

Cours: Ambiances physiques

II. Ambiance Sonore

Noura Abdesselam

3/10/2018

Les conditions de travail désignent d'une manière générale l'environnement dans lequel les employés vivent sur leur lieu de travail. Elles comprennent la pénibilité et les risques du travail effectués ainsi que l'environnement de travail (bruit, chaleur, exposition à des substances toxiques etc.....) . Dans ce cours on va présenter deux ambiances : ambiance sonore et ambiance thermique

Introduction

I -Ambiance sonore

Introduction :

1. Aspect physique du son

1.1 Définition du son

1.2. Les différents types de son

1.2.1 Sons purs

1.2.2 Son complexe

1.3. Le bruit

1.3.1. Définition

1.3.2. Echelle de mesure du bruit : DECIBEL

1.4. Addition des niveaux sonores

1.5. Soustraction de deux niveaux sonores :

2-Domaine d'audition

3-Les effets du bruit sur l'homme

3-1- Les effets directs du bruit

3.1.1/ effet de masque

3.1.2. / La fatigue auditive

3.1.3/Le traumatisme acoustique

3.1.4/ La surdité professionnelle

3.2. Les effets indirects du bruit

3.2.1. Le sommeil

3.2.2 Accélération du rythme cardiaque

3.2.3. La tension artérielle et tension musculaire

3.2.4. Conséquences financières négatives pour l'entreprise

4. Appareils de mesures

4.1. Les appareils de mesures

4.1.1 Les sonomètres

4.1.2 Les dosimètres

5. Evaluation de l'exposition sonore des travailleurs

5.1 Notion d'exposition sonore

5.2. Les principaux indicateurs de l'exposition sonore

5.2.1. Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A : (L_{AeqiT})

5.2.2. Niveau d'exposition sonore quotidien, L_{Exid} :

5.2.3. Niveau de pression acoustique de crête, L_{pc} :

6. Lutte contre le bruit

A / Isolation Acoustique

1/ Paroi homogène

2/Paroi hétérogène :

3/Doubles parois

B/ Traitement acoustique des locaux :

1-/Le champ sonore

1-1/Le champ libre

1-2/Le champ réverbérant

2. / Niveau de puissance acoustique d'une machine

3. / Niveau de puissance acoustique dans un champ libre

4 / coefficient d'absorption

4-1/Pouvoir d'absorption

5-/Temps de réverbération

5-1/Définition

5-2/Formule de SABINE

5-3/Quelques ordres de grandeur de T

6/ Niveau sonore dans un local clos

6.1 / Intensité due au rayonnement direct

6.2 / Intensité sonore due au champ réverbéré :

6.3 / Expression du niveau sonore dans le local

C- La protection individuelle contre le bruit

1. / Classes de confort

2. / Les différents protecteurs de l'ouïe

Ambiances physiques

Introduction

Les conditions de travail désignent d'une manière générale l'environnement dans lequel les employés vivent sur leur lieu de travail. Elles comprennent la pénibilité et les risques du travail effectués ainsi que l'environnement de travail (bruit, chaleur, exposition à des substances toxiques etc.....)

Le travail humain est caractérisé par cinq grandes classes qui recouvrent presque entièrement le domaine de l'organisation de santé au travail :

- 1^{ère} classe : les conditions physiologiques du travail : efforts, cadences de travail, positions, fatigue, repos, etc.
- 2^{ème} classe : les conditions matérielles du travail : choix des méthodes de travail (prévision, régulation, contrôle), équipement (implantation, mécanisation), ambiance des lieux de travail, simplification et préparation du travail
- 3^{ème} classe : les conditions psychologiques du travail : amélioration du facteur humain dans l'entreprise grâce à la connaissance de l'état d'esprit individuel et collectif.
- 4^{ème} classe : la vie de l'entreprise : fonctions organiques et de liaison, administration et gestion, productivité
- 5^{ème} classe : la vie du travailleur, ses aspirations matérielles et morales, et plus généralement ses 'conditions de travail'

I -Ambiance sonore

Introduction :

L'acoustique est la science qui traite l'ensemble des phénomènes qui sont perçus par l'un de nos sens : L'ouïe, c'est une partie de la physique qui étudie les sons.

L'acoustique a eu pour origine l'étude des sensations sonores (acoustique physiologique) et plus particulièrement des sons musicaux (acoustique musicale).

En outre de ces deux formes, l'acoustique comprend actuellement de nombreuses subdivisions, parmi lesquelles nous citons :

- L'acoustique architecturale (acoustique des bâtiments).
- L'acoustique industrielle.

1. Aspect physique du son

1.1 Définition du son

On dit qu'il y a son quand des vibrations de pression de l'air sont détectable par l'oreille humaine. A l'origine, le milieu est déformé par un choc ou une compression entraînant un déplacement des particules, ces déplacements créent des variations de pression qui se propagent de proche en proche par des mouvements analogues à des ondes jusqu'à l'oreille en donnant lieu à une sensation sonore.

Le son se propage dans tous les milieux : élastique, solide, liquide et gazeux ; il ne se propage pas dans le vide.

La vitesse de propagation des ondes est une caractéristique du milieu dans lequel ces ondes se propagent. Vitesse du son dans l'air est 343 m/s.

L'intensité sonore (I) est

$$I = P v \quad \text{et on sait que } P/v = \rho c$$

Donc
$$I = \rho c v^2 = P^2 / \rho c$$

La puissance acoustique w

$$W = I S \quad \begin{array}{l} S: \text{ la surface.} \\ I : \text{ intensité} \end{array}$$

1.2. Les différents types de son

1.2.1 Sons purs

Les sons purs sont les sons les plus simples. Ils sont caractérisés par des vibrations régulières.

Mathématiquement, ils sont décrits par une expression telle que :

$$P(t) = P_m \sin 2\pi ft$$

1.2.2 Son complexe

Les sons rencontrés généralement ne sont pas des sons purs. Les sons complexes sont caractérisés par des vibrations irrégulières.

Pour de tels sons complexes, il n'existe pas de relation mathématique simple qui les décrivent. Ils résultent de la superposition de plusieurs sons purs.

Pour représenter un son complexe, on utilise la notion du spectre sonore.

1.3. Le bruit

1.3.1. Définition

Le bruit est défini comme un "phénomène acoustique produisant une sensation auditive désagréable". Il est défini aussi comme tout "son non désiré". Il entre dans la catégorie des sons complexes. Ses caractéristiques principales sont :

- Le niveau sonore : l'énergie transmise à l'oreille par la vibration aérienne.
- La composition spectrale : représentation de l'énergie sonore en fonction de la fréquence (analyse par bande d'octave par exemple)

1.3.2. Echelle de mesure du bruit : DECIBEL

Le décibel est une unité de mesure relative, il exprime, en relation logarithmique, Un rapport entre deux grandeurs sonores : une grandeur mesurée et une autre de référence.

1.3.3. Niveau d'intensité acoustique (NIS)

$$\text{NIS} = 10 \log (I \text{ mesuré} / I \text{ référence}) = 10 \log I/I_0$$

Ou : I = intensité sonore de bruit mesuré (w/m^2)

I_0 = intensité sonore de bruit de référence ; $I_0 = 10^{-12} \text{ w/m}^2$.

Unité de NIS = dB.

- L'intensité de référence correspond au seuil de perception de l'oreille humaine pour un son pur de 1kHz.

Exemple 1 : calculer le NIS d'un bruit ayant une intensité sonore de 10^{-12} w/m^2
(Seuil d'audibilité)

Solution:

$$\text{NIS} = 10 \log I/I_0 = 10 \log 10^{-12} / 10^{-12} = 0 \text{ dB.}$$

Exemple 2: calculer le NIS d'un bruit ayant une intensité de 10 w/m^2
(Seuil de douleur)

Solution:

$$\text{NIS} = 10 \log I/I_0 = 10 \log 10 / 10^{-12} = 130 \text{ dB}$$

1.4. Addition des niveaux sonores

Soit n bruits, dont les niveaux sont L_1, L_2, \dots, L_n qui arrivent simultanément en un point o . leur somme suit la formule suivante :

Le tableau ci-dessous permet de trouver le niveau résultant de l'addition de deux bruits de niveau différents

Différence entre les deux niveaux en dB	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur à rajouter au niveau le plus élevé	3	2,6 (2,5)	2,1 (2)	1,8 (2)	1,5	1,2 (1)	1	0,8 (1)	0,6 (0,5)	0,5	0,4 (0,5)

- Ce qui est entre parenthèse est un arrondissement de la valeur.

Remarque : en pratique, si un bruit de niveau L_1 , dépasse de 10dB un autre bruit de niveau L_2 , le premier masque entièrement le deuxième.

1.5. Soustraction de deux niveaux sonores :

La soustraction de deux niveaux sonores suit la formule suivante :

Le tableau ci-dessous permet de trouver le niveau résultant de la soustraction de deux bruits de niveau différents

Différence entre les deux niveaux en dB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur à retrancher du niveau le plus élevé en dB	7	4	3	2	1,5	1	1	0,75 (1)	0,5	0,5

Différence : ($\Delta L = 0$) le bruit de la machine arrêté est négligeable devant le bruit de fond.

Différence : ($\Delta L > 10$) le bruit total est celui de la machine.

2-Domaine d'audition

Le bruit peut provoquer à l'oreille humaine une sensation (forte) ou (faible), cela dépend de la fréquence et du niveau sonore de bruit. L'oreille humaine ne peut entendre les sons que s'ils sont compris dans un certain domaine de fréquence et de niveau sonore qui correspond à son champ auditif.

Les sons trop graves, au dessous de 20hz, ne sont pas perçus, c'est le domaine des (infrasons). Les sons très aigus, au dessus de 20khz, ne sont pas perçus aussi, ce sont les (ultrasons). Donc, les sons perçus par l'oreille humaine couvrent la plage de 20hz à 20khz.

3-Les effets du bruit sur l'homme

Dans notre société industrielle, le bruit est partout présent : sur les lieux de travail, dans les transports, dans l'habitat... Il est non seulement gênant, mais il peut aussi affecter la santé des travailleurs tant sur le plan physiologique que sur le plan psychique.

3-1- Les effets directs du bruit

3.1.1/ effet de masque

Il y a masque d'un son quand ce dernier cesse d'être perçu en présence d'un autre son (son masquant). Les bruits industriels peuvent ainsi gêner la perception des signaux acoustiques de sécurité. L'audition n'est pas perturbée (pas de perte de dB), ce phénomène est transitoire et sans séquelles.

Le masque de la voix humaine rend la communication entre travailleurs difficile ou impossible, ce qui est un facteur significatif de gêne, génératrice de l'accident de travail.

Le phénomène du masquage doit également être pris en compte lors du choix des signaux sonores de la sécurité : ceux-ci doivent pouvoir émerger de l'ambiance sonore habituelle du local.

Par son effet de masque, le bruit peut avoir des conséquences graves sur la sécurité des travailleurs : il peut couvrir la perception d'un ordre, d'un signal d'alarme, d'un cri avertissant, ...etc. Il favorise alors la survenance d'incidents ou d'accidents.

Plusieurs exemples sont présentés dans le document 1

3.1.2. / La fatigue auditive

Après un certain temps passé dans une ambiance bruyante, vous vous retrouvez tout à coup dans une ambiance tranquille. Les sons vous parviennent assourdis. Votre propre voix vous semble lointaine. Vous avez l'impression d'avoir les oreilles bouchées.

C'est le premier stade de l'atteinte de l'ouïe. Il suffit d'une exposition de quelques heures à un bruit intense pour que cette fatigue s'installe provoquant une baisse temporaire de l'acuité auditive. La fonction auditive normale est récupérée après une période variant entre 12 et 36 heures selon les individus et l'importance de l'exposition. Tant que la perte auditive reste temporaire, on parle de fatigue auditive. C'est une élévation temporaire du seuil d'audition consécutive à l'exposition au bruit (appelé TTS : «temporary threshold shift », ou déplacement temporaire du seuil).

Mais, si l'exposition se prolonge ou si le bruit est plus intense, la perte auditive ne sera plus entièrement récupérée. Peu à peu, cette fatigue, réversible, se transforme en perte

d'audition permanente qui peut évoluer jusqu'à la surdité professionnelle. On parlera alors de PTS : « permanent threshold shift ».

3.1.3/Le traumatisme acoustique

Il représente l'ensemble des lésions de l'appareil auditif provoqué soudainement par un agent physique extérieur. On retrouve à l'origine un bruit intense, impulsif, une explosion.

Le sujet ressent en principe une vive douleur, éventuellement accompagné d'otorragies (écoulement du sang par l'oreille), on pourra constater une perforation tympanique. [120 dB (A) seuil de la douleur : un son très intense, au lieu d'être véritablement entendu, provoque une sensation désagréable, puis douloureuse. Au delà de 120dB (A) les tympans peuvent éclater].

3.1.4/ La surdité professionnelle

La surdité professionnelle est la conséquence d'une exposition prolongée à des niveaux de pressions sonores élevées. Elle peut être due à un traumatisme sonore. Elle se traduit par un déficit irréversible de la perception auditive, elle évolue de façon lente et insidieuse (se dit de maladies à début progressif, et dont les symptômes n'apparaissent que lorsque l'affection a déjà évolué).

❖ Evolution de la surdité professionnelle

- Dans un premier stade (courbe I), le sujet ne se rend compte de rien. Seule la zone des fréquences centrées sur 4000 Hz est touchée. C'est en effet dans cette zone que l'ouïe est la plus sensible et sans doute la plus fragile. La perte atteint 30 à 40 dB : les fréquences adjacentes sont peu touchées, notamment dans la zone conversationnelle qui comprend essentiellement un domaine de fréquences s'étendant de 350Hz à 2800Hz (**la voix humaine s'étale des fréquences, 250-3500Hz**)
- Dans un second stade (courbe II), l'encoche s'approfondit jusqu'à 60 ou 70 dB. Elle s'élargit également : les fréquences aiguës de la conversation sont touchées. Le sujet devient « dur d'oreille » : il fait répéter, n'entend plus certains bruits, surtout s'ils sont aigus, et de ce fait commence à subir une gêne sensible dans sa vie sociale et professionnelle. Il ne comprend plus distinctement ce qui se dit surtout quand plusieurs personnes parlent.

De légers troubles tels que sifflement et sensation d'oreilles bouchées peuvent apparaître. A ce stade, la surdité est bien établie.

- Au troisième stade, (courbe III), c'est la surdité profonde. La perte auditive atteint 100 voir 110 dB à la fréquence de 4000 Hz. Les fréquences adjacentes sont largement touchées aussi : on note une perte sensible de l'audition de la voix. La perte est importante dans la zone conversationnelle : par exemple, 70 dB à 1000Hz et 40 dB à 500 Hz. Contrairement à la surdité de transmission provoquée par un « traumatisme acoustique » (explosion, bruit interne, ...) qui affecte l'oreille moyenne, cette surdité, appelée surdité de perception, est due à une destruction irréversible des cellules sensorielles de l'oreille interne. Aucune intervention chirurgicale n'est possible pour y remédier. Il convient de noter que la surdité peut être indemnisable si elle est reconnue comme étant d'origine professionnelle. Néanmoins, il faut insister sur la nécessité de prévenir les effets de bruit car aucune réparation ne pourra compenser la perte subie par la personne exposée, tant sur le plan physique que moral.

- ❖ La surdité professionnelle s'accompagne en général de
 - Recrutement : hypersensibilité aux variations de niveau sonore. La sensibilité à l'audition baisse, la sensibilité de la douleur augmente, donc : élévation du seuil d'audition et du seuil de la douleur s'est abaissé. De ce fait, à peine perçu, le son devient très vite intolérable.
 - Sifflement bourdonnements d'oreilles : Extrêmement gênant, ils peuvent apparaître à n'importe quel moment (habituellement en environnement calme au moment du coucher par exemple) ou être continus.
 - Troubles au niveau de la compréhension des messages sonores, notamment verbaux

3.2. Les effets indirects du bruit

3.2.1. Le sommeil

Il est perturbé avec difficultés d'endormissement. Il devient plus léger avec réveils dans la nuit.

Raccourcissement de la durée totale du sommeil nocturne.

Cette situation peut conduire le salarié à la prise du médicament sédatifs, avec la possibilité de répercussions néfastes le lendemain au travail : somnolence, baisse de vigilance ..., d'où risque d'accident du travail.

3.2.2 Accélération du rythme cardiaque

Citons ici l'exemple d'un ouvrier du B.T.P, devant percer un mur de béton. Son médecin de travail, à l'aide d'un pulsomètre, lui trouve, au cours de cette activité bruyante, un pouls à 120 pulsation par minute. Il lui demande alors d'effectuer le même travail avec le port d'un casque de protection antibruit et constate que les chiffres tombent à moins de 100 pulsation par minute.

3.2.3. La tension artérielle et tension musculaire

- ❖ La tension artérielle : Des augmentations brusques et répétées causées par le bruit au travail ne peuvent être que néfastes.
- ❖ La tension musculaire : La preuve en est : il nous fait sursauter quand il est soudain. Cette plus grande tension musculaire passe souvent inaperçue, mais elle se manifeste tout de même à la fin de la journée par une plus grande fatigue. Cette augmentation de la tension musculaire peut gêner l'exécution de certains mouvements et en altérer la précision.

3.2.4. Conséquences financières négatives pour l'entreprise

Les surdités professionnelles coûtent chères à l'entreprise. La rente pour surdité professionnelle est à la charge exclusive des employeurs.

4. Appareils de mesures

Dans le cadre de la lutte contre le bruit, il est indispensable d'obtenir une mesure objective du bruit, l'environnement sonore agit beaucoup sur notre organisme. En particulier, les sons (bruit) à des niveaux élevés peuvent être dangereux pour l'oreille et provoquent ainsi divers troubles physiologiques et/ou physiques. Il est donc nécessaire de faire des mesures de bruits.

4.1. Les appareils de mesures

Les appareils de mesures du bruit les plus utilisés sont les sonomètres et les dosimètres

4.1.1 Les sonomètres

Le sonomètre est l'appareil le plus simple pour la mesure des niveaux sonores. Il est conçu pour répondre aux bruits approximativement de la même façon que l'oreille humaine, mais qui donne des mesures objectives du niveau sonore. Le sonomètre nous permet de mesurer des niveaux sonores physiques en dB et physiologique en dB (A).

4.1.2 Les dosimètres

Un dosimètre est un appareil de mesure qui permet de déterminer la dose de bruit absorbé par l'ouvrier au cours des diverses phases de son activité professionnelle. Un dosimètre est un appareil de la grosseur d'un paquet de cigarette que l'on fait porter par l'ouvrier.

Le microphone est soit intégré à l'appareil, soit séparé pour être monté près de l'oreille la plus exposée.

5. Evaluation de l'exposition sonore des travailleurs

5.1 Notion d'exposition sonore

Le bruit que reçoivent les travailleurs dépend de la nature de leurs activités et des circonstances de l'exposition au bruit émis par diverses machines et équipement bruyants.

5.2. Les principaux indicateurs de l'exposition sonore

Trois indicateurs de niveaux sonores sont employés lors de l'évaluation de l'exposition sonore à savoir :

5.2.1. Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A : (L_{AeqiT})

On définit alors le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A comme : le niveau sonore continu, tel que si l'opérateur était exposé à ce bruit (continu) pendant un temps T, il recevrait la même quantité d'énergie que celle qu'il reçoit effectivement en étant exposé au bruit fluctuant réel.

Le niveau de pression acoustique équivalent est un niveau sonore fictif qui intègre dans une seule évaluation : le niveau sonore et la durée d'exposition.

En pratique on utilise la relation suivante pour le calcul de L_{eq} :

$$L_{AeqiT} =$$

Où : L_i : niveau de pression sonore de la phase i en dB (A) ;
 T_i : durée de la phase i en heures, minutes ou secondes.
 T : durée totale ; $T = \sum t_i$

5.2.2. Niveau d'exposition sonore quotidien, L_{Exid} :

Le niveau d'exposition sonore quotidien, L_{Exid} , est le niveau de bruit qui conduirait un salarié à recevoir pendant 8 heures la même énergie sonore que celle qu'il reçoit effectivement à un poste de travail pendant la durée réelle quotidienne de travail (qui peut être différente de 8 heures). Ce niveau est donné par :

$$L_{Exid} =$$

Où : T_d : durée effective de la journée de travail.

T_0 : durée de référence égale à 8 heures.

L_{AeqiTd} : niveau sonore continu équivalent déterminé sur la durée effective de la journée de travail. Si $T_d = T_0$: Alors $L_{Exid} = L_{AeqiTd} = L_{Aeqi8h}$

5.2.3. Niveau de pression acoustique de crête, L_{pc} :

Les bruits créés par des chocs métalliques intenses, des échappements d'air comprimé et divers autres événements sont qualifiés de bruits impulsionnels. Dans ce cas, le niveau de pression acoustique de crête doit être déterminé. Il correspond à la valeur maximale de la pression acoustique instantanée, observée durant une période de temps représentative de la journée de travail. Ce niveau s'exprime en décibels non pondéré, noté dB.

6. Lutte contre le bruit

A / Isolation Acoustique

Lorsqu'une onde incidente frappe une paroi d'un local, une partie se réfléchit, une autre est perdue sous forme de chaleur (absorbé) à l'intérieur de la paroi, et enfin une dernière partie est transmise de l'autre côté de la paroi

1 : onde incidente, 2 : onde réfléchie, 3 et 4 : ondes absorbées, 5 : onde transmise.

La transmission des bruits par une paroi provient :

- De la porosité de la paroi qui laisse passer une partie de l'onde incidente.
- De la mise en vibration de la paroi elle-même.

Les caractéristiques qui permettent de juger de l'efficacité d'une paroi de point de vue de son isolement contre les bruits sont :

- Le coefficient de transmission τ ;
- L'indice d'isolation (affaiblissement) R_{dB}

1/ Paroi homogène

$$\tau = w_t/w_i ;$$

w_t : énergie sonore transmise.

w_i : énergie sonore incidente.

Connaissant le coefficient de transmission τ d'une paroi, l'indice d'isolation de cette paroi est :

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

Il existe une autre formule, appelée loi de masse pratique, qui nous permet de calculer l'indice d'isolation d'une paroi, si on connaît la masse surfacique de la paroi et la fréquence de l'onde incidente.

$$R_{dB} = 13.5 \log f + 13.5 \log m - 22.5$$

R_{dB} : indice d'isolation en dB

f : fréquence de l'onde incidente en Hz

m : masse surfacique en kg/m^2 .

2/Paroi hétérogène :

En réalité, la paroi ou la cloison d'une pièce est rarement homogène. On trouvera des fenêtres, des portes, ...

L'indice d'isolation R_{dB} pour une paroi hétérogène est donné par

τ_i : coefficient de transmission de la composante i de la paroi.

S_i : surface de la composante i

S : surface totale de la paroi.

3/Doubles parois

En adaptant les doubles parois, sans augmenter la masse totale de cloison, on améliore de façon appréciable l'isolation.

Un simple calcul va nous montrer l'efficacité d'une double paroi par rapport à une simple dont on a doublé la masse.

Soit : R' = l'isolation d'une paroi de masse $m = m_1 + m_2$

R'' = l'isolation de double paroi constituée pour deux cloisons parallèles de masse m_1 (indice d'isolation R''_1) et m_2 (indice d'isolation R''_2)

$$R' = 13.5 \log f + 13.5 \log (m_1 + m_2) - 22.5$$

$$R'' = R''_1 + R''_2 = (13.5 \log f + 13.5 \log m_1 - 22.5) + (13.5 \log f + 13.5 \log m_2 - 22.5)$$

4/ Le gain d'isolation

Le gain de l'isolation obtenu grâce à la double paroi est :

$$\Delta R = G = R'' - R'$$

$$\Delta R = G = 13.5 \log f + 13.5 \log (m_1 m_2 / m_1 + m_2) - 22.5$$

B/ Traitement acoustique des locaux :

1-/Le champ sonore

Ambiances physiques

La présence d'ondes sonores dans un environnement constitue un champ sonore. Ces ondes sonores résultent des différentes perturbations de l'air. On définit deux types de champs sonores (ou encore ambiance sonore) :

1-1/Le champ libre

C'est le champ d'une source émettant des ondes sonores en l'absence de tout obstacle.

Exemple : a : à l'air libre b : En chambre sourde.

Dans le cas du champ libre, l'ambiance sonore ne comprend qu'un rayonnement direct des machines. On dit que le champ libre constitue la situation la plus favorable pour mesurer le bruit d'une machine.

1-2/Le champ réverbérant

Lorsqu'une ou plusieurs machines sont enfermées dans un local, les parois de ce local réfléchissent une partie de l'énergie sonore qu'elles reçoivent et il règne à l'intérieur du local un champ dit réverbérant.

Exemple : une pièce d'habitation vide constitue un exemple d'un lieu fortement réverbérant.

2. / Niveau de puissance acoustique d'une machine

La puissance acoustique W permet de caractériser une machine en tant que source de bruit. Son niveau de puissance sonore est donné par :

$$L_w = 10 \log w/w_0 = 10 \log w + 120$$

L_w : niveau de puissance acoustique d'une machine en dB.

W : puissance acoustique de la machine

W_0 : puissance acoustique de référence (10^{-12} watts)

3. / Niveau de puissance acoustique dans un champ libre

Une source sonore de puissance W placée dans un champ libre produit des ondes sonores qui se propagent omni directionnellement.

Si on néglige l'affaiblissement d'énergie sonore par l'air, l'intensité acoustique à la distance (ℓ) de cette source est donné par : $I_1 = w / 4\pi\ell^2$

Le niveau physique à la distance ℓ est :

$$L_1 = L_w - (20 \log \ell + 11)$$

L_1 = niveau physique du son à la distance ℓ en dB.

L_w = niveau de puissance de la source en dB

ℓ = distance en mètre entre le point de mesure et la source.

4 / coefficient d'absorption

C'est le rapport de l'énergie absorbée à l'énergie incidente.

$$\alpha = E_a / E_i$$

α : coefficient d'absorption

E_a : énergie absorbée

E_i : énergie incidente.

Le coefficient d'absorption traduit l'aptitude d'un matériau à absorber de l'énergie sonore. (α : varie aussi de 0 à 1, il est fonction de la nature du matériau et de la fréquence du son considéré)

4-1/Pouvoir d'absorption

Le pouvoir d'absorption ou aire d'absorption équivalente ou nombre d'unités d'absorption d'un matériau de surface S et de coefficient d'absorption α est définie par :

$$A = \alpha \times S$$

A : pouvoir d'absorption en m².

5-/Temps de réverbération

Si l'on émet un son bref dans un local, on constate que ce son persiste quelques fractions de seconde tout en décroissant régulièrement avant de devenir inaudible. Ce phénomène est dû aux réflexions multiples de l'onde sonore sur les parois du local.

5-1/Définition

On appelle temps de réverbération, noté T, le temps nécessaire à la diminution du niveau sonore de 60 dB lorsque la source émettrice est brusquement arrêtée.

5-2/Formule de SABINE

$$T = 0.16 \times V / S \alpha; \quad S \alpha = A$$

$$T = 0.16 V / A$$

5-3/Quelques ordres de grandeur de T

- T < 0.1s (peu de réflexion) salle sourde
- 0.1 < T < 0.3s (quelques réflexions)
- 0.4 < T < 0.6s (quelques réflexions) salle normale
- 0.7 < T < 2s (plusieurs réflexions) salle semi réverbérante.
- T > 2s (énormément de réflexion) salle réverbérante.

6/ Niveau sonore dans un local clos

L'intensité sonore produite en un point d'un local, par une source sonore intérieure au local, peut être décomposé en deux termes

- l'intensité acoustique due au rayonnement direct de la source au point d'écoute, noté Id.

- l'intensité acoustique due aux différentes réflexions sur les parois du local, notée $I_{r\acute{e}v}$.

$$I = I_d + I_{r\acute{e}v}.$$

6.1 / Intensité due au rayonnement direct

Soit w la puissance acoustique de la source et ℓ la distance séparant la source sonore au point d'écoute. Soit Q le coefficient de directivité de la source. Alors, l'intensité

$$I_d = (w / 4\pi\ell^2) \times Q$$

6.2 / Intensité sonore due au champ réverbéré :

$$I_{r\acute{e}v} = w \times 4 (1 - \acute{\alpha}) / S \acute{\alpha}$$

La quantité $(S \acute{\alpha} / 1 - \acute{\alpha})$ est une caractéristique du local on l'appelle « constante de propagation R ».

$$R = (S \acute{\alpha} / 1 - \acute{\alpha})$$

$\acute{\alpha}$: coefficient moyen d'absorption

S : surface totale des parois du local en m^2

$I_{r\acute{e}v}$ en fonction de R est

$$I_{r\acute{e}v} = 4w / R$$

Si le local est réverbérant, R est petit, $\acute{\alpha}$ petit

Si le local est sourd, R est grand, $\acute{\alpha}$ grand.

6.3 / Expression du niveau sonore dans le local

$$I = I_d + I_{r\acute{e}v} = w (Q / 4\pi\ell^2 + 4/R)$$

Donc :

$$L = L_w + 10 \log (Q / 4\pi\ell^2 + 4/R)$$

Avec L_w est le niveau de puissance de la source par rapport à $10^{-12}w$.

C- La protection individuelle contre le bruit

Lorsque il n'est pas possible d'éliminer le bruit à sa source ou d'installer des dispositifs d'insonorisation, il convient de doter le personnel (les travailleurs, les ouvriers) de protection individuelle de l'ouïe. Toutefois, le port d'un protecteur de l'ouïe ne doit pas apporter une contrainte excessive, ni conduire à un risque pour la santé ou la sécurité de l'utilisateur.

1./ Classes de confort

De plus, le meilleur « confort » doit être impérativement recherché, sinon le protecteur ne sera pas supporté. Pour l'évaluation du confort des protecteurs, des études menées par l'INRS ont abouti à un classement en trois groupes :

- I : peu confortable
- II : assez confortable
- III : confortable

Pour faire un choix d'un protecteur, on doit toujours faire un compromis entre l'affaiblissement acoustique du protecteur (réduction du niveau sonore) et son confort.

2./ Les différents protecteurs de l'ouïe

Ils sont classés en 2 grandes catégories :

- les bouchons d'oreilles :

Ils sont, en général, mieux supportés pour un port continu ;

Ils peuvent être utilisés avec d'autres protecteurs (lunettes, masque de soudage, ...).

Ils ne doivent pas être réutilisés après usage, sauf pour certains types.

- Les serre-tête et les serres nuque :

Ces protecteurs constituent un bon moyen de protection, ils peuvent être mis en place facilement et rapidement, ils laissent libre le conduit auditif contrairement aux bouchons auriculaires.

Ambiances physiques

Pour le confort de ces protecteurs, il faut tenir compte :

- De la masse
- De la raideur de la monture
- De la pression des oreillettes.

Ces protecteurs sont préférés pour un port intermittent car ils sont faciles à enlever et à remettre mais leur port continu est pénible.

Ambiances physiques