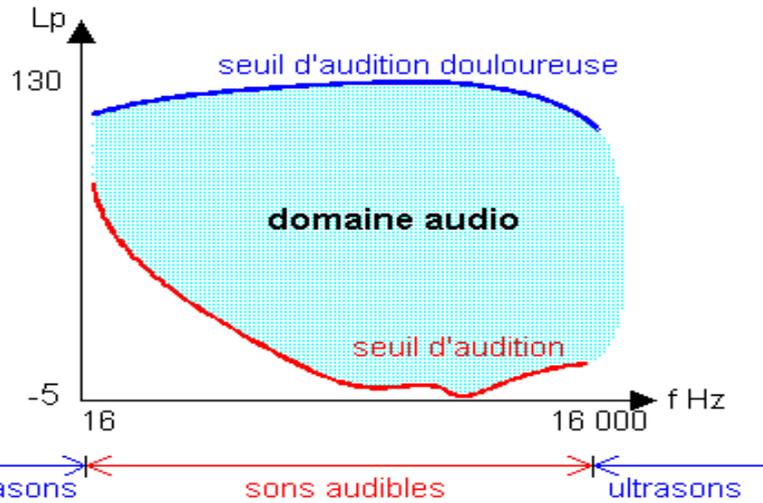
niveau de pression sonore L (level) :

120 dB

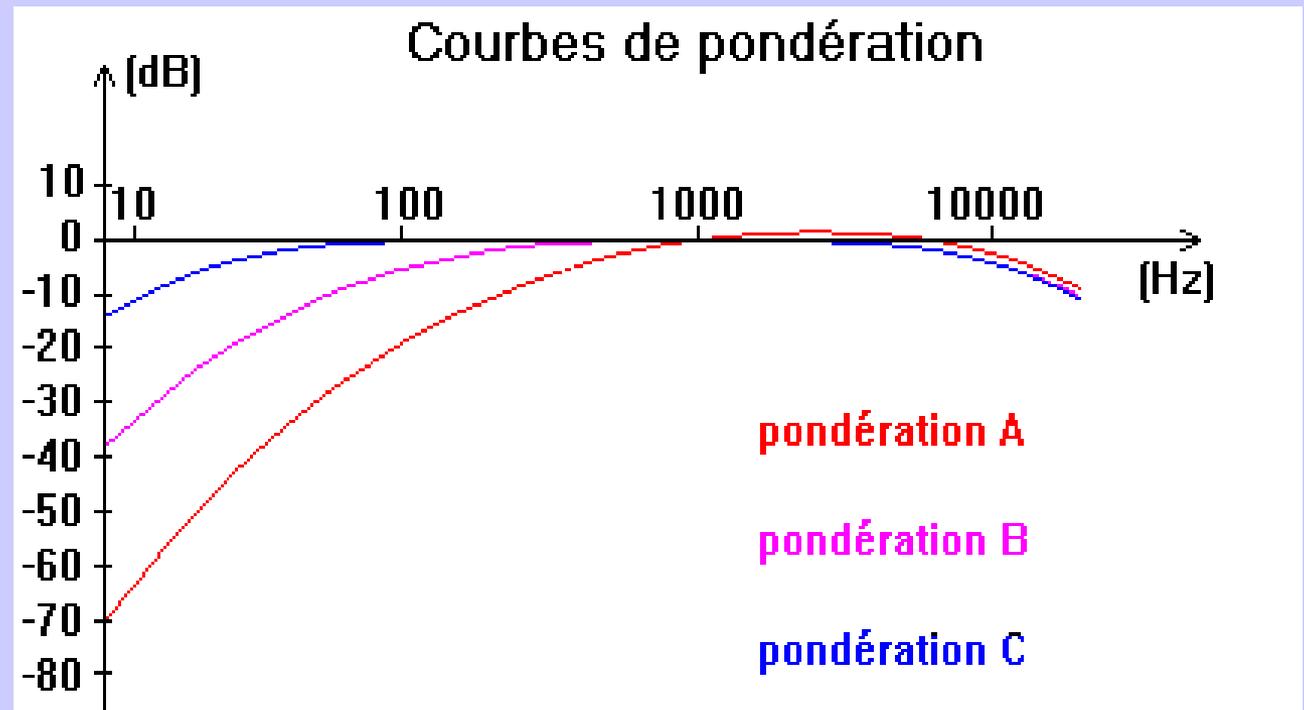
$$L_{\text{dB}} = 10 \log (P_{\text{eff}}/P_0)^2$$

$$L_{\text{dB}} = 20 \log P_{\text{eff}}/P_0$$

du dB ...



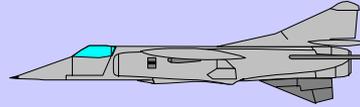
au dB(A)



Niveaux en dB(A)

seuil de la douleur

120

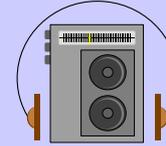


concerts de rock
en plein-air

bruits dangereux

110

100

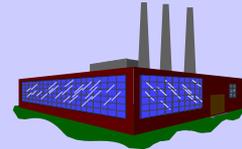


discothèque

bruits nocifs

90

80



h.p de chaîne stéréo

bruits gênants

70

60



circulation importante

appartement normal

seuil d'endormissement

50

40



conversation à voix basse
à 1,50 m

30

20



10

0

seuil d'audibilité



laboratoire d'acoustique

Addition de niveaux sonores identiques



Exposition au bruit

80dB (A) pendant 8 heures

C'est aussi :

86 dB(A)	pendant 2 h
90 dB(A)	45 min
95 dB(A)	15 min
100 dB (A)	5 min
107 dB (A)	1 min
115 dB (A)	28 s



2-Réglementation

La valeur limite d'exposition au bruit

Valeur à ne pas dépasser pour préserver la santé des travailleurs, en particulier l'ouïe. Il en existe deux :

Lex,d : niveau d'exposition sonore quotidienne exprimé en dB(A) pour des bruits stables ou fluctuants.

Lpc : niveau de pression crête exprimé en dB(C) pour une exposition à des bruits impulsionnels.

Les nouvelles valeurs limites réglementaires du Décret de 19 juillet 2006

$$Lex, d_{\text{avec EPI}} = 87 \text{ dB(A)}$$
$$Lpc = 140 \text{ dB(C)}$$

Valeurs limites d'exposition

- Programme technique et organisationnel pour réduire le bruit.
- Limitation d'accès et signalisation.
- Utilisation des EPI
- Surveillance de la santé

$$Lex, d = 85 \text{ dB(A)}$$
$$Lpc = 137 \text{ dB(C)}$$

Valeurs supérieures déclenchant l'action

- Formation / information des opérateurs exposés sur les actions visant à réduire au maximum le bruit,
- Mise à disposition des EPI

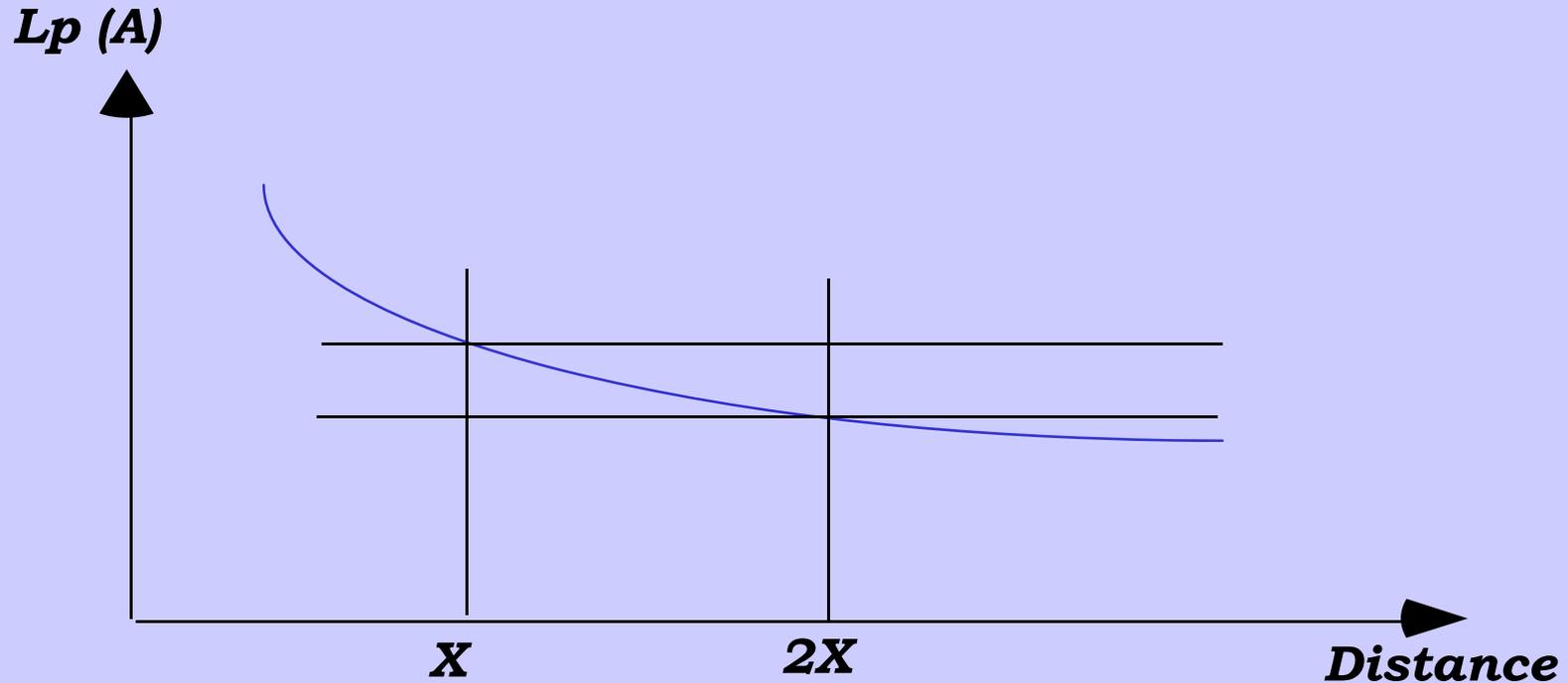
$$Lex, d = 80 \text{ dB(A)}$$
$$Lpc = 135 \text{ dB(C)}$$

Valeurs inférieures déclenchant l'action

- Contrôle de l'ouïe préventif possible sur demande du salarié ou médecin

Arrêté du 30 Août 1990

Correction acoustique



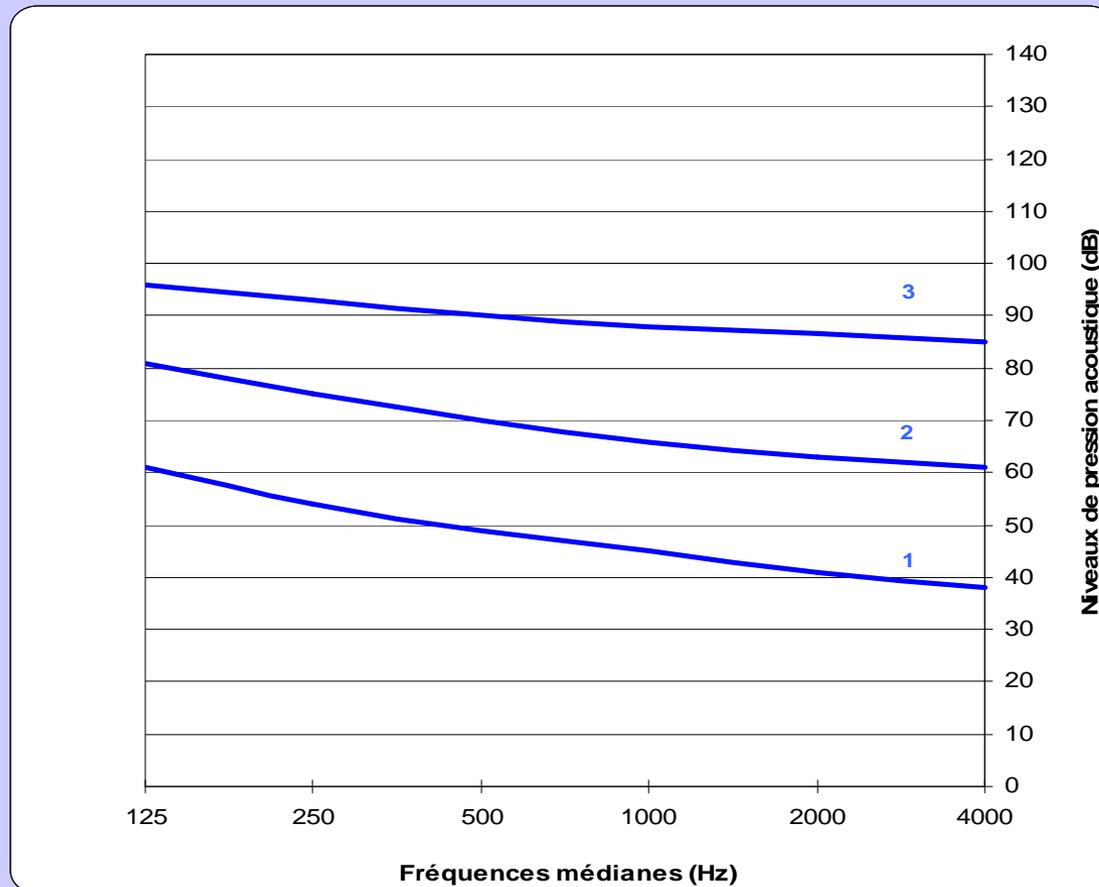
DL = décroissance du niveau sonore en fonction de la distance

Réglementation tertiaire

- Aucune réglementation spécifique au bureau : même réglementation qu'en industrie

Les courbes de Wisner

- Évaluation de l'indice de gêne subjective



Les courbes de Wisner

- **Interprétation générale :**
 - Lorsque le bruit ambiant est situé en dessous de la courbe 1, le travail intellectuel complexe n'est pas gêné de façon appréciable.
 - Lorsque le bruit ambiant est situé entre les courbes 1 et 2, le travail intellectuel complexe est pénible, le travail courant administratif ou commercial n'est pas gêné de façon nette.
 - Lorsque le bruit ambiant se situe entre les courbes 2 et 3, le travail intellectuel est extrêmement pénible, le travail administratif courant est difficile.
 - Au delà de la courbe 3, une exposition prolongée peut conduire à la surdité.

NF X 35-102 (1998)

- Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux
 - définit les principales caractéristiques des locaux de travail à usage de bureaux administratifs ou similaire (exclusion : laboratoire, salle de réunion,...) pour différentes tâches nécessitent l 'emploi d 'équipements (télécopieur, photocopieuse,...)
 - à destination des concepteurs (BE, architecte,...)

NF X 35-102 (1998)

- s 'applique
 - aux locaux neufs, matériels , mobiliers,...
 - aux rénovations et aux changements d 'affectation des espaces
- pour permettre d 'orienter le dimensionnement des locaux et leurs aménagements : choix du matériel, implantation mobilier en fonction des exigences du poste de travail

Ambiance acoustique

- Niveaux acoustique $<55\text{dB(A)}$ dans les bureaux
- Si activité = communication verbale : niveaux sonores (hors communication) $<50\text{dB(A)}$
- Bureau collectif : prévoir des cloisons isolantes modulables

Ambiance acoustique

- Durée de réverbération comprise entre 0,3 et 0,8s
- Isolement entre bureaux $D_{nAT} \geq 40 \text{dB(A)}$
- Bruit des équipements (à 1m) $\leq 40 \text{dB(A)}$
- revêtement de sol limitant les bruits d'impact
- pompes à chaleur placées dans les couloirs et non dans les faux-plafonds

Norme NF S 31-080 (2003)

- Performances acoustique des bureaux et espaces associés
 - établit un référentiel permettant un dialogue technique et un engagement formel des différents intervenants (clients final, MO, prescripteurs tels que architecte, BE, tous corps d'état, promoteur...)
 - aide à la rédaction d'un cahier des charges, à la conception, à la réalisation et la réception des ouvrages

Norme NF S 31-080

- s 'applique aux locaux neufs, aux rénovations et aux changements d 'affectation des espaces
- les espaces traités avec des critères spécifique sont :
 - bureau individuel
 - bureau collectif
 - plateaux à aménager
 - espace ouvert
 - salle de réunion/ formation
 - espace détente
 - restaurant
 - circulation
 - salle des machines et technique

Qualités requises

- 3 niveaux de qualité ont été retenus :
 - Niveau « courant » : exigence de la réglementation et à défaut au niveau quantitatif minimum
 - Niveau « performant » : caractéristique allant au delà de la pratique courante
 - Niveau « très performant » : performances acoustiques maximales
- les exigences de ces trois niveaux diffèrent vis à vis de l'espace traités



Les critères utilisés dans chaque espace traités

- Niveaux sonores global
 - Indice statistique L50
 - indice Lmax
- Isolements aux bruits aériens $D_{nT,A}$
- Isolements aux bruits extérieurs $D_{nT,A,Tr}$



Les critères utilisés dans chaque espace traités

- Courbes NR (noise rating)
- Temps (ou Durée) de réverbération (Tr_{60})
- Décroissance spatiale DL
- Isolements aux bruits d'impacts $L'_{nT,w}$

Exemple : bureaux individuels

Descripteur	Niveau courant	Niveau performant	Niveau très performant
Niveaux sonores global dont :	$L_{50} < 55 \text{dB(A)}$	$35 < L_{50} < 45 \text{dB(A)}$	$30 < L_{50} < 35 \text{dB(A)}$
isolation aux bruits extérieurs	$D_{nT,A,Tr} \geq 30 \text{dB(A)}$	$D_{nT,A,Tr} \geq 30$ et $L_{50} < 35 \text{dB(A)}$	$D_{nT,A,Tr} \geq 30$ et $L_{50} < 30 \text{dB(A)}$
isolation aux bruits des équipements	$< 40 \text{dB(A)}$	$< \text{NR}30$	$< \text{NR}27$ (permanent) $L_{\text{max}} < 35 \text{dB(A)}$ (intermittent)
Réverbération		$T_r < 0,7 \text{s}$	$T_r < 0,6 \text{s}$
Bruits d'impacts	$L'_{nT,w} < 62 \text{dB}$	$L'_{nT,w} < 62 \text{dB}$	$L'_{nT,w} < 58 \text{dB}$
Isolement au bruit aérien interieur	$D_{nTA} = 35 \text{dB}$	$D_{nTA} = 40 \text{dB}$	$D_{nTA} = 45 \text{dB}$

Exemple : espace ouvert

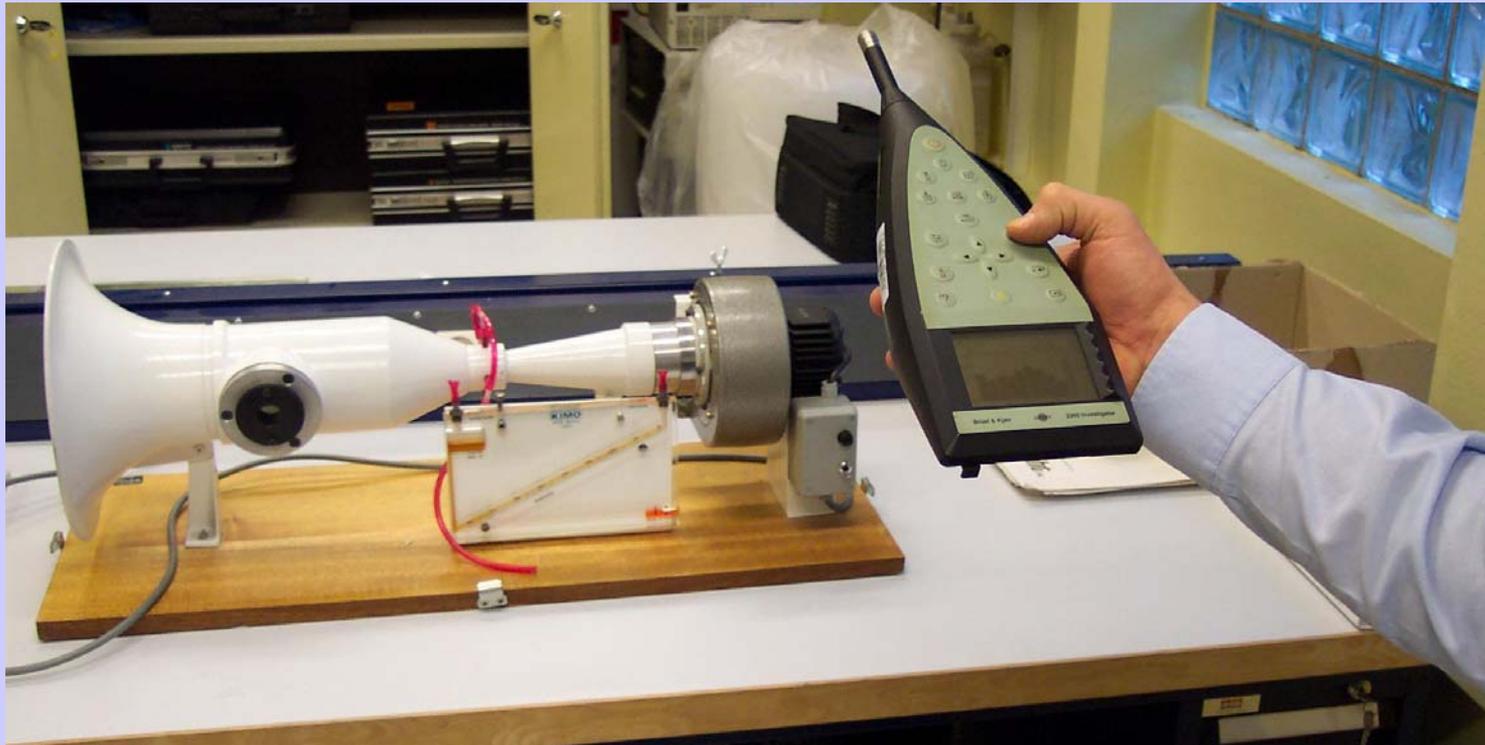
(bureau paysager, open space)

Descripteur	Niveau courant	Niveau performant	Niveau très performant
Niveaux sonores global dont :		40<L50<45dB(A)	40<L50<45dB(A)
isolation aux bruits extérieurs	DnT,A,Tr>=30dB(A) DnT,A,Tr<35dB(A)	DnT,A,Tr>=30 et L50<35dB(A)	DnT,A,Tr>=30 et L50<35dB(A)
isolation aux bruits des équipements		35<NR<40dB	NR30 (permanent) Lmax<35dB(A) (intermittent)
Réverbération			
V<250m3	Tr<0,8s	0,6<Tr<0,8s	T<=0,6s
V>250m3	Non significatif	Non significatif	Non significatif
Bruits d'impacts	L'nT,w<62dB	L'nT,w<62dB	L'nT,w<58dB
Distance minimale de poste à poste / aménagement	3m	3,5m	4m- Étude obligatoire
Décroissance spatiale	3dB/doublement	4dB/doublement	5dB/doublement
Isolement au bruit aérien interieur	DnTA=30dB	DnTA=35dB	DnTA=40dB



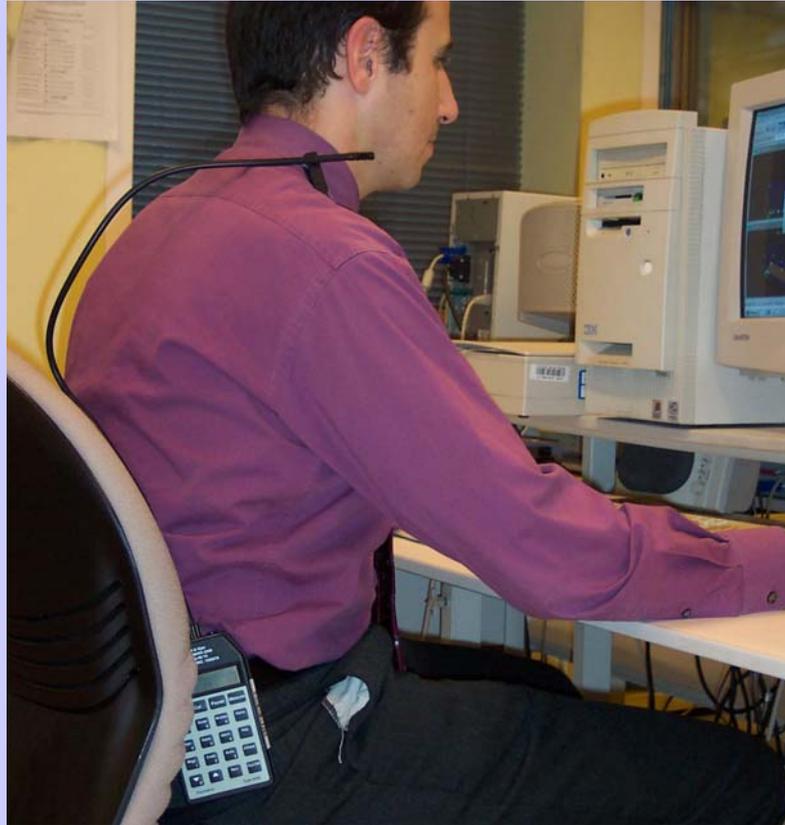
3-Mesurage

Types de mesurage en Entreprise



Exposition in situ

Types de mesurage en Entreprise

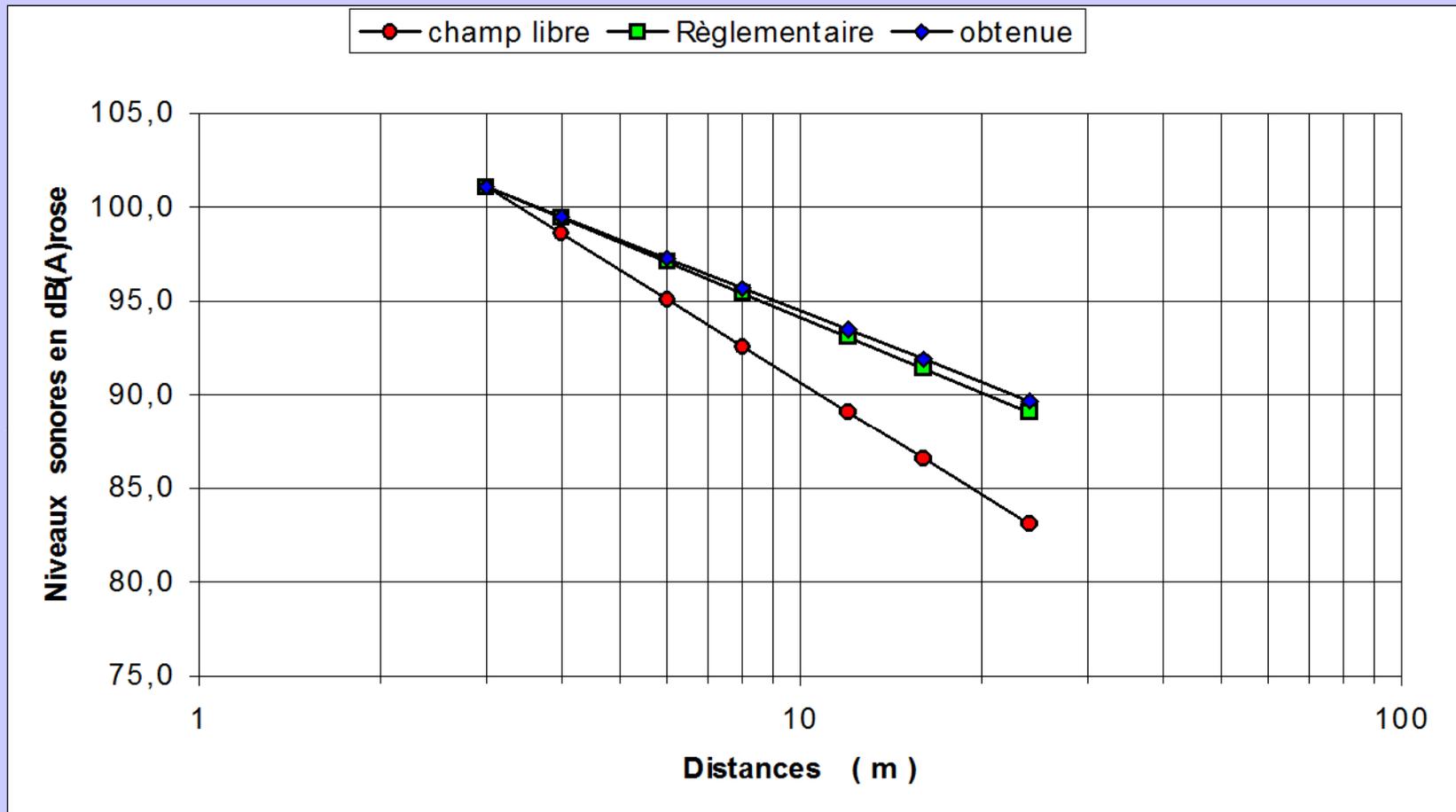


Exposimétrie

Types de mesurage en Entreprise

Décroissance

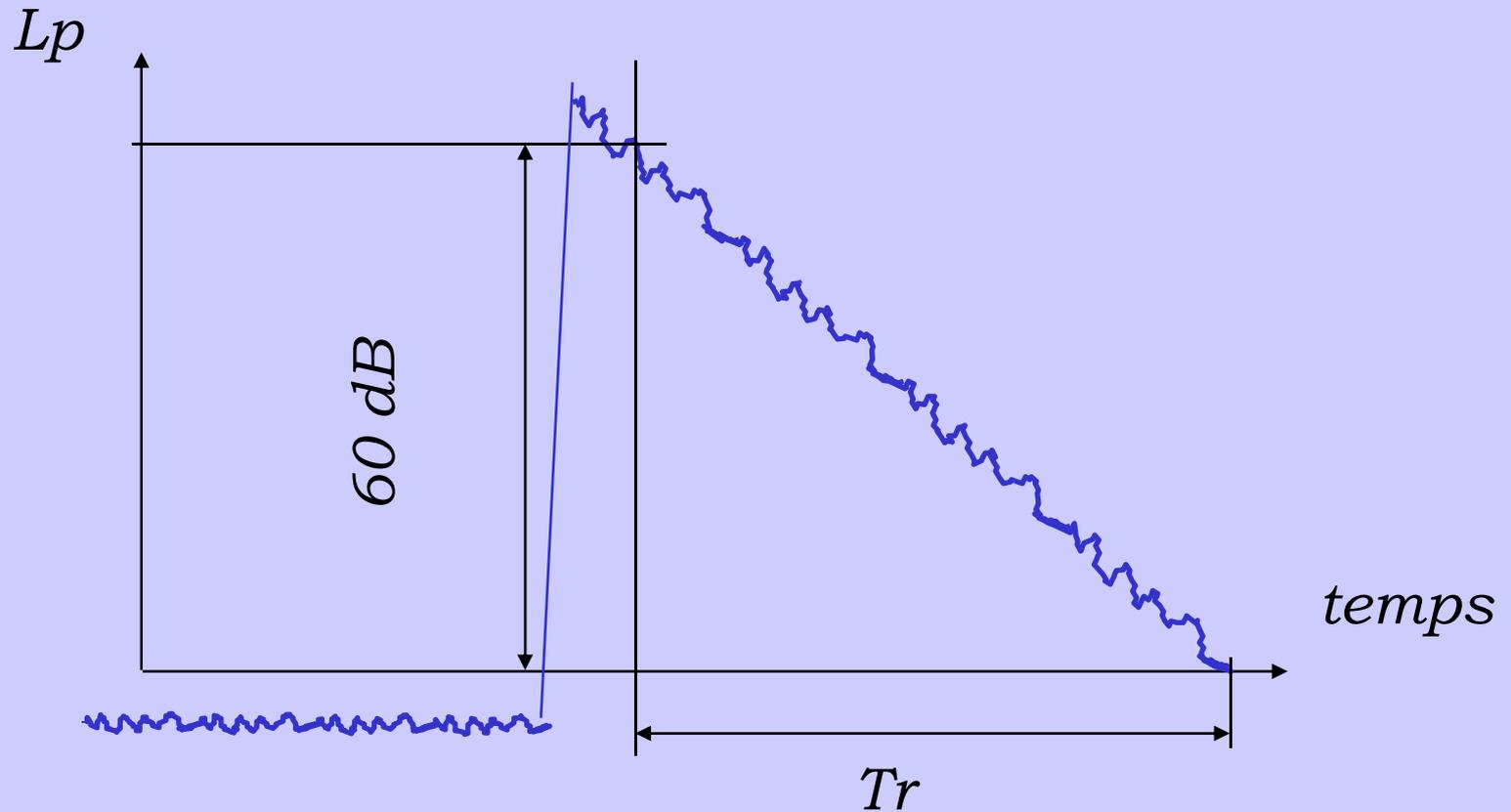
Exemple de décroissance linéaire par doublement de distance



Types de mesurage en Entreprise

Temps de réverbération

Temps de réverbération



Tr = temps au bout duquel le niveau sonore a décru de 60 dB après arrêt de la source sonore.

Temps de réverbération

$$Tr = \frac{0,16 V}{\alpha S}$$

V : volume du local

S : surface totale absorbante

α : coefficient moyen d'absorption

$$\alpha = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n}{S}$$

Quelques exemples de Tr

- - Pièce meublée.....0,5 s
- - salle de concert0,8 à 1,5s
- - pièce vide2 à 5 s
- - grand hall8 à 12 s

Analyse spectrale sonore in situ

Caractérisation des fréquences prédominantes émises par des machines à bois dans une menuiserie

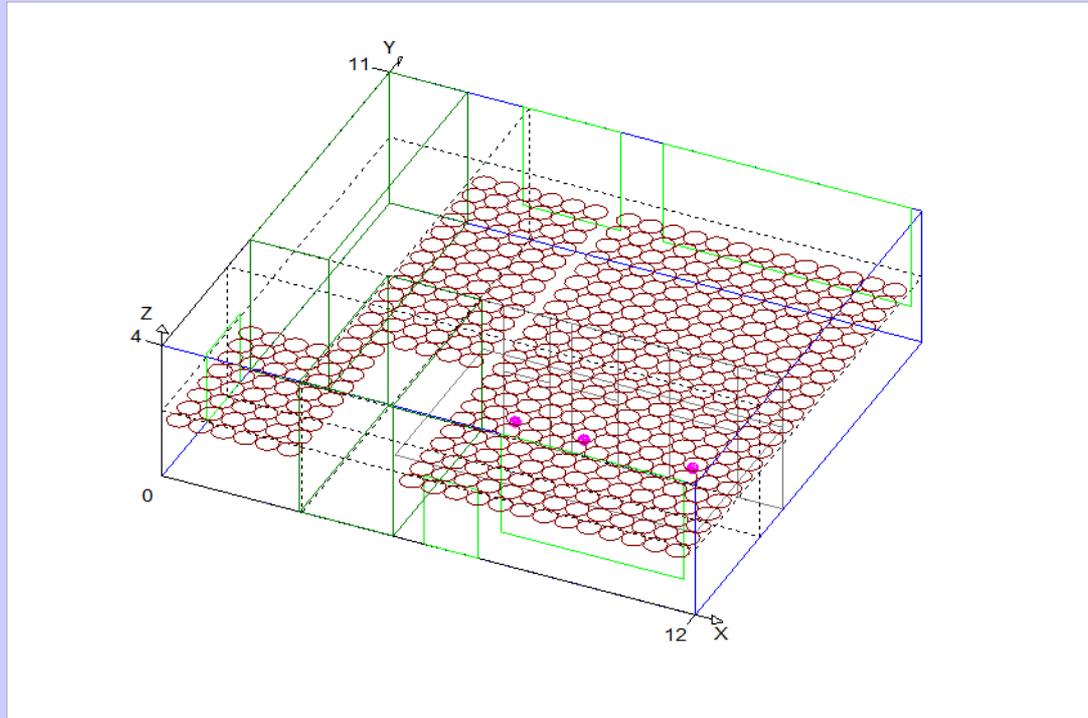
Mesure du niveau sonore pour les utilisateurs de casques :



Utilisation d'une oreille artificielle

Types de mesurage en Entreprise

Mesurages complémentaires:



Acoustique prévisionnelle :
logiciels de simulation



4-Résultats de mesures et prévention illustrés par des exemples



En milieu tertiaire

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

Les Centres d'appels téléphoniques

- **Mesures effectuées dans 5 centres d'appel**
- **Mesure du bruit par oreille artificielle et sonométrie.**
- **Bruit reçu par les opérateurs sous le casque : de 69 à 92 dB(A)**

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

- ⇒ **Réduire le bruit sous le casque à 85 dB(A) au plus**
- ⇒ **Émergence de 30 dB(A) minimale
entre le niveau sonore des communications dans les casques
et le bruit ambiant du plateau**
- ⇒ **Limiter le bruit ambiant :**
 - ⇒ **à 55dB(A) pour les postes de travail sur écran**
 - ⇒ **à 52dB(A) pour le travail intellectuel non gêné**

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

- ⇒ **Traitement acoustique des locaux (choix de produits), surface de 10m² par opérateur,...**
- ⇒ **Informers les salariés des centres d'appel sur le risque bruit**
- ⇒ **Demander une surveillance médicale des salariés des centres d'appel.**
- ⇒ **Voir ED108 « les centres d'appels téléphoniques » INRS (<http://www.inrs.fr>)**

Méthodologie de mise en place de bureau

1- Construction de l'espace bureau

- Isolement vis à vis de l'extérieur (tenir compte de l'environnement),
- Définition du type d'occupation pour déterminer les isolements nécessaires entre bureaux,
- Détermination des matériaux permettant d'absorber des ondes acoustiques : faux plafond,...

Méthodologie de mise en place de bureau

1- Construction de l'espace bureau

- Définitions de la localisation des locaux techniques et de leur isolements,
- choix des équipements collectifs et localisation : pompes à chaleur, climatisation,
- Réflexion sur les circulations : localisation, type de revêtement,...

Méthodologie de mise en place de bureau

2- Aménagement de l'espace

- choix des équipements internes : imprimantes,...
- Localisation des activités bruyantes : des salles de réunions, des salles informatiques, des distributeurs de boissons et salles de repos, des zones de reprographie, des zones de circulations...

Méthodologie de mise en place de bureau

2- Aménagement de l'espace

- Nombre d'occupants et type d'activité par bureau, superficie;...
- Définition du type d'occupation pour déterminer les isolements nécessaires entre bureaux,
- Localisation des bureaux et des équipements et agencement,

Méthodologie de mise en place de bureau

3- Aménagement des postes de travail

- Choix de l'organisation,...
- localisation des bureaux, type de bureaux (marguerite, en ligne,...), superficie par opérateur,...
- localisation des imprimantes,...

Aménagement des espaces de travail

Voir aussi

- art R 235-4-3 du code du travail
- INRS ED 718, conception des locaux de travail
- INRS ED 23, l'aménagement des bureaux
- INRS ED 68 et 69, Traitement acoustique des locaux de travail
- <http://www.inrs.fr>
- ...



En milieu industriel

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

Imprimeries (brochage)

mesurages aux postes de travail

- entreprise n°1: de 86,2 dB(A) à 91 dB(A)
- entreprise n°2: de 82,2 dB(A) à 95,3 dB(A)
- entreprise n°3: de 83,7 dB(A) à 88,8 dB(A)
- entreprise n°4: de 86,1 dB(A) à 88,7 dB(A)
- entreprise n°5: de 78,6 dB(A) à 89,5 dB(A)

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

Imprimeries: deux mesures de prévention opposées

Cas A :

- encoffrement des machines et traitement du plafond

Cas B

- isolement des pupitres de commande

Cas A

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

Imprimeries: deux mesures de prévention opposées

Cas A

- **initialement** **87 dB(A) à 96 dB(A)**
- **encoffrement des machines et traitement plafond**
 - **atténuation** **> 12 dB(A)**
 - **décroissance linéaire = 4,9 dB(A) par DD**
 - **niveau < 85 dB(A) aux postes**
 - **exposition sur 8 h <= 80 dB(A)**

Cas B

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

Imprimeries: deux mesures de prévention opposées

Cas B

- initialement:

- au pupitre de commande 90 dB(A)

- aux machines 86 à 97 dB(A)

- isolement des pupitres de commande:

- au pupitre principal: 72 à 77,5 dB(A)

Quelques cas d'expositions importantes - Prévention

Dégonflage de pneumatiques

un dégonflage de pneu de voiture:

- 4 minutes à 94 dB(A) en moyenne

Prévention:

- silencieux "DOSIL"
- gain de 20 dB(A)

Silencieux pour pneumatiques



CD ROM INRS



⇒ Voir CD14 Sil Echap INRS (<http://www.inrs.fr>)

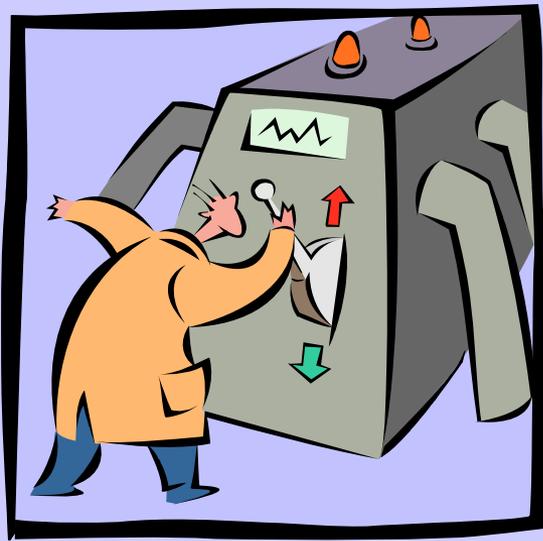


Règles d'art de prévention en acoustique

Les modes de protection et exemples mis en oeuvre

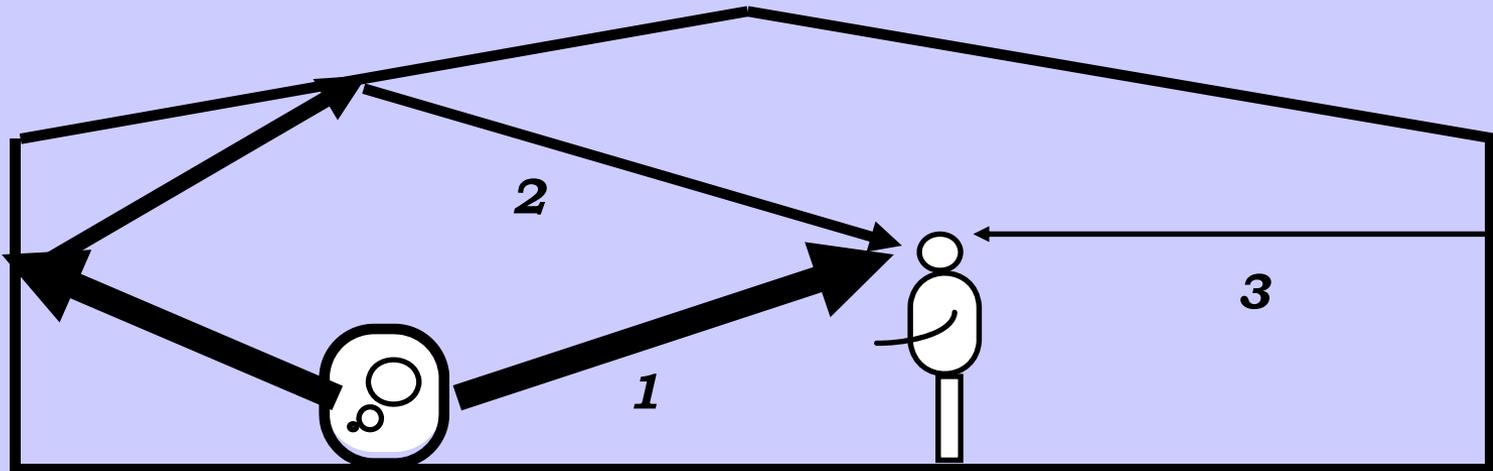
Bruit émis et bruit reçu

Il y a toujours 3 aspects dans le bruit :



- ➡ émis par une machine ou une activité bruyante,
- ➡ se propage dans un milieu, le local de travail,
- ➡ reçu par les travailleurs exposés

Différents modes d'exposition au bruit

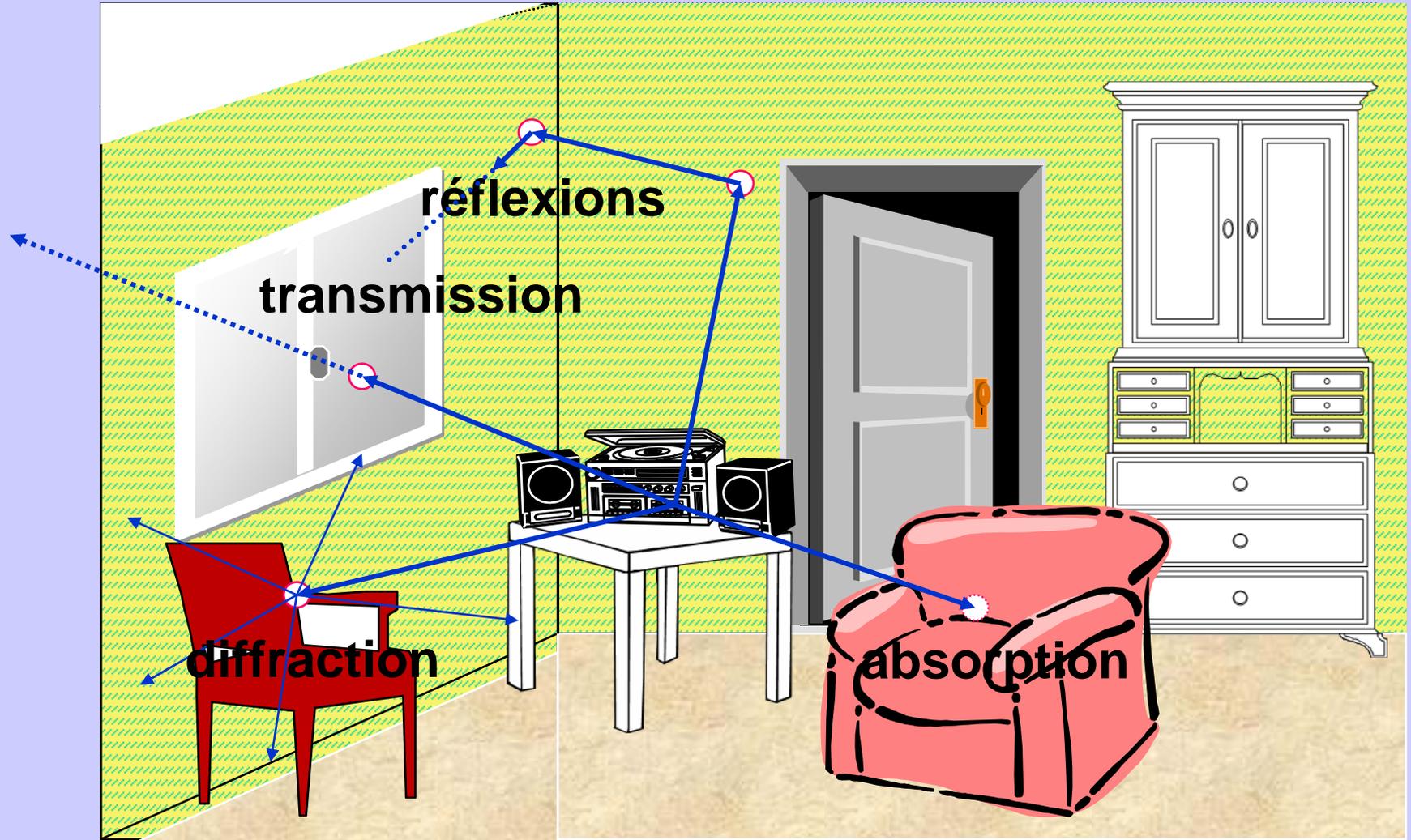


1- Ondes sonores directes

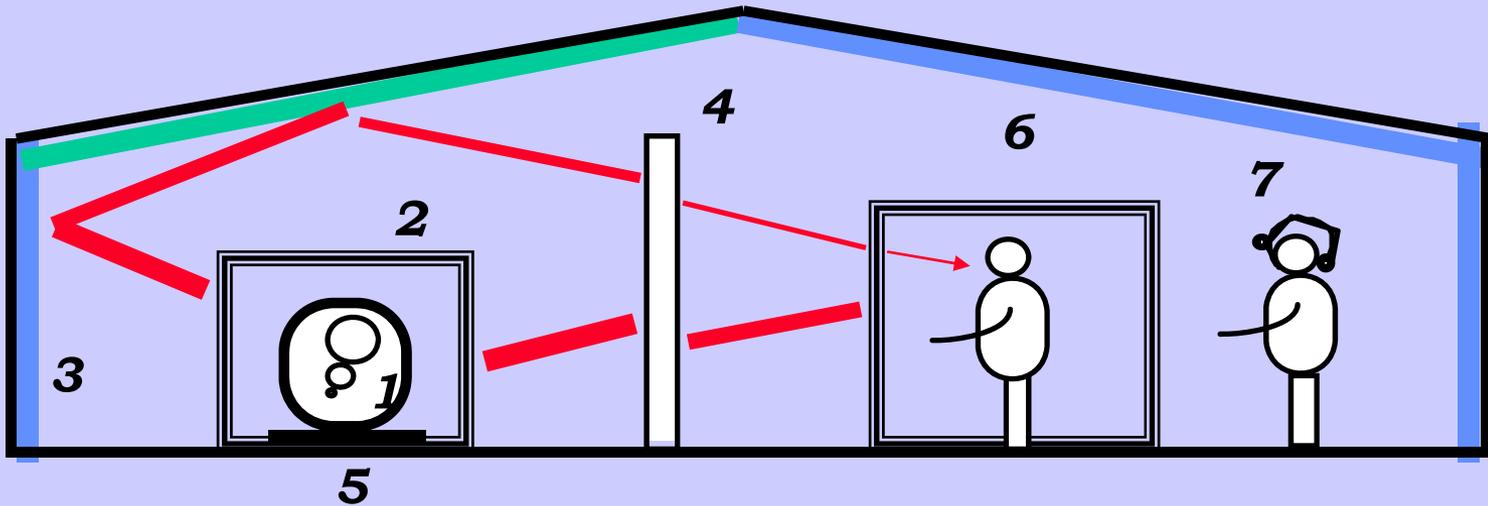
2- Ondes sonores réfléchies

3- Ondes sonores produites par les vibrations des parois.

Propagation en espace clos



Différents moyens de prévention



- 1 - Réduction du bruit à la source**
- 2 - Encoffrement**
- 3 - Traitement acoustique**
- 4 - Écran acoustique**
- 5 - Isolement antivibratile**
- 6 - Cabine insonorisée**
- 7 - Protection individuelle**

Ordre de grandeur des gains possibles

- Réduction à la source: ?????????
- Encoffrements, capotages: 10 à 30 dB(A)
- Traitement acoustique du local: 8 dB(A)
- Écrans: 5 dB(A)
- Isolement antivibratile: 2 à 5 dB(A)
- Protections individuelles: 5 à 25 dB(A)

Encoffrement d'une presse automatique

Encoffrement d'une poinçonneuse

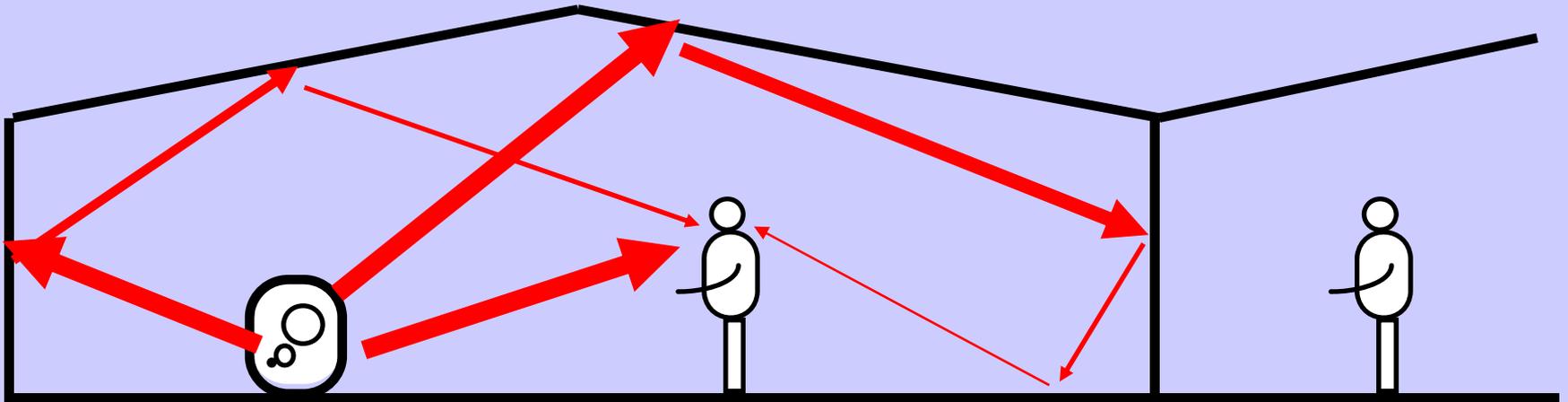
Gain acoustique de **15 dB(A)** au poste de commande

Encoffrement d 'une presse à parpaings

Gain acoustique de **25 dB(A)** à l 'extérieur de l 'encoffrement

Gain acoustique de **45 dB(A)** au poste de commande

Traitement acoustique du local

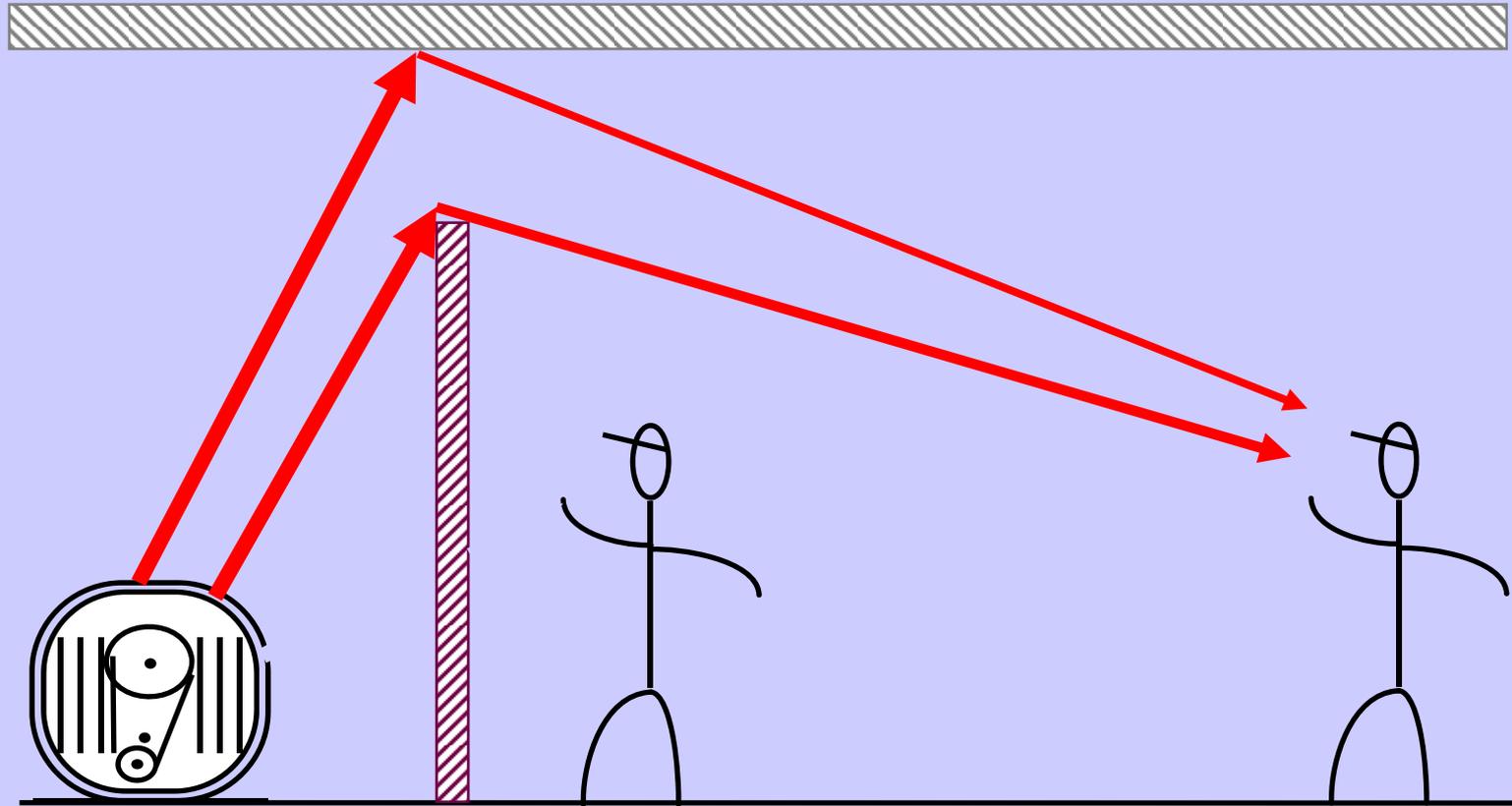


Il consiste à revêtir les parois d'absorbants acoustiques (α élevé) afin de réduire l'amplification ou la réverbération qui augmente le niveau de bruit dans le local.

Traitement acoustique par un réseau de baffles suspendus au plafond

Décroissance par doublement de distance à la source de **4 dB(A)**

Écrans acoustiques



Les écrans protègent des ondes sonores directes mais pas des ondes sonores réfléchies. On observe aussi un effet de diffraction des ondes au sommet des écrans.

Écrans mobiles autour de presses à métaux

Gain acoustique de **4 dB(A)** pour les postes avoisinants

Traitement acoustique et écrans isolants/ absorbants

Gain acoustique de **17 dB(A)** pour les postes avoisinants

Le port d'une protection individuelle

Le casque affaiblit, en moyenne, les bruits de 25 dB, à condition d'être porté 100 % du temps d'exposition.

Porté	Diminution réelle de
10 % du temps	< 1 dB
50 % du temps	3 dB
90 % du temps	# 10 dB
100 % du temps	25 dB



Le port d 'une protection individuelle

- Pour compenser entre l'atténuation laboratoire (données par les fabricants) et l'atténuation in situ, on estime **nécessaire de soustraire** :
 - 25% pour les protecteurs type serre tête
 - 50% pour les bouchons d'oreille déformables
 - 70% pour tout les autres types de bouchons d'oreille

