

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA



جامعة باجبي مختار - عنابة

Année : 2021

Faculté : Sciences de L'Ingéniorat

Département : Électromécanique

MÉMOIRE

Présenté en vue l'obtention du diplôme de : Master

*Etude des ondes sonores et leurs impacts
sur l'audition*

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industrielle

Par : BOUDEKHANA Rym

DJENDI Radia Ferial

DEVANT LE JURY

Président :

HADJADJ A.E

U.B.M. Annaba

Directeur de mémoire :

ABDERREZAK.H

U.B.M. Annaba

Examineur :

LAKHAL.A

U.B.M. Annaba



Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout ALLAH pour tous ce qu'il nous a donné parce que c'est grâce à lui ce que nous sommes devenues. Elhamdo li ALLAH .

On ne pourra jamais remercier suffisamment nos chers parents qui nous ont encouragées durant ces années d'études. Qu'ils reçoivent ici nos profondes gratitude pour leurs sacrifices. Merci beaucoup.

Un grand merci pour nos frères et sœurs pour nous avoir aidées et soutenues tout au long de nos études.

Nous adressons nos remerciements à Monsieur ABDEREZAK, enseignant à l'université de Badji Mokhtar, Annaba, d'avoir encadré Ce travail, ET pour la confiance qu'il nous a accordées tout au long de ce travail.

Nous adressons nos remerciements à l'ensemble des membres de l'entreprise de FETIAL pour la très bonne ambiance que nous avons trouvée dans cette entreprise. Nous remercions plus particulièrement les chefs de services HSE pour leurs soutiens, aides et aussi leurs nombreux conseils.

Nous tenons à remercier aussi les personnes, dont nous n'avons pas cité les noms, qui nous ont apporté leurs soutiens et leurs aides d'une manière ou d'une autre.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes chers parents qui m'ont donné leur soutien sans faille depuis toujours. Le plus beau résultat au cours de mes années d'étude a été obtenu grâce à eux, que dieu vous garde afin que votre regard puisse suivre ma tournée.

À mon cher frère qui ont été toujours présent pour moi.

A tout ceux qui sont chères, proches à mon cœur et a tout ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

Boudekhana Rym .

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes chers parents et à ma tante qui m'ont donné leur soutien sans faille depuis toujours. Le plus beau résultat au cours de mes années d'étude a été obtenu grâce à eux, que dieu vous garde afin que votre regard puisse suivre ma tournée.

À ma chère sœur et mon cher frère qui ont été toujours présent pour moi.

A tout ceux qui sont chères, proches à mon cœur et a tout ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

DJENDI RADIA FERIEL .

Tables des matières

Problématique.....	
Résumé	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Introduction générale	

Chapitre I: Généralité sur les ondes sonores (l'acoustique) dans le milieu de travail.

I.1. Introduction.....	3
I.2. Onde acoustique	3
I.3. La source sonore.....	3
I.4. Reverberation.....	3
I.5. Milieu de propagation	4
I.6. Représentation d'une onde sonore.....	5
I.7. Etude acoustique.....	5
I.7.1. Bruit	5
I.7.2. Les types du bruit.....	5
I.7.3. Son complexes et son pur.....	7
I.7.4. Les caractéristiques d'onde sonore.....	7
I.8. Grandeur physique du bruit	10
I.8.1. La puissance acoustique	10
I.8.2. La pression acoustique	10
I.8.3. La durée :.....	10
I.8.4. L'amplitude	11
I.8.5. L'intensité sonore	11
I.9. Conclusion	11

Chapitre II: Etude d'éléments d'acoustique physiologique.

II.1. Introduction :	12
II.2. Anatomie et physiologie de l'oreille :	12
II.2.1. L'oreille externe :	12
II.2.2. L'oreille moyenne :	14
II.2.3. L'oreille interne :	15
II.3. Le fonctionnement de l'oreille:	17
II.4. L'effetsanitaire du bruit :	17
II.4.1. Trouble et nuisance sur l'audition :	18
II.4.2. Trouble non-auditif :	20
II.5. Conclusion :	23

Chapitre III: Expérimentation de l'application d'une méthodologie de mesure.

III.1. Introduction :	22
III.2. Traitement acoustique :	22
III.2.1. Le principe :	22
III.2.2. Son opportunité.....	22
III.3. Méthodologie pour mesure de l'exposition au bruit professionnel :	23
III.3.1. Estimation :	23
III.3.2. Mesure :	24
III.3.3. Niveau du bruit quotidien dans un milieu de travail.....	24
III.4. Mesurage du bruit :	24
III.4.1. Mesures instantanées :	24
III.5. Appareille de mesure des niveaux sonores :	26
III.5.1. Caractéristiques techniques des appareils de mesures	26
III.5.2. Sélection de l'instrument de mesure :	27
III.6. Analyse acoustique :	28
III.6.1. Les niveaux acoustiques :	28
III.6.2. Analyse spectrale	28
III.6.3. Etablir un bilan de l'émission sonores	29

III.7. Pondération :	30
III.7.1. Addition des niveaux sonores :	31
III.8. Conclusion :	32

Chapitre IV : Traitement et analyse.

IV.1. Introduction :	33
IV.2. Lieu du stage	33
IV.3. Méthodologie de travail:	34
IV.3.1. Moyens matériels utilisés :	34
IV.3.2. Localisation des stations de mesures	35
IV.3.3. Expérimentation :	36
IV.4. Analyse et traitement :	39
IV.5. Cartographie :	42
IV.6. Réalisation de l'enquête auprès des salariés exposés au bruit :	43
IV.6.1. Résultats de l'enquête auprès des salariés exposés au bruit :	44
IV.7. Réalisation de l'enquête auprès du médecin ORL :	44
IV.8. Les recommandations :	45
IV.9. Conclusion :	46

Chapitre V: Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores.

V.1. Introduction :	47
V.2. Les différents types de bruit dans l'environnement :	47
V.2.1. Les actions de réductions de bruits en entreprise :les actions techniques de réduction du bruit sont :	47
V.2.2. Les actions en amont :	47
V.2.3. Les actions sur les sources fluides :	48
V.2.4. Les actions sur les sources solidienne :	49
V.2.5. Les actions sur la propagation aérienne :	49
V.2.6. Les actions sur la propagation solidienne	51
V.3. Les protections individuelles contre le bruit	52
V.3.1. Le marquage CE (conformité européenne) :	53

V.3.2.	Un affaiblissement acoustique adapté :.....	53
V.3.3.	Le confort du porteur :	54
V.3.4.	Environnement de travail et l'activité :.....	54
V.3.5.	Les éventuels troubles médicaux :.....	54
V.3.6.	La compatibilité avec d'autres équipements de protection individuels (EPI).....	55
V.3.7.	Mettre en place et entraîner les PICB	55
V.4.	Les protections collectives :.....	55
V.4.1.	Lutte contre le bruit à la source :	55
V.4.2.	Réduire la propagation du bruit	55
V.5.	Suivre la prévention médicale :.....	57
V.5.1.	Examen médicale :.....	57
V.5.2.	Sensibiliser les salariés au risque d'exposition au bruit en milieu professionnel...	57
V.6.	Comment signaler le bruit :.....	58
V.7.	Conclusion :	58
	Conclusion générale.....	59
	Bibliographie	60
	Annexes	

Problématique

La fatigue auditive est un des impacts produits par l'exposition sonore prolongée au bruit. Peu visible sans matériel audiométrique, un grand nombre d'individus ne se rendent pas compte de ce qui leur arrive et des risques que cela représente. L'objet de ce mémoire est de présenter les principaux résultats d'une étude d'onde sonore et leurs impacts sur l'audition.

Résumé :

L'homme est de plus en plus exposé aux ondes sonores. Qu'elles soient à l'origine d'un mode de vie de plus en plus urbanisé ou d'une exposition professionnelle, ses expositions impactent de manière significative la qualité de vie des personnes exposées. Dans le cadre de notre projet nous avons fait une étude détaillée sur les ondes sonores et leur impact sur l'audition. Une onde acoustique a des caractéristiques physiques tels que l'intensité, le niveau sonore, la fréquence et de son impulsivité peut être à l'origine de troubles physiologiques, biologiques ou psychologiques, elle est alors nommée bruit.

Pour améliorer notre étude on a choisi d'effectuer notre stage au sein de l'entreprise FERTIAL-Annaba du 02 au 16 Mai 2021 qui a duré 15 jours qui nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant nos études, de plus, d'inspecter les nuances existantes entre la théorie et la pratique.

Mots clés : Etude, onde, sonores, impact, audition, Fréquence et Intensité sonores, Nuisance, Acoustique, Bruit.....

Abstract :

Humans are increasingly exposed to sound waves. Whether they are at the origin of an increasingly urbanized lifestyle or occupational exposure, these exposures significantly impact the quality of life of those humans who are exposed.

As part of our project we did a detailed study on sound waves and their impact on hearing. An acoustic wave has physical characteristics such as intensity, sound level, frequency and its impulsivity can be the cause of physiological, biological or psychological disorders, it is then called noise.

To improve our study, we chose to do our internship in FERTIAL-Annaba company from the 2nd of May to 16, 2021, which lasted 15 days which allowed us to put into practice our theoretical knowledge acquired during our studies, moreover, to inspect the existing nuances between theory and practice.

Keywords: Study, wave, sound, impact, hearing, Sound frequency and intensity, Nuisance, Acoustics, Noise

ملخص:

يتعرض البشر بشكل متزايد للموجات الصوتية. سواء كانوا في الأصل من نمط حياة متحضر بشكل متزايد أو تعرض مهني، فإن التعرض له يؤثر بشكل كبير على نوعية حياة أولئك المعرضين كجزء من مشروعنا قمنا بإجراء دراسة مفصلة عن الموجات الصوتية وتأثيرها على السمع. تتميز الموجة الصوتية بخصائص فيزيائية مثل الشدة ومستوى الصوت والتردد ويمكن أن يكون اندفاعها هو سبب الاضطرابات الفسيولوجية أو البيولوجية أو النفسية، التي يطلق عليها الضوضاء.

من 2 إلى 16 مايو 2021 والذي استمر Annaba-FERTIAL لتحسين دراستنا، اخترنا إجراء تدريبنا الداخلي في شركة 15 يوما مما سمح لنا بتطبيق معرفتنا النظرية المكتسبة أثناء دراستنا، علاوة على ذلك، لفحص الفروق الدقيقة الموجودة بين النظرية والتطبيق.

الكلمات المفتاحية: دراسة، موجة، صوت، تأثير، سمع، تردد الصوت وشدته، إزعاج، صوتيات، ضوضاء.....

Listes des Figures :

N°	Nom	N° page
<i>Chapitre I :</i>		
Figure 1	L'énergie transportée par l'onde sonore	3
Figure 2	La diffusion de la source sonore dans l'espace	3
Figure 3	La réverbération d'une onde sonore	4
Figure 4	Le milieu de propagation d'une onde sonore	4
Figure 5	Représentation graphique d'une onde sonore en fonction du temps	5
Figure 6	Représentation graphique d'un bruit continue.	5
Figure 7	Représentation graphique du bruit fluctuant	6
Figure 8	Représentation graphique du bruit intermittent	6
Figure 9	Représentation graphique du bruit impulsionnel.	7
Figure 10	Le son pur et complexes représenté graphiquement	7
Figure 11	Représentation graphique de la longueur d'onde	8
Figure 12	La fréquence de sensibilité de l'oreille humaine	8
Figure 13	Représentation graphique des sons graves, médiums et aigus	9
Figure 14	Les périodes représentés dans des graphes	10
Figure 15	L'amplitude représenté dans le graphe	11
<i>Chapitre II :</i>		
Figure 1	Vue d'ensemble des 3 partie de l'oreille	12
Figure 2	Vue d'ensemble de l'oreille externes	13
Figure 3	Vue d'ensemble de l'oreille moyenne	13
Figure 4	Vue d'ensemble de l'oreille interne	14
Figure 5	Distribution des fréquences	14
Figure 6	Fonctionnement de l'oreille.	15

Figure 7	Champ auditif humain (crédits : P. Minary)	16
Figure 8	Les degrés de surdité.	17
Figure 9	Audiogramme représentatif de la surdité au bruit	18
Figure 10	Schéma des effets extra auditifs du bruit selon W. Babish, 2002	19
Figure 11	Les troubles non auditifs	19
Figure 12	Schéma des effets extra auditifs court et long terme selon l’OMS, 2017	20
Figure 13	Effet du bruit de fond sur la conversation en fonction de la distance de l’auditeur par rapport au locuteur (Source : AFFSE, 2004)	20
Chapitre III :		
Figure 1	La correction acoustique	23
Figure 2	Un sonomètre.	25
Figure 3	Un dosimètre	25
Figure 4	L’étalonnage	26
Figure 5	Calibrage	27
Figure 6	L’analyse en bandes larges (par octave ou tiers d’octave)	29
Figure 7	L’analyse en bandes fines	29
Figure 8	Courbes de pondération A et B	31
Figure 9	Addition des décibels	31
Chapitre IV :		
Figure 1	Localisation géographique de Ferial Annaba par Google Earth.	33
Figure 2	Un sonomètre SOLO-Slm.	34
Figure 3	Localisation des zones de mesures	35
Figure 4	Les 7 points de mesures	35
Figure 5	Salle des machines	36
Figure 6	Les points de mesures représentées graphiquement	37
Figure 7	La zone SIDEM-D-.	37

Figure 8	Les mesures représentées graphiquement	38
Figure 9	Les points de mesures représentées graphiquement	39
Figure 10	Le pourcentage des mesures représenté	40
Figure 11	Courbe représente la différence entre le bruit en marche et le bruit en arrêt.	41
Figure 12	Représentations des zones et leurs niveaux sonores dans une cartographie	42
Figure 13	Une cartographie avec les niveaux sonores	43
Figure 14	Récapitulatif des répondants ayant participé à l'enquête	44
Figure 15	Un examen audiométrique	45
Figure 16	Mesures correctives sur une sortie d'échappement (CSST).	46
<i>Chapitre V</i>		
Figure 1	Actions sur l'écoulement primaire.	49
Figure 2	Modification de la structure pour réduire le bruit.	50
Figure 3	Cloisonnement un type d'isolation	50
Figure 4	Encoffrement de l'extérieur	51
Figure 5	Encoffrement de l'intérieur pour machine	52
Figure 6	Un écran	52
Figure 7f	La propagation solidienne	53
Figure 8	Simulation d'un niveau de bruit de 120dB(A)	55
Figure 9	Exemple de résultats d'une double protection	55
Figure 10	L'éloignement à la source.	57
Figure 11	Réduire le bruit à la source	58
Figure 12	Les plaques signalétiques de bruit.	60

Liste des Tableaux:

N°	Nom	N° page
<i>Chapitre I :</i>		
Tableau 1	Représente la fréquence du sons graves et sons aigus ainsi que le son médium	8
Tableau 2	Représentation graphique des sons graves, médiums et aigus	9
<i>Chapitre III :</i>		
Tableau 1	Estimation du bruit qui gêne	23
Tableau 2	Durées d'exposition quotidienne au bruit en milieu de travail	24
Tableau 3	Choisir un instrument de mesure	27
<i>Chapitre IV</i>		
Tableau 1	Les mesures du niveau sonores sur 5 points	36
Tableau 2	Les mesures des niveaux sonores sur 5 points dans la zone SIDEM-D-	38
Tableau 3	Les mesures des niveaux sonores sur 5 points dans la zone la route principale de l'usine.	39
Tableau 4	La durée d'exposition quotidienne maximale aux niveaux sonores	40
Tableau 5	Comparaison entre les deux phases (marche- arrêt).	41
<i>Chapitre V</i>		
Tableau 1	Les différents équipements de protection individuelle	54
Tableau 2	Aide au choix des PICB selon les facteurs de l'environnementaux	56



Introduction

générale

Introduction générale

L'audition est à l'origine même de la communication humaine. Parler, communiquer, sont des éléments indispensables à l'épanouissement personnel, à la vie en société et même à la survie de notre espèce. Néanmoins, plusieurs facteurs sont susceptibles de gêner cette communication, tels que les ondes sonores. [1]

Les premières études sur les phénomènes acoustiques remontent au VI^e siècle avant l'ère chrétienne par les théoriciens et philosophes grecs dont le plus connu est Pythagore. L'école pythagoricienne se pencha sur le fonctionnement des cordes vibrantes et construisit une échelle musicale. Les anciens avaient également découvert que le son est dû aux chocs et aux mouvements vibratoires. [2]

Les ondes sonores dans l'environnement (également appelé bruit résidentiel ou bruit domestique) sont définies comme des ondes sonores émis par toutes les sources sauf le bruit sur le lieu de travail industriel. Les sources principales des ondes sonores dans l'environnement incluent le trafic aérien, le trafic routier, le trafic ferroviaire, les industries, la construction et les travaux publics, et le voisinage. Les sources principales du bruit à l'intérieur sont les systèmes de ventilation, les machines de bureau, les appareils ménagers et le voisinage. [3]

L'urbanisation, l'industrialisation, la croissance économique et la motorisation sont les grands moteurs des sociétés de consommation ainsi que les plus grandes sources de bruit. [4]

Contrairement à beaucoup d'autres problèmes de l'environnement, la pollution par le bruit continue à se développer et génère un nombre croissant de plaintes de la part des personnes qui y sont exposées. La croissance des nuisances sonores est insupportable, parce qu'elle a des effets négatifs sur la santé à la fois directs et cumulés. Elle affecte également les générations futures, et a des implications sur les effets socio-culturels, physiques et économiques. [3]

C'est malheureusement avec le temps, et lorsqu'il est « trop tard » qu'une personne se rend compte que sa capacité de compréhension est diminuée, que ce soit dans le silence ou en présence de bruit. [1]

La fatigue auditive est un des impacts produits par l'exposition sonore prolongée au bruit. Peu visible sans matériel audiométrique, un grand nombre d'individus ne se rendent pas compte de ce qui leur arrive et des risques que cela représente. [1]

L'objet de ce mémoire est de présenter les principaux résultats d'une étude d'onde sonore et leurs impacts sur l'audition.

D'abord, dans le 1^{er} chapitre, nous allons commencer par des généralités sur les propriétés des ondes acoustiques, puis on va parler de la capacité qu'ont les différents milieux de propagation à atténuer le son et on finalise avec la notion des niveaux sonores, qui est une grandeur physique permettant de décrire une échelle sonore ;

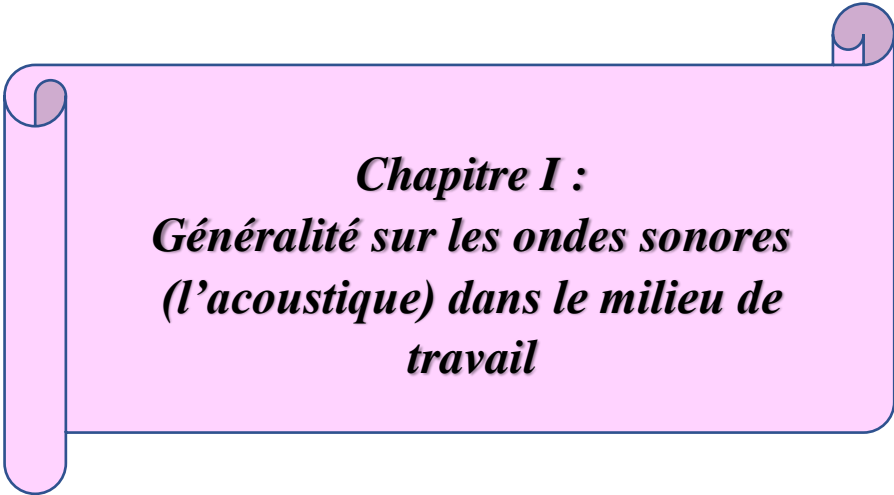
Introduction générale

Ensuite, le chapitre II va contenir l'anatomie de l'oreille humaine ainsi que son fonctionnement et on va évoquer les effets sanitaires du bruit sur l'audition après, nous allons détailler les troubles et nuisance du bruit ;

D'une autre part, le Chapitre III va comporter le traitement acoustique des ondes sonores et on va traiter la méthodologie pour mesure de l'exposition au bruit professionnel ainsi que les moyens de mesurage du bruit. Ensuite, on va parler de l'analyse acoustique et spectrale et enfin, on va détailler la notion de pondérations et l'addition des niveaux sonore ;

Puis, le chapitre V va dominer notre parcours de stage pratique dans l'entreprise FERTIAL qui a duré 15 jours, il nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant nos études, de plus, d'inspecter les nuances existantes entre la théorie et la pratique.

Enfin, le chapitre IV va évoquer les normes nationale et internationales d'évaluation du bruit ainsi que les actions de réduction du risque lié au bruit après on va détailler les éléments de protections individuelles et la prévention collectif contre le bruit. Puis, on va aborder la prévention médicale et psychologique ;



Chapitre I :
Généralité sur les ondes sonores
(l'acoustique) dans le milieu de
travail

I.1. Introduction

De tout temps, la meilleure communication entre les êtres humains mais aussi entre la plupart des espèces animales passe par la communication orale, de nature sonore. Qu'ils s'agissent de bruits ou de paroles, sont omniprésents dans notre vie, cependant ils ne sont pas toujours aussi inoffensifs qu'on peut le croire. [5]

I.2. Onde acoustique

Une onde sonore est une onde mécanique émise par une membrane vibrante. Pour se déplacer, elle nécessite un milieu matériel élastique. L'onde sonore se déplace donc par une succession de compressions et de détentes du milieu sans déplacement de matière, c'est-à-dire sans faire bouger les particules du milieu. [6]

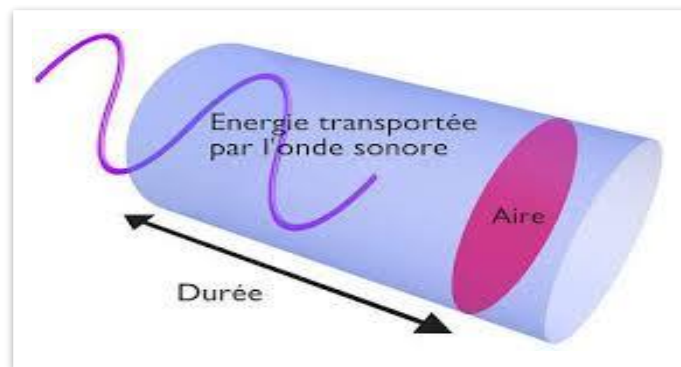


Figure I.1. L'énergie transportée par l'onde sonore. [7]

I.3. La source sonore

Les ondes sonores sont produites par la vibration mécanique d'un corps. La source de l'onde sonore doit être capable de créer une vibration de fréquence audible par l'Homme. Les sources de fréquences inférieures à 20 vibrations par seconde soient 20 Hz ou supérieures à 20 000 Hz ne représente pas des sources sonores. [4]

I.4. Reverberation

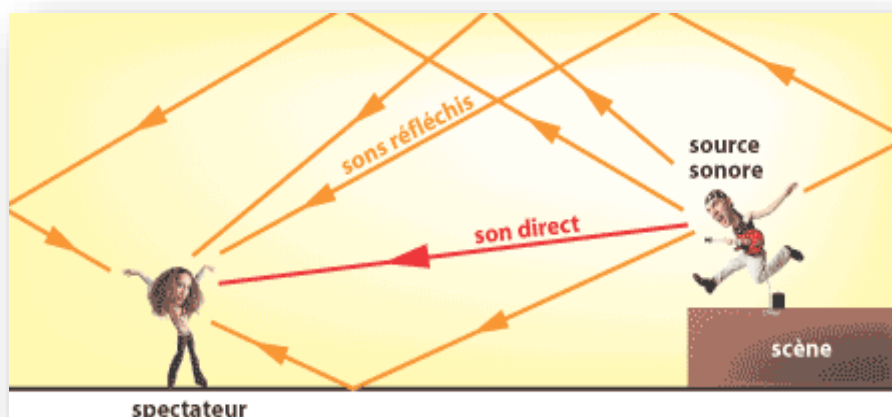


Figure I.2 La diffusion de la source sonore dans l'espace. [8]

La réflexion du son sur les parois constitue un phénomène qu'on appelle la réverbération du local.

La réverbération d'une paroi représente sa capacité à réfléchir les ondes sonores dans un milieu donné.

La durée de réverbération d'un local permet de caractériser la réverbération. C'est le temps mis par un son que l'on interrompt soudainement pour décroître de 60 dB.

Pour obtenir une bonne acoustique de l'atelier, le choix de l'emplacement des matériaux sera également déterminant (aux murs ou au plafond). [9]

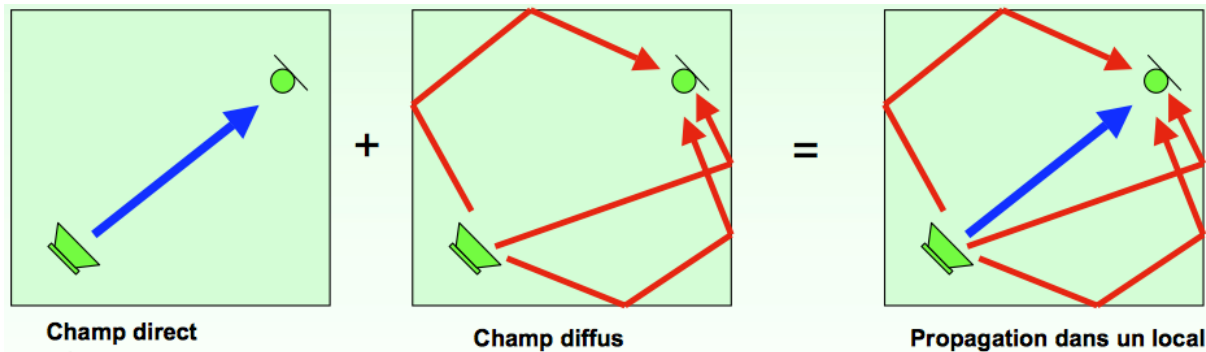


Figure I.3. La réverbération d'une onde sonore. [10]

I.5. Milieu de propagation

La propagation des ondes acoustiques obéit aux mêmes lois que la plupart des phénomènes relevant de la théorie des ondes. Toute perturbation induite dans un milieu élastique donné est à l'origine d'une déformation locale qui se déplace avec une célérité ne dépendant que des propriétés physiques du milieu considéré. Lors de la propagation d'une onde d'un point à un autre, il n'y a pas de transport de matière, car l'onde ne transporte que de l'énergie. [11]

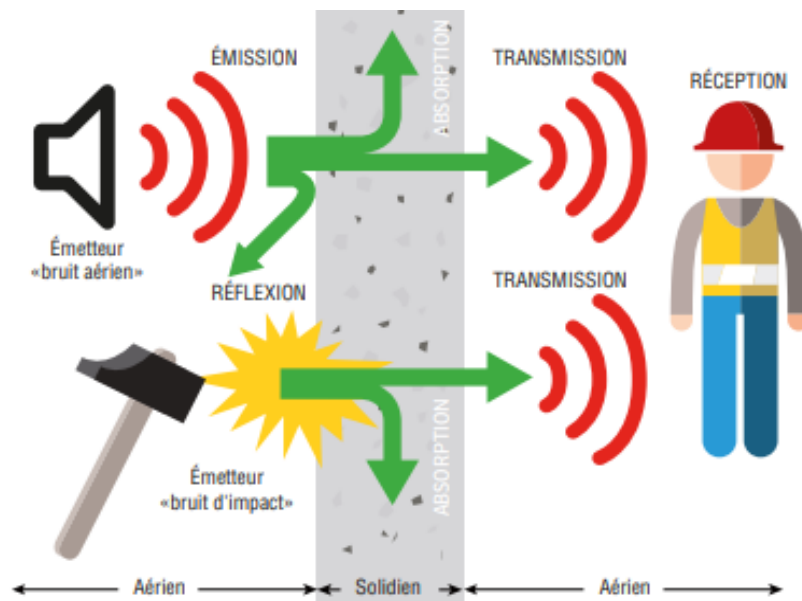


Figure I. 4. Le milieu de propagation d'une onde sonore. [9]

I.6. Représentation d'une onde sonore

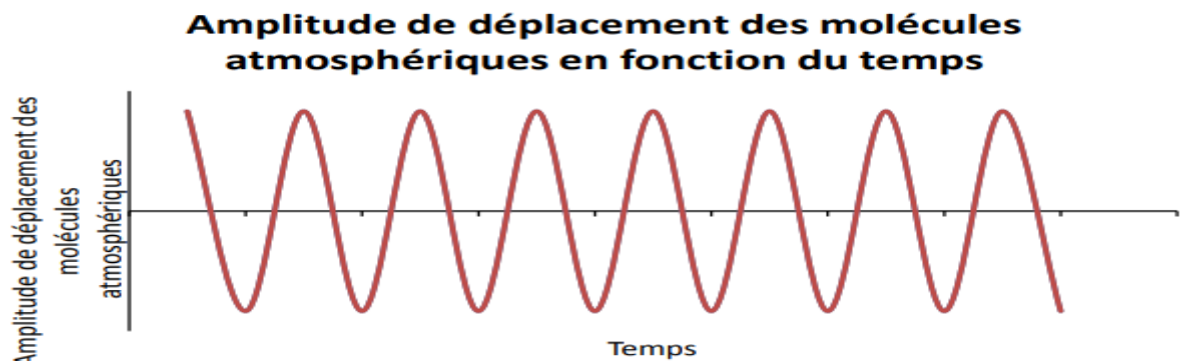


Figure I.5. Représentation graphique d'une onde sonore en fonction du temps.[4]

I.7. Etude acoustique

I.7.1. Bruit

Le bruit est un son [vibration de l'air], continu ou non, particulièrement désagréable et gênant à entendre. Le bruit, caractérisé par son intensité et sa fréquence, peut avoir des conséquences physiques et psychiques graves sur les personnes. Ces nuisances sonores peuvent être la cause de certaines perturbations de l'organisme comme le stress, des troubles du sommeil ou une baisse de l'ouïe. La perception du bruit varie d'un individu à l'autre [un bruit peut être agréable pour certaines personnes mais désagréable pour d'autres]. Nous ne sommes donc pas tous égaux face au bruit. [12]

I.7.2. Les types du bruit [9]

- **Le bruit continu** est un bruit qui présente très peu de variations de niveau dans le temps ;

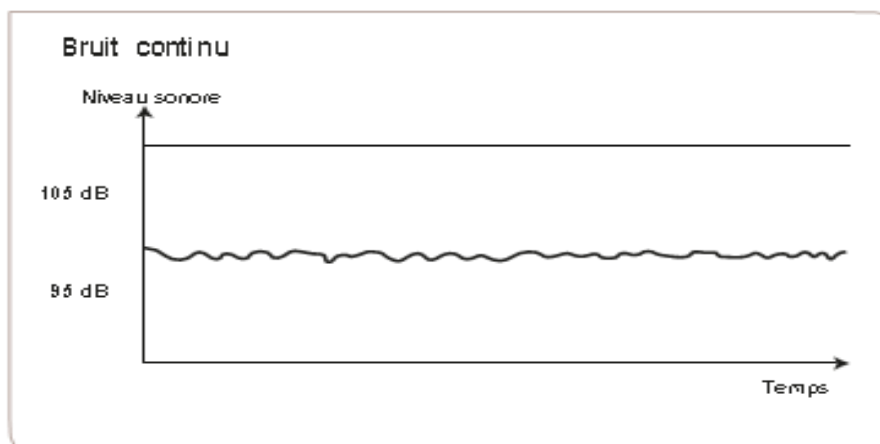


Figure I.6. Représentation graphique d'un bruit continue.

- **Le bruit fluctuant** est un bruit qui varie de manière irrégulière dans le temps ;

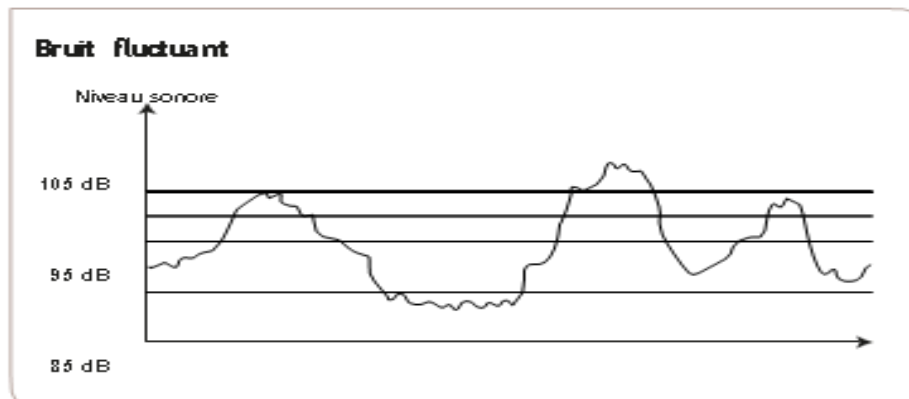


Figure I.7. Représentation graphique du bruit fluctuant

- **Le bruit intermittent**, ou le bruit de courte durée répété, ressemble à un bruit fluctuant, mais il est plus prévisible dans le temps ;

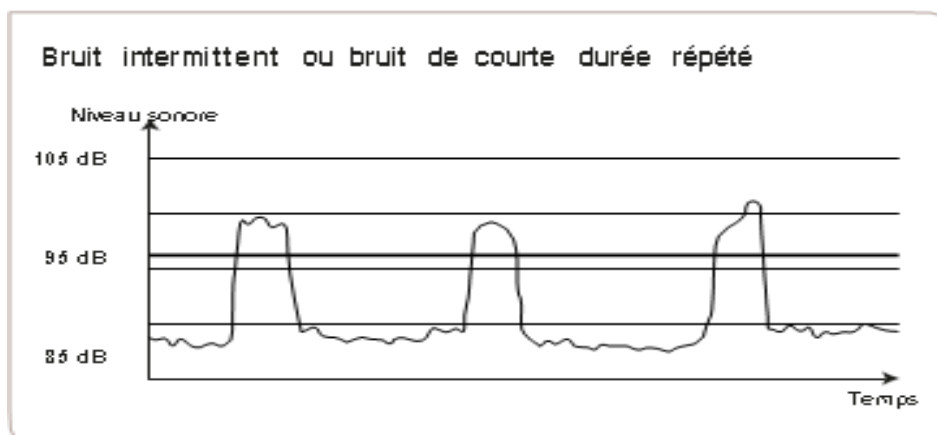


Figure I.8. Représentation graphique du bruit intermittent

- **Le bruit impulsionnel** se caractérise par des impulsions élevées de courte durée.

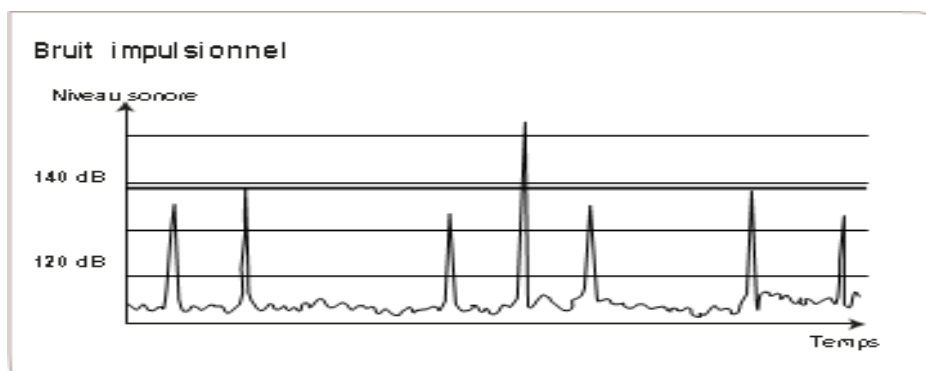


Figure I. 9. Représentation graphique du bruit impulsionnel.

I.7.3. Son complexes et son pur

Un son est dit pur si celui-ci est associé à un signal périodique de fréquence f correspondant à une courbe sinusoïdale. En revanche, un son est dit composé lorsqu'il est associé à un signal périodique non sinusoïdal. On peut alors le décomposer en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences différentes, tous multiples d'une fréquence f dite fondamentale. Les fréquences multiples sont appelées harmoniques. [13]

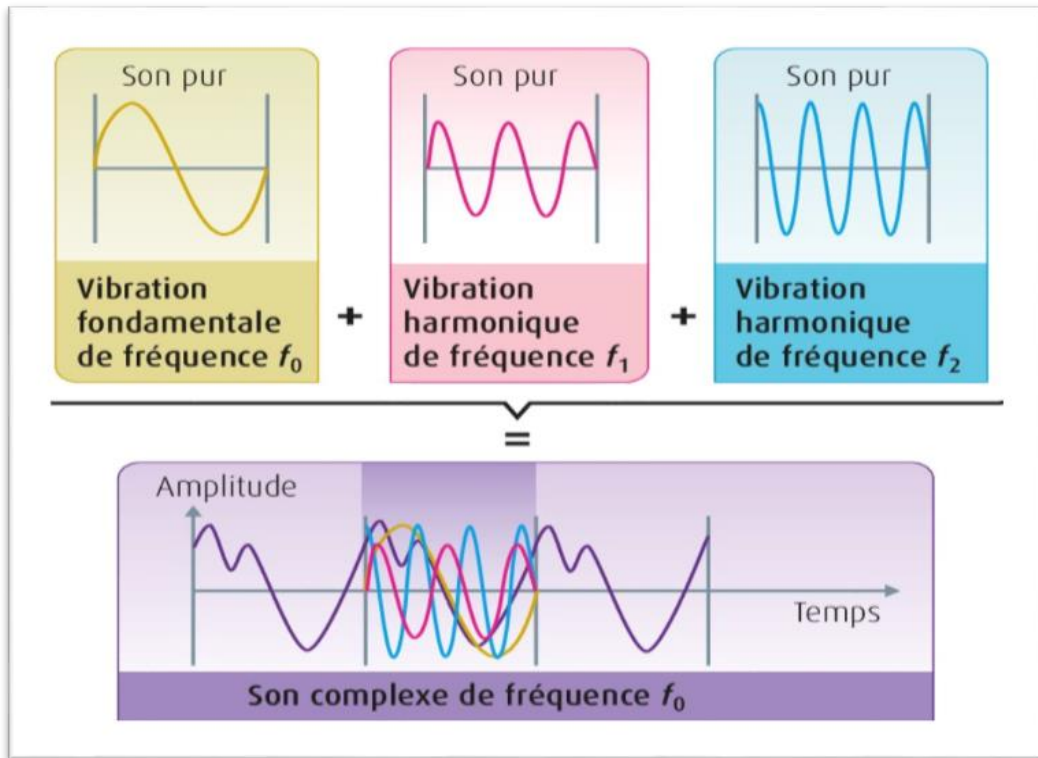


Figure I.10. Le son pur et complexes représenté graphiquement. [14]

I.7.4. Les caractéristiques d'onde sonore

I.7.4.1. La longueur d'onde : [2]

On appelle longueur d'onde λ , la distance qui sépare deux états vibratoires identiques consécutifs.

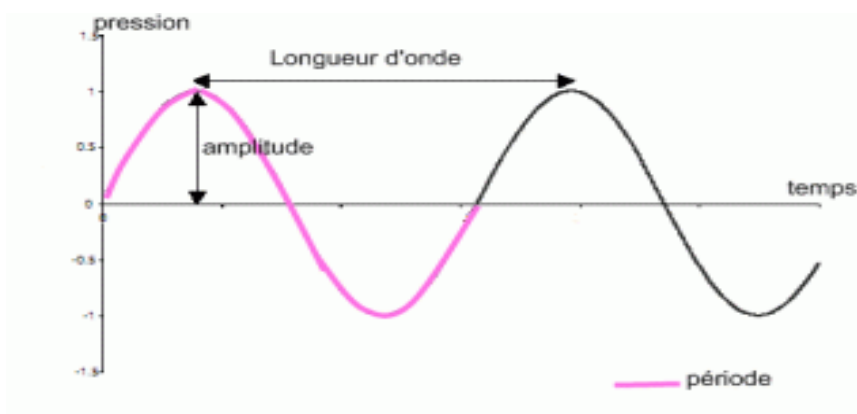


Figure I.11. Représentation graphique de la longueur d'onde. [15]

On appelle période T, le temps qui sépare deux états vibratoires identiques consécutifs.

I.7.4.2. Fréquence

La fréquence correspond au nombre de cycle complet de vibrations en une seconde. [16] Le son est caractérisé par une fréquence f, nombre de fluctuations de la pression par seconde. Cette fréquence est exprimée en hertz (Hz ou s⁻¹). L'oreille humaine est sensible à des sons compris entre 20 et 20 000 Hz. [17]



Figure I.12. La fréquence de sensibilité de l'oreille humaine. [18]

I.7.4.3. Sons graves et sons aigus

Tableau I.1. Représente la fréquence du sons graves et sons aigus ainsi que le son médium.[19]

	Fréquences
Sons graves	20 à 200 Hz
Sons médiums	200 à 2 000 Hz
Sons aigus	2 000 à 20 000 Hz

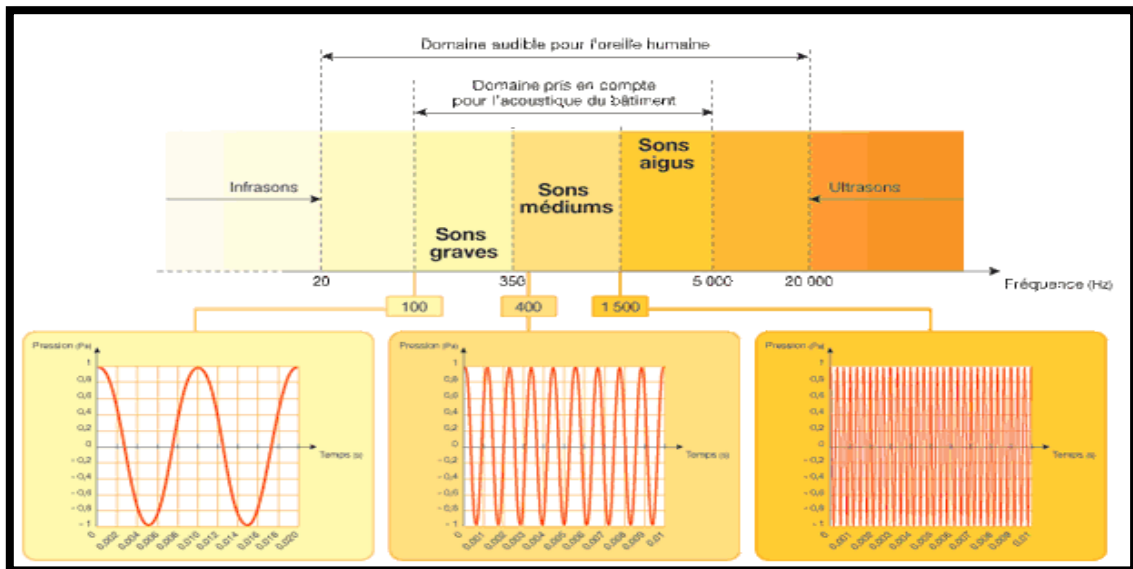


Figure I.13. Représentation graphique des sons graves, médiums et aigus. [17]

I.7.4.4. La célérité

La célérité de l'onde sonore dépend : [20]

- ✓ De la nature physique du milieu qu'il soit solide, liquide ou gazeux ;
- ✓ De la pression pour les milieux gazeux ;
- ✓ De la température.
- ✓ De la densité ou masse volumique du milieu ;
- ✓ Du coefficient de compressibilité isotherme qui est la caractéristique d'un milieu à subir une compression à une température donnée. Ce coefficient est élevé pour les milieux gazeux et faible pour les milieux solides ;
- ✓ De la fréquence mais cette variation reste très faible et peu significative.

Tableau I.2. La célérité des ondes sonores dépend de la nature du milieu.

Nature de milieu	Célérité
Air à 20°C	340
Eau de mer à 25°C	1533
Eau douce à 25°C	1493
Fer à 20°C	5130
Cuivre à 20°C	3751
Plomb à 20°C	1230
Verre à 20°C	5300
Béton à 20°C	3100
Glace à 0°C	3200
Granit à 20°C	6000

I.8. Grandeur physique du bruit

I.8.1. La puissance acoustique

Elle est l'énergie sonore émise par l'équipement ou la machine. C'est un paramètre qui permet de caractériser une source acoustique, d'évaluer le bruit à la source de sa diffusion. Elle s'exprime en watt. Elle peut être définie par la formule : [2]

$$P = E / \Delta t$$

P : est la puissance acoustique en Watt (W) ;

E : l'énergie acoustique en joules (J) ;

Δt : un intervalle de temps (s).

Cette variable dépend uniquement des caractéristiques de la source

I.8.2. La pression acoustique

Elle est reçue par l'opérateur au niveau des oreilles. Elle s'exprime en Pascal. Elle s'exerce sur une surface S soit : [4]

$$P = F/S.$$

I.8.3. La durée : [18]

Le niveau sonore auquel les travailleurs sont soumis peut varier au cours de la journée, voire au cours de la semaine. Il est donc indispensable de prendre en compte le temps d'exposition (une journée ou une semaine) aux différents niveaux sonores sur une période représentative.

- ✓ Lorsque la période $T = (1/f)$ est longue, la fréquence est basse, produisant un son grave.
- ✓ Lorsque la période T est moyenne, la fréquence est moyenne, produisant un son médium.
- ✓ Lorsque la période T est courte, la fréquence est élevée, produisant un son aigu.

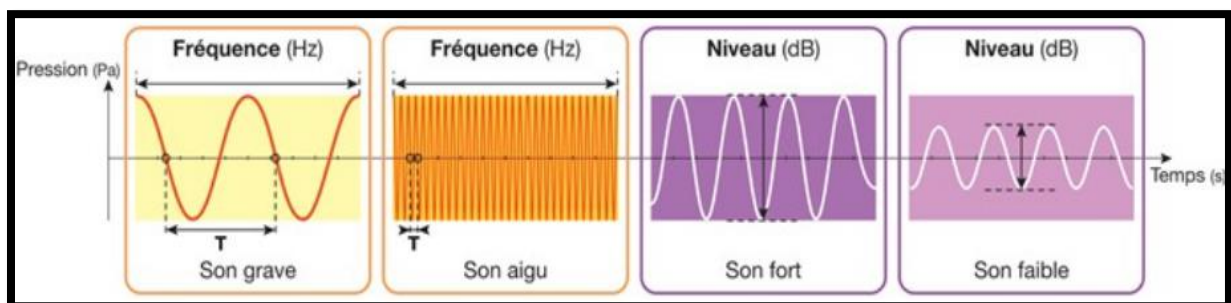


Figure I.14. Les périodes représentés dans des graphes. [21]

I.8.4. L'amplitude

Pour mesurer l'amplitude d'une onde sonore, on mesure la variation de pression entre la compression et la dépression maximale du milieu de propagation : [22]

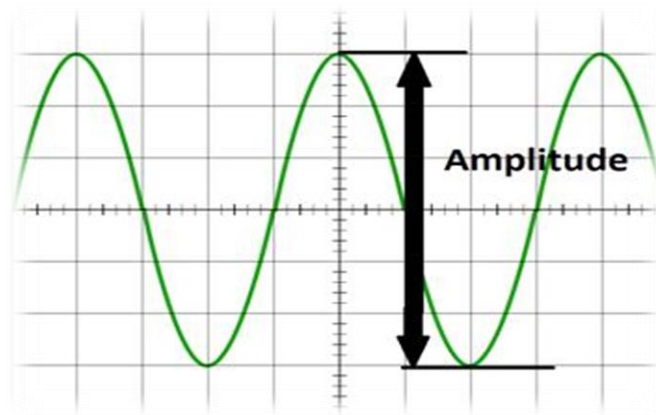


Figure I.15. L'amplitude représenté dans le graphe. [22]

I.8.5. L'intensité sonore

L'intensité du son est la sensation de bruit fort ou faible.

Pour que l'oreille perçoive le son, l'intensité minimale de l'onde doit être au moins de 10^{-12} W/m^2 (à la fréquence de 1000 Hz) c'est le seuil d'audition (I_0). Lorsque l'intensité est de 1 W/m^2 , le seuil de la douleur est atteint. Pour faciliter l'utilisation d'une si large étendue de valeur. On utilise l'échelle des décibels. Cette grandeur appelée niveau sonore exprimée en décibels peut se calculer à partir de l'intensité d'un son selon la formule suivante :

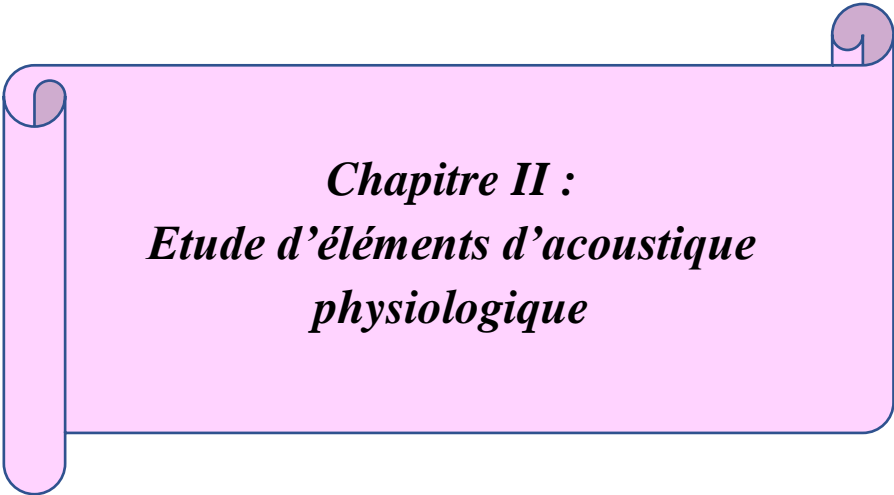
$$L = 10 \times \log (I / I_0)$$

Avec L en décibels (dB), I et I_0 , respectivement Intensité mesurée et intensité seuil d'audibilité, exprimées en W/m^2 . [19]

I.9. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre des généralités sur les propriétés des ondes acoustiques, puis on a traité la capacité qu'ont les différents milieux de propagation à atténuer le son et nous avons détaillé la notion des niveaux sonores, qui est une grandeur physique permettant de décrire une échelle sonore. Ce qu'on a retenu dans ce chapitre que les ondes sonores sont des ondes mécaniques qui se propage en alternant des compressions et des dilatations dans tout matériel compressible. D'autre part, sa vitesse de propagation dépend uniquement du milieu de propagation.

En effet, l'onde sonore est une onde sinusoïdale périodique qui se caractérise par sa période T et sa fréquence f.



Chapitre II :
Etude d'éléments d'acoustique
physiologique

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

II.1.Introduction :

L'audition est une fonction sensorielle qui joue un rôle primordial dans les rapports entre les êtres vivants et leur environnement. Chez tous les animaux terrestres l'audition est essentielle dans de nombreux comportements : défense, alimentation, ... Chez l'homme, la place de l'audition est encore plus importante : avec le développement du langage oral, l'audition est devenue la clé des interactions sociales et de la communication.

Elle est le résultat du travail du couple oreille-cerveau auditif. Une oreille sans cerveau est un microphone non connecté, mais sans oreille on ne peut même pas imaginer ce qu'est un son. Alors, il faut la protéger. Parmi les facteurs de risque il y a, au premier plan, le bruit intensif, l'exposition à des niveaux sonores élevés détruit de façon irréversible nos cellules sensorielles et provoque surdité et acouphènes. [23]

II.2.Anatomie et physiologie de l'oreille :

Parmi nos cinq sens, l'ouïe s'impose comme l'un des plus complexe de par la coopération d'éléments aux caractéristiques mécaniques, électriques, et cognitifs. En effet, au sein même de notre boîte crânienne, le mécanisme de l'ouïe est divisé en trois parties, appelées oreilles externes, moyenne et interne. [24]

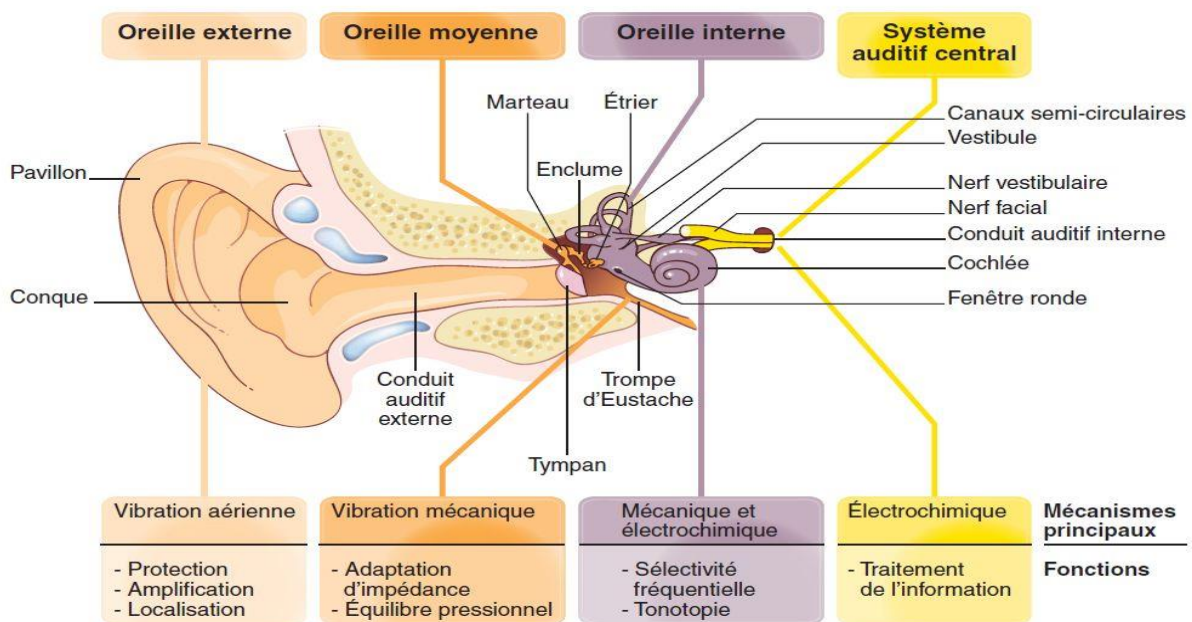


Figure. II. 1. Vue d'ensemble des 3 parties de l'oreille. [25]

II.2.1. L'oreille externe :

L'oreille externe canalise les sons du milieu extérieur vers le tympan, membrane vibrante chargée de transmettre les vibrations à l'oreille moyenne.

Elle comprend deux sous-parties : le pavillon ou auricule et le conduit auditif externe [25]

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

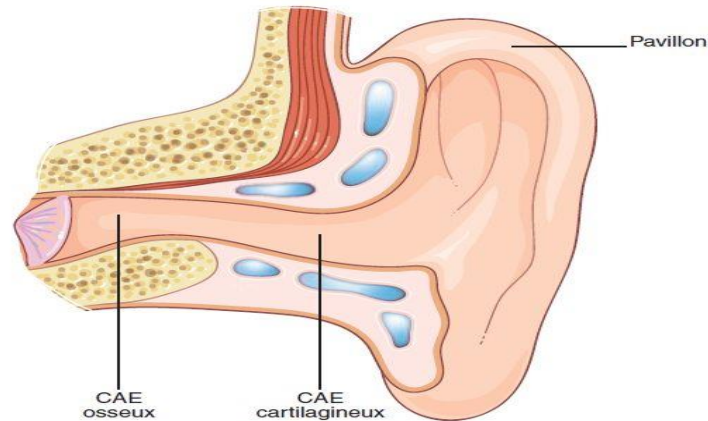


Figure. II. 2. Vue d'ensemble de l'oreille externes. [26]

II.2.2. L'oreille moyenne :

L'oreille moyenne comprend le tympan et la caisse du tympan, fermée en profondeur par la fenêtre ovale, une membrane qui la sépare de l'oreille interne. [27]

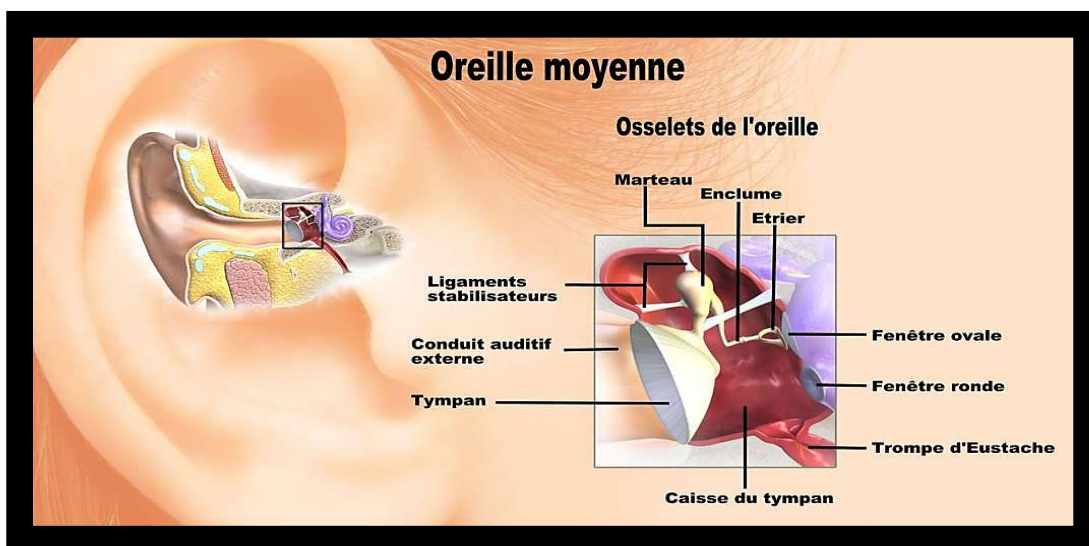


Figure. II. 3. Vue d'ensemble de l'oreille moyenne. [28]

II.2.3. L'oreille interne :

L'oreille interne, ou le labyrinthe, est une série de cavités creusées dans le rocher dans lesquelles se trouve le labyrinthe membraneux. Il contient les récepteurs sensoriels de l'audition et de l'équilibre et il est rempli d'un liquide lymphatique : l'endolymphe.

À partir de la fenêtre ovale, l'oreille interne comporte la cochlée, le vestibule et les canaux semi-circulaires.

À noter : un autre liquide labyrinthique s'interpose entre le labyrinthe osseux et le labyrinthe membraneux, c'est la périlymphe. [27]

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

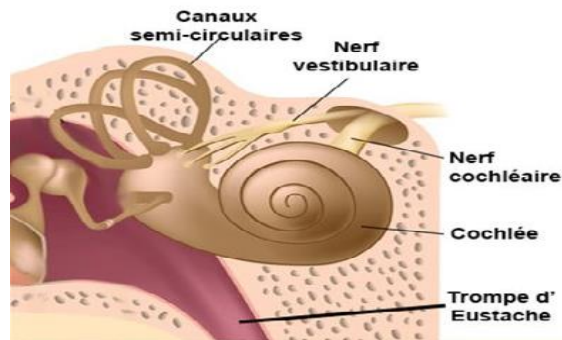


Figure. II.4. Vue d'ensemble de l'oreille interne. [29]

II.2.3.1. Distribution des fréquences le long de la membrane basilaire d'une cochlée humaine : tonotopie passive :

Quelques fréquences caractéristiques (en kHz) sont indiquées en bleu. Noter le gradient d'élargissement de la membrane basilaire depuis la base (20 kHz) jusqu'à l'apex (20 Hz).

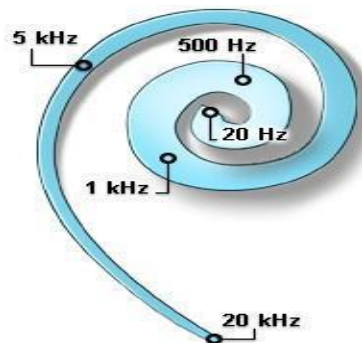


Figure. II. 5. Distribution des fréquences. [30]

II.3. Le fonctionnement de l'oreille :

Le pavillon capte les ondes sonores de l'environnement (parole, musique, bruit) et les dirige vers le conduit auditif externe qui assure leur transmission jusqu'à l'oreille moyenne. Les ondes sonores arrivent donc sur la membrane du tympan et la font vibrer. Ces mouvements sont transmis à la chaîne des osselets et les vibrations de l'étrier mettent alors en mouvement le liquide de la cochlée au niveau de laquelle il est relié. Les cellules ciliées de la cochlée se déplacent en fonction des mouvements du liquide et engendrent en conséquence des impulsions électriques au niveau des fibres nerveuses correspondantes. L'information sous forme d'impulsions est ensuite transmise au cerveau par le nerf auditif pour être interprétée tant que sons. [30]

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

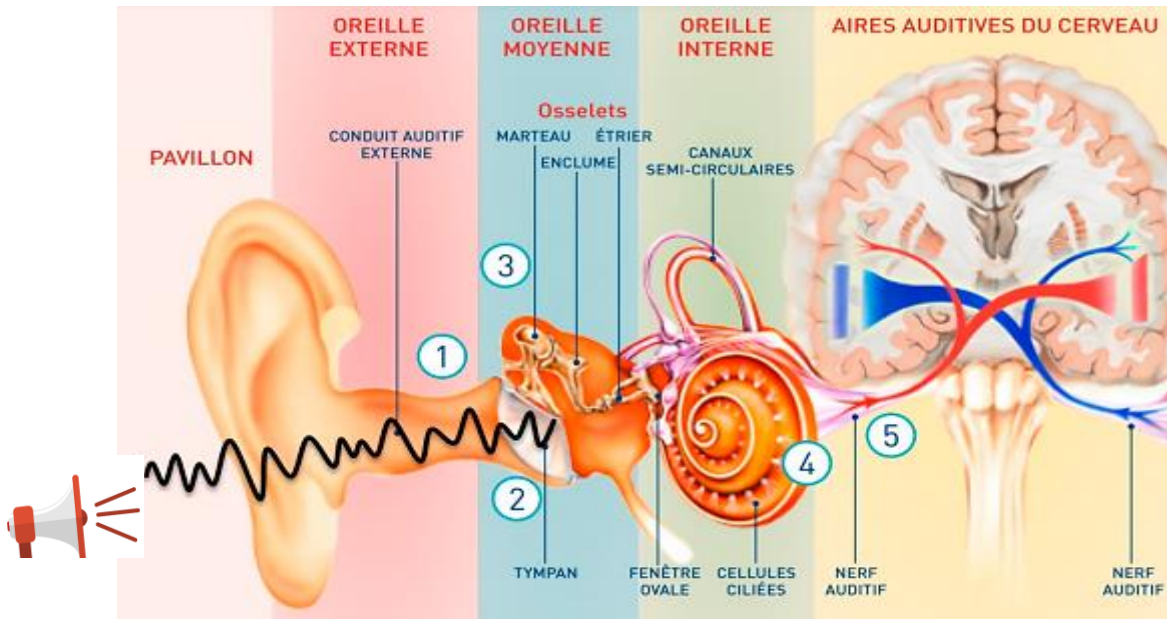


Figure. II. 6. Fonctionnement de l'oreille. [31]

II.4.L'effet sanitaire du bruit :

Tout phénomène acoustique se caractérise par son intensité (en décibels dB), sa répartition fréquentielle aussi appelée spectre [caractérisé par un ensemble de fréquences exprimées en hertz, Hz], ainsi que sa distribution temporelle et sa durée.

Le champ auditif humain s'étend approximativement de **20 à 20 000 Hz** et de **0 dB à 120 dB** (figure. II.15). Dans la gamme des niveaux sonores de la vie courante (**30 à 80 dB**), l'oreille est moins sensible aux sons graves et aigus qu'aux sons médiums (**500-2000 Hz**) qui correspondent aux fréquences conversationnelles. Pour tenir compte de cette sensibilité différente de l'oreille selon les fréquences, une unité physiologique de mesure du niveau sonore a été créée : le décibel A ou dB(A) qui intègre une pondération des niveaux de bruit par bandes de fréquence. Dans les niveaux les plus élevés (> **80 dB**), à l'inverse, l'oreille est davantage sensible aux sons graves. Des courbes de pondération spécifiques (**filtre C**) peuvent être utilisées. Il existe en outre une grande variabilité interindividuelle quant à la perception du bruit. [23]

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

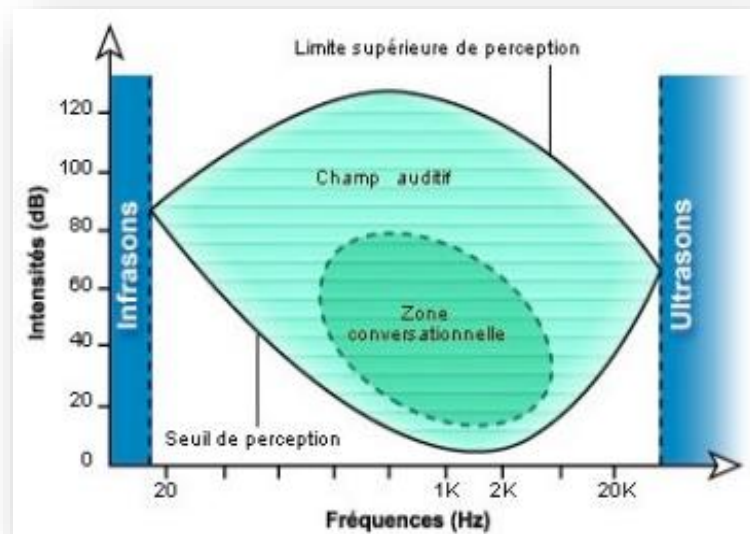


Figure. II. 7. Champ auditif humain (crédits : P. Minary). [23]

II.4.1. Trouble et nuisance sur l'audition : [24]

Les impacts sanitaires de l'exposition au bruit sont divers, comprenant l'impact sur l'audition qui provoque en effet une gêne et un stress qui perturbent l'organisme, humain ou animal. Chez l'homme, cela peut entraîner des problèmes auditifs.

La cochlée est fragile : il faut la protéger, parmi les facteurs de risque il y a, au premier plan, le bruit intensif. L'exposition à des niveaux sonores élevés détruit de façon irréversible nos cellules sensorielles et provoque surdité et acouphènes. De leur côté, les animaux ont tendance à fuir, quand ils le peuvent, des zones trop bruyantes.

II.4.1.1. Trouble auditif :

Il est provoqué et survient après une exposition brève à des niveaux sonores très élevés voire même très intenses [**au-delà de 160 dB(A), le tympan peut se rompre et la gravité du traumatisme peut être beaucoup plus importante**]. Si le salarié évite toute nouvelle exposition, le traumatisme peut éventuellement se résorber et il peut y avoir un rétablissement de l'audition. Ce traumatisme n'est tout de même pas sans conséquences pour le salarié.

II.4.1.2. La perte de l'audition de manière temporaire < 85 dB(A) :

Elle correspond à une diminution passagère de l'audition après avoir été exposé à des niveaux sonores élevés pendant plusieurs heures. L'audition va réapparaître progressivement au cours du temps. Nous pouvons rencontrer ce phénomène à la sortie d'un atelier très bruyant [zone de travail]. Cette perte temporaire peut être plus ou moins longue en fonction de l'intensité et de la durée d'exposition du salarié à cette source sonore.

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

II.4.1.3. La perte de l'audition de manière définitive > 85 dB(A) :

Elle correspond à la conséquence première d'une exposition répétée et de longue durée à des niveaux sonores importants. Nous parlons alors de surdité professionnelle, qui est alors reconnue actuellement comme une maladie professionnelle (**tableau n°42 annexer**).

En plus d'être une conséquence physique importante et grave, la surdité perturbe les relations entre les individus, ainsi que la qualité du travail du salarié. Elle provoque de la fatigue et du stress [troubles du sommeil – exposition < 80 dB(A)], entraîne des troubles psychosomatiques ainsi qu'un absentéisme répété et éventuellement des accidents de travail [perturbation de la communication, gêne de la concentration, problèmes d'attention causés par le bruit].

II.4.1.4. L'acouphène :

Cela correspond à des bourdonnements ou des sifflements dans l'oreille. Cela peut durer quelques heures voire même des années si l'exposition au bruit a été répétée, et gêner gravement la personne atteinte.

Note : *La dégradation progressive de l'ouïe n'est pas forcément repérée. Mais lorsque les premiers signes apparaissent, il est en général trop tard. L'oreille interne est touchée, nous pouvons parler de réel handicap social pour un salarié atteint de surdité.*

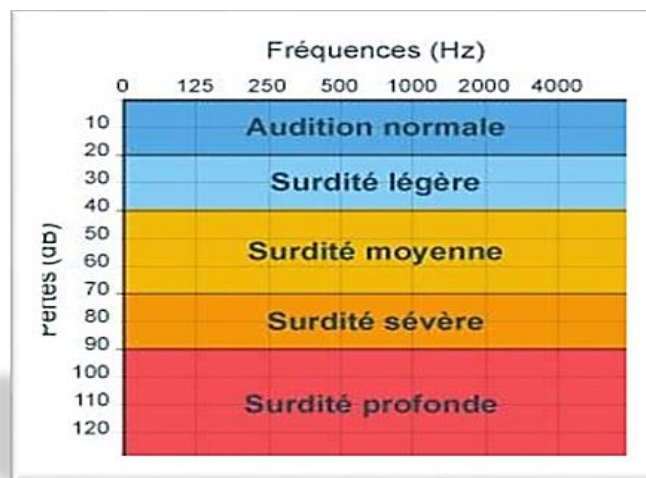


Figure. II.8. Les degrés de surdité. [25]

II.4.1.5. Type de surdité professionnelle :

La surdité professionnelle est un trouble de l'audition déterminé par l'exposition chronique au bruit. Le risque de surdité attribuable au bruit augmente avec son intensité, sa fréquence et la durée d'exposition.

II.4.1.5.1. La surdité de perception :

Cette surdité se situe à partir de la transformation des sons en flux nerveux. Le message sonore est soit mal encodé par l'oreille interne, soit mal transmis par le nerf auditif, ou soit

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

mal décodé au niveau du cortex cérébral. Quand les cellules ciliées sont mises hors service, les premières touchées sont celles qui transmettent les fréquences aiguës. La déformation atteint autant les sons externes que sa propre voix. Ce type de surdité peut être total.

II.4.1.5.2. La surdité de transmission :

Elle apparaît lorsqu'il y a entrave au passage des ondes sonores, avant leur codage. Elle atteint l'oreille externe ou moyenne. La perte prédomine sur les fréquences graves et n'est jamais totale. La personne perçoit néanmoins sa voix normalement.

II.4.1.5.3. La surdité mixte :

Elle conjugue à la fois une surdité de perception et une surdité de transmission.

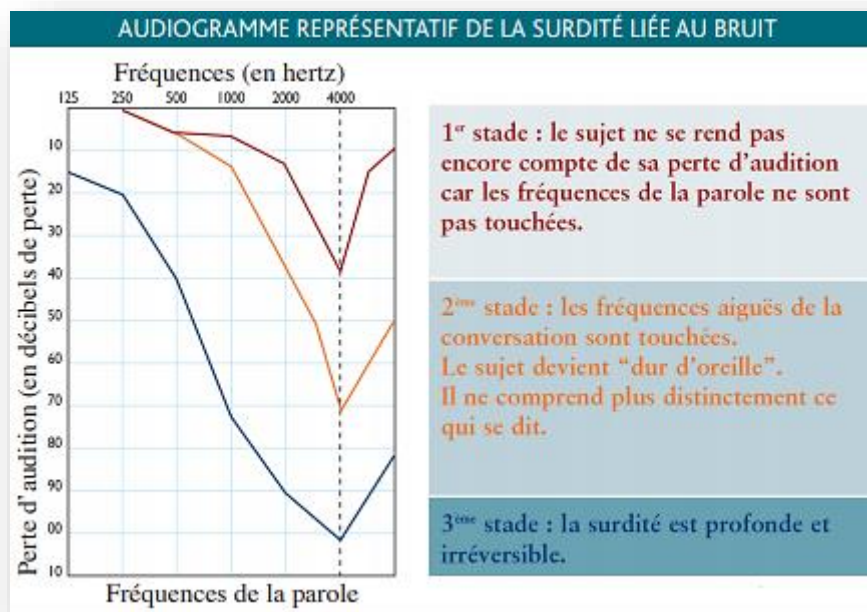


Figure. II. 9. Audiogramme représentatif de la surdité au bruit. [26]

Note : Un audiogramme est une représentation graphique de votre capacité auditive. Au cours de votre test auditif, votre audition est mesurée à différentes fréquences pour obtenir la courbe caractéristique de votre audition ou audiogramme.

II.4.2. Trouble non-auditif :

Le bruit n'a pas que des conséquences sur l'audition. La principale conséquence liée à des niveaux de bruit excessif est l'irritabilité du salarié, qui va générer inconsciemment du stress et de l'anxiété. Le sommeil est donc l'une des activités les plus perturbées à cause du bruit. La fatigue, la dépression, l'agressivité [troubles du comportement], la baisse des performances intellectuelles, une réduction de la productivité ... sont des phénomènes dus à ce manque de sommeil. [24]

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

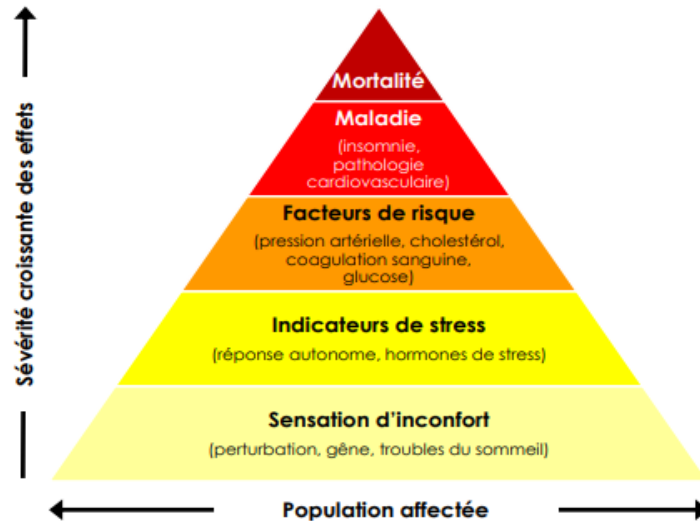


Figure. II. 10. Schéma des effets extra auditifs du bruit selon W. Babish, 2002. [27]

D'autres conséquences physiologiques peuvent apparaître comme l'hypertension, les troubles digestifs, les troubles de la vision, les troubles de la communication, ...

La totalité de l'organisme est touché par le bruit, soit de manière directe (troubles auditifs) soit de manière indirecte (troubles non auditifs). [24]



Figure. II. 11. Les troubles non auditifs. [26]

II.4.2.1. La notion de gêne :

Selon l'OMS, la gêne peut se définir comme « une sensation de désagrément, de déplaisir provoqué par un facteur de l'environnement dont l'individu (ou le groupe) reconnaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé ». Appelé couramment « gêne sonore », le trouble dû au bruit est une sensation de désagrément venant perturber les activités de tous les jours et entraînant rapidement irritation, fatigue puis épuisement et souffrances psychophysiologiques pouvant à

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

leur tour susciter des réponses négatives telles que la colère, l'agressivité. Chaque individu a sa propre perception du bruit. [27]

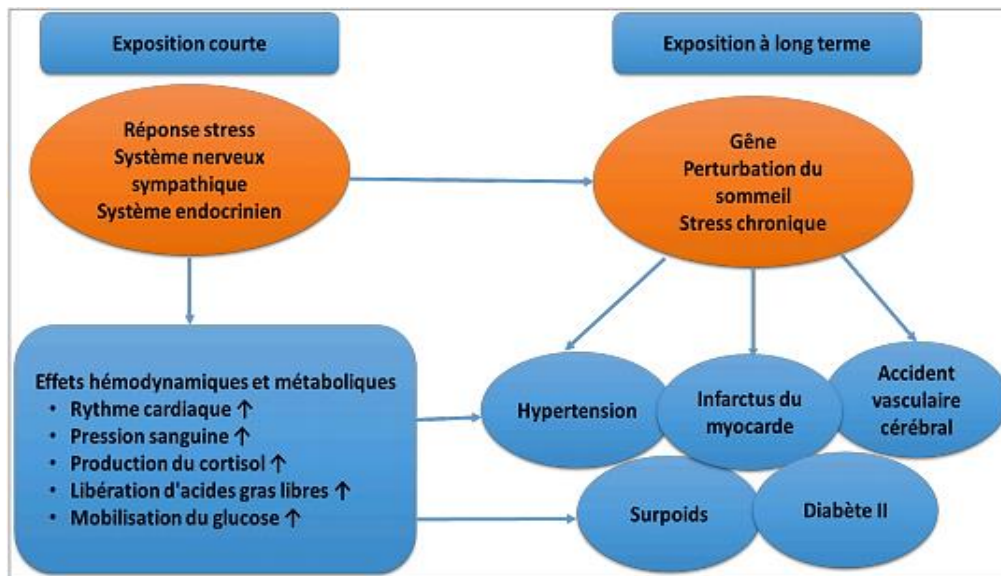


Figure. II. 12. Schéma des effets extra auditifs court et long terme selon l'OMS, 2017. [28]

II.4.2.2. L'effets de masque du bruit

Un son fort perturbe la perception des autres sons et les empêche d'être entendus. Cet effet de masque entraîne une perte d'information et de compréhension, et un risque d'accident. [27]

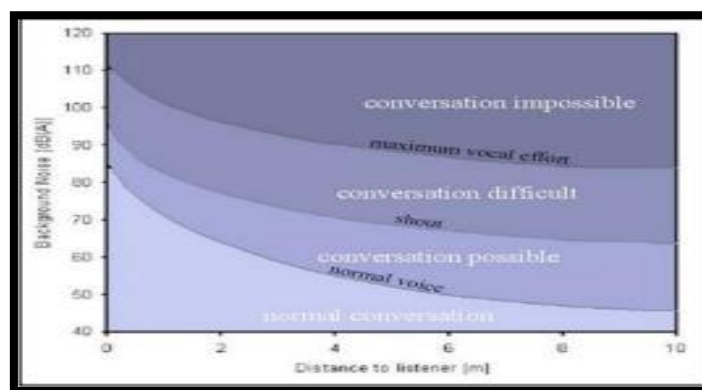


Figure. II. 13. Effet du bruit de fond sur la conversation en fonction de la distance de l'auditeur par rapport au locuteur (Source : AFFSE, 2004). [23]

II.4.2.3. Bruit et travailleuses enceintes

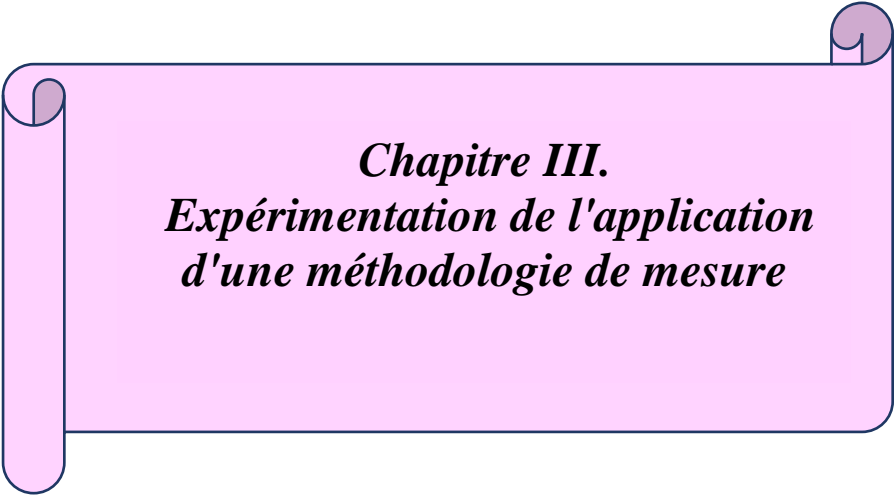
L'exposition des femmes enceintes à des niveaux élevés de bruit au travail est susceptible d'affecter le fœtus. « Une exposition prolongée à un bruit fort peut entraîner une hausse de la pression artérielle et de la fatigue. L'évidence expérimentale suggère, d'une part, qu'une exposition prolongée du fœtus à un bruit élevé pendant la grossesse peut avoir une incidence

Chapitre II : Etude d'éléments d'acoustique physiologique

sur sa future capacité à entendre et d'autre part, que de faibles fréquences sont davantage susceptibles d'être nocives ». [26]

II.5.Conclusion :

Nous avons parlé dans ce chapitre sur l'anatomie de l'oreille humaine ainsi son fonctionnement puis nous avons évoqué les effets sanitaires du bruit sur l'audition. Enfin, on a détaillé les troubles et nuisance du bruit. Ce qu'on a retenu dans ce chapitre que L'oreille humaine perçoit les sons entre 20 et 20000Hz. Au-delà de 130 dB les sons sont douloureux et la cochlée où siège l'organe de Corti, est le véritable organe de l'audition. D'autre part, le bruit peut provoquer des conséquences très grave sur l'audition comme la surdité, l'acouphène ou des troubles non auditif comme la gêne.



Chapitre III.
Expérimentation de l'application
d'une méthodologie de mesure

III.1. Introduction :

Les nuisances sonores sont devenues une des préoccupations majeures des politiques de santé et des travailleurs. Car les typologies de ces nuisances sont diverses et variées, parfois complexes à cerner et à traiter, parce que le bruit ne revêt pas toujours la même allure, changeant pour chaque secteur d'activité.[36] C'est pour cela le mesurage des niveaux sonores permet de découvrir les postes de travail où le bruit est excessif ainsi que les travailleurs exposés à un niveau sonore susceptibles de causer une perte auditive et quelles sont les autres mesures de bruit qui doivent être prises. L'information obtenue est aussi utile à la détermination des mesures de lutte contre le bruit adéquates à mettre en place.[38]

III.2. Traitement acoustique [39]:

III.2.1. Le principe :

Les parois des locaux sont réalisées à l'aide de matériaux ou de revêtements qui permettent, par l'absorption des ondes incidentes, de minimiser les ondes réfléchies vers l'opérateur

L'étendue et la qualité du traitement permettent de se rapprocher des conditions du champ libre : pente DL (distance à la source) par doublement de distance de 6 dB.

En termes de réduction du niveau sonore, le traitement acoustique :

- A une efficacité d'autant plus importante que le poste de travail est éloigné des sources de bruit dominantes ;
- Permet de tirer la meilleure efficacité possible des autres moyens de prévention collective que sont la réduction à la source, les encoffrements et les écrans, dans la situation fréquemment rencontrée dans l'industrie où plusieurs machines contribuent à l'exposition sonore de chaque personne ;
- Conduit à une ambiance sonore dans le local globalement moins bruyante.

III.2.2. Son opportunité

Dans l'industrie, une personne sur trois est exposée à des niveaux sonores gênants, voire dangereux. Le coût humain est important compte tenu que la surdité est irréversible et constitue un handicap majeur. Le coût financier l'est tout autant plus. Toutes ces raisons, appuyées par une réglementation précise, incitent à mener une lutte efficace contre la nuisance sonore. Les moyens d'action sont de trois ordres : réduction à la source, limitation au cours de la propagation et protection du personnel à la réception.

Le traitement acoustique relève de la propagation des sons. Deux situations sont à considérer :

- Nouveaux locaux ou extension de bâtiments : C'est l'occasion privilégiée d'intégrer de façon économique l'exigence de correction acoustique.
- Locaux existants : Un diagnostic préalable et une étude d'acoustique prévisionnelle permettent de rechercher et d'optimiser les solutions.

Un traitement acoustique se dit aussi fréquemment : « correction acoustique » ou « traitement anti réverbérant ». [37]

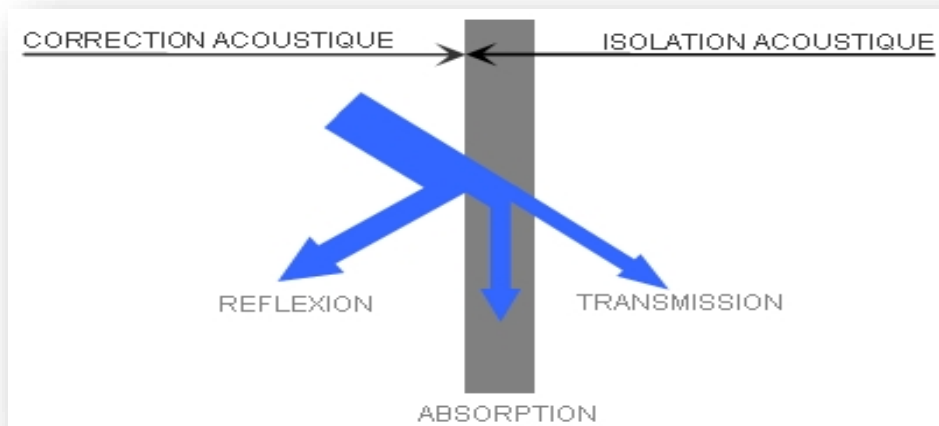


Figure III.1. La correction acoustique [40].

III.3. Méthodologie pour mesure de l'exposition au bruit professionnel [41]:

Le mesurage de l'exposition au bruit professionnel :

- Estimation ;
- Mesure.

III.3.1. Estimation :

La première étape dans la mesure d'exposition au bruit est de s'interroger sur les situations de risques. Cette estimation permet aussi d'identifier les travailleurs susceptibles d'être exposés au bruit professionnel. A travers une observation de l'activité de l'entreprise, il est possible d'estimer si le bruit est une gêne, voire un risque, pour les travailleurs. La première question est de savoir si la communication entre collègue est perturbée par le bruit.

Table.III.1. Estimation du bruit qui gêne

Test	Interprétation en termes de niveau de risque	Exemples
Devoir crier ou avoir beaucoup de difficulté à se faire comprendre par une personne située à moins de 1 m de distance.	Niveau 2 = risque certain	Atelier de menuiserie quand plusieurs machines à bois sont en marche Meuleuse, discothèque
Devoir crier ou avoir beaucoup de difficulté à se faire comprendre par une personne située à 2 m de distance.	Niveau 1 = Risque incertain	Atelier d'usinage (de type fraisage) Perceuse
Pouvoir communiquer normalement avec une personne située à 0,5 m de distance.	Niveau 0 = certitude d'absence de risque	Atelier de montage sans machines bruyantes Rue animée avec circulation

III.3.2. Mesure :

Elle n'est possible qu'à condition de pouvoir décomposer la journée de travail en plusieurs phases distinctes dont on connaît le niveau de bruit et la durée quotidienne. Elle nécessite au minimum un chronomètre et un sonomètre.

III.3.3. Niveau du bruit quotidien dans un milieu de travail

Les niveaux de bruit supérieurs à 90 dB se trouvent essentiellement dans la vie professionnelle (industrie, armée, artisanat, ...). Ces niveaux peuvent varier au cours d'une journée de travail. Le temps d'exposition des salariés à des niveaux de bruit élevés, prend ici tout son sens.

Selon l'INRS, « être exposé 8 heures à 80 dB(A) est aussi dangereux que d'être exposé 1 heure à 89 dB(A).

Table.III.2. Durées d'exposition quotidienne au bruit en milieu de travail

Niveau sonore en dB(A)	Durée d'exposition maximale
80	8 heures
83	4heures
86	2heures
89	1 heure
92	30 minutes
95	15 minutes
98	7.5 minutes

III.4. Mesurage du bruit [42]:

Mesurer le bruit est indispensable dans l'entreprise, pour apprécier l'exposition des salariés. L'exposition au bruit est considérée comme un facteur de risque professionnel de pénibilité.

Par conséquent, l'employeur doit réaliser une fiche de prévention des expositions pour chaque salarié exposé au bruit. Plusieurs types de mesures sont possibles : instantanés, ouprolongées dans le temps.

III.4.1. Mesures instantanées :

III.4.1.1. Effectuées avec un sonomètre :

- À hauteur de l'oreille de l'opérateur ;
- On réalise ainsi une cartographie du bruit dans l'entreprise ;
- $Leq = Laeq$ = niveau acoustique mesuré en dBA.



Figure.III.2. Un sonomètre.[42]

III.4.1.2. Mesures prolongées dans le temps, sur 8 Heures [41]

- Effectuées avec un dosimètre, porté par le salarié ;
- Mesures en continu du niveau de pression acoustique.

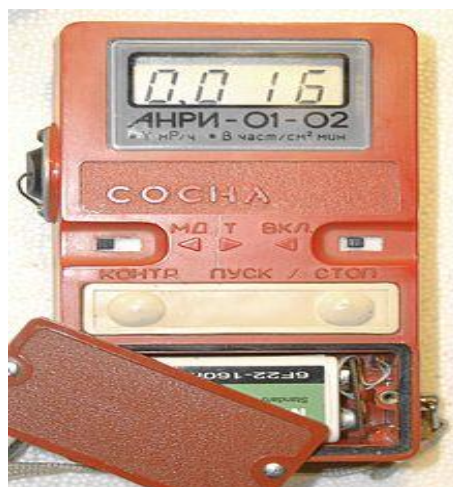


Figure. III. 1. Un dosimètre.[43]

III.4.1.3. Une mesure de bruit permet de déterminer [41]:

- Le niveau d'exposition sonore quotidienne = $L_{ex\ d} = L_{aeq\ 8h}$ exprimé en dB A = valeur moyenne des niveaux de bruit, à laquelle est exposée un salarié durant sa journée ;
- Le niveau de pression acoustique de crête = L_{pc} en dB = valeur maximale du niveau de bruit instantané reçu durant la journée de travail.

III.5. Appareille de mesure des niveaux sonores :

III.5.1. Caractéristiques techniques des appareils de mesures

III.5.1.1. L'appareillage [44] :

L'appareillage de mesurage doit être conçu pour déterminer le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (LAeq, T) en pleine conformité.

L'appareillage de mesure doit être conforme aux spécifications de la Publication CEI 651 pour les sonomètres de préférence de classe 1, mais au moins de classe 2. Pour fins d'interprétation des résultats, on assume que les mesures prises avec un sonomètre de classe 1 comportent une marge d'erreur de ± 1 dB, alors que les mesures prises avec un sonomètre de classe 2 comportent une marge d'erreur de $\pm 1,5$ dB.

Les sonomètres intégrateurs doivent être conformes à la Publication CEI 804. On peut utiliser un autre appareillage de mesurage (exemple un sonomètre de classe 0) à condition qu'il soit de performance équivalente ou supérieure en ce qui concerne les pondérations temporelles et fréquentielles et leurs tolérances.

III.5.1.2. Étalonnage [44]:

Un sonomètre doit être étalonné avant chaque série de mesures avec une source étalon. À la fin de chaque série, l'étalonnage doit être vérifié et la correction doit être notée. Si cette correction est supérieure à 0,5 dB, les relevés sonores sont invalidés.

La précision du sonomètre et de la source étalon doit être vérifiée une fois par année par un laboratoire possédant les accréditations nécessaires.

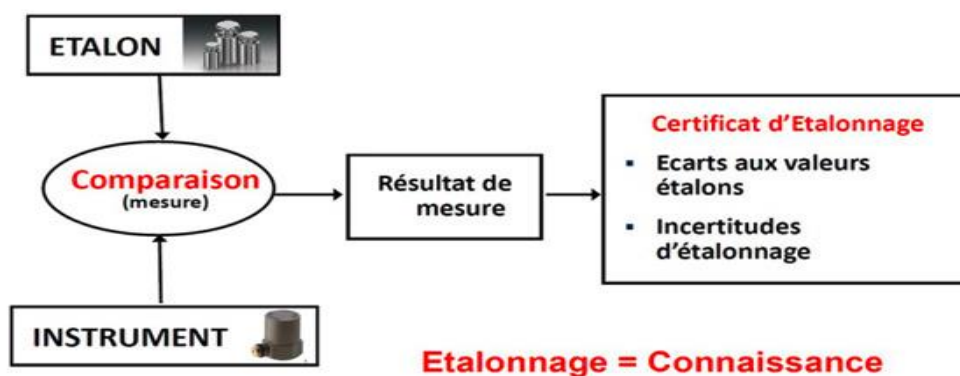


Figure. III. 2. L'étalonnage.[145]

III.5.1.3. Calibrage [146] :

Une calibration sur site est une vérification simple de l'instrument par rapport à un niveau connu (généralement 94 dB ou 114 dB) à une fréquence connue (généralement 1 kHz) à l'aide d'un calibre acoustique.



Figure. III. 3.calibrage[47]

III.5.2. Sélection de l'instrument de mesure [48]:

Le bruit impulsif ou bruit d'impact : Il faut utiliser un dosimètre ou un sonomètre intégrateur ayant un facteur de crête élevé pour mesurer les bruits impulsifs ou les bruits d'impact tels que ceux produits par estampage ou dynamitage.

Le tableau ci-dessous est adapté de la norme Z107.56-F13, « Mesure de l'exposition au bruit » de la CSA :

Tableau III.4. Choisir un instrument de mesure

Instrument	Usages	Inconvénients
Dosimètre	Tous les cas, en particulier si le travailleur ne peut être accompagné ou si le travail est imprévisible. Très utile si le travail ne peut être divisé en activités distinctes.	Le niveau sonore maximal peut excéder la plage de l'instrument. Le facteur de crête du son peut excéder l'aptitude à la mesure de l'instrument. La collecte des données est difficile à observer.
Sonomètre intégrateur	Tous les cas. Très utile si le travail se divise facilement en activités distinctes.	Le niveau sonore maximal peut excéder la plage de l'instrument. Le facteur de crête du son peut excéder l'aptitude à la mesure de l'instrument si les travailleurs sont exposés de manière imprévisible à différents niveaux sonores. Toutefois, dans bien des cas, un espace au-dessus de la zone de travail peut fournir une bonne estimation de l'exposition de ces personnes au bruit.
Sonomètre	Utile seulement si le travail se divise facilement en activités distinctes pendant lesquelles les niveaux sonores sont uniformes.	Ne peut mesurer adéquatement un bruit non uniforme ($> \pm 3$ dB) ou impulsif.

III.6. Analyse acoustique :

III.6.1. Les niveaux acoustiques [49] :

III.6.1.1. Le niveau d'intensité acoustique : (dB)

Le niveau d'intensité acoustique permet de prendre en compte la variation de la sensation auditive avec l'intensité. Il se définit comme

$$LI = 10 \times \log \left(I \frac{I}{I_{ref}} \right)$$

Avec : $I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ avec intensité de référence.

III.6.1.2. Le niveau de pression acoustique (en dB) :

$$Lp = 10 \times \log \left(\frac{pa}{p_{ref}} \right)$$

Avec $P_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ la pression acoustique minimal de l'audition est de 1000Hz

III.6.1.3. Le niveau de puissance acoustique :

La source se caractérise par son niveau de puissance :

$$Lw = 10 \times \log \left(\frac{W}{W_{ref}} \right)$$

Avec $W = 10^{-12} \text{ w}$ la puissance de référence.

III.6.2. Analyse spectrale [50]

Le niveau global d'un bruit dans toute la gamme de fréquences audibles est généralement une information insuffisante. Il est important de connaître plus précisément la composition spectrale (c'est-à-dire la contribution de chaque fréquence ou bande de fréquence composant le bruit). Le spectre d'un signal est le résultat du calcul d'une intégrale (intégrale de Fourier) permettant de passer d'une fonction temporelle à une fonction fréquentielle (spectrale).

Ce résultat est généralement obtenu à l'aide d'un algorithme qui permet de réduire considérablement le temps de calcul. L'utilisation d'un tel algorithme nécessite d'effectuer sur le signal à analyser un certain nombre d'opérations qui entraînent quelques modifications

entre le spectre calculé et le spectre réel. L'analyse fréquentielle est tout d'abord la décomposition en un certain nombre de composantes sinusoïdales à différentes fréquences du signal temporel d'origine : on obtient donc un spectre discret ($\Delta f = 1/T$).

On utilise 3 types d'analyse :

- L'analyse en bandes larges (par octave ou tiers d'octave) : $\Delta f/f = \text{cte}$;

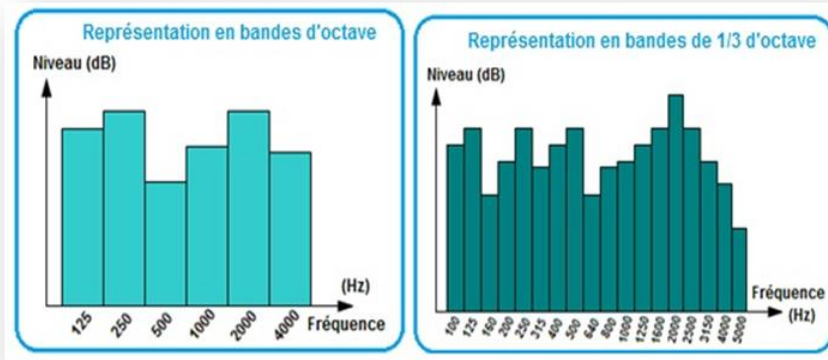


Figure. III. 4. L'analyse en bandes larges (par octave ou tiers d'octave)[51]

- L'analyse en bandes fines : $\Delta f = \text{cte}$.

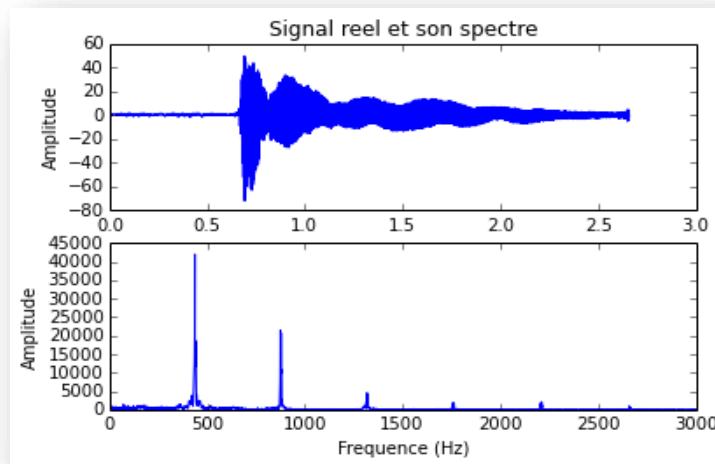


Figure. III. 5. L'analyse en bandes fines.[52]

III.6.3. Etablir un bilan de l'émission sonores [53]

III.6.3.1. Repérer l'origine du bruit :

Les bruits sont caractérisés selon leur mode de transmission - aérien ou solidien - et par leur origine, principalement : bruits d'impact, de voisinage, ou d'équipement. On doit identifier nos principales sources de bruit pour mieux préparer notre confort acoustique.

- **Les bruits aériens** : transmis par l'air, ils proviennent de l'extérieur (circulation, travaux...) ou de l'intérieur (voix, radio...).
- **Les bruits d'impact ou solidiens** : bruits de pas, de chocs ou de chutes d'objets sur un plancher : transmis par les parois d'un bâtiment (murs, planchers, plafonds, parois latérales).
- **Les bruits d'équipement** : chasses d'eau, chaudières, canalisations, ascenseurs, etc. : les équipements se font rarement discrets. Ces bruits peuvent être solidiens ou aériens.

On doit Analyser les nuisances sonores, en fonction de la configuration du local et de l'environnement qui l'entoure. Pour dresser un état des lieux acoustique, on réalise un diagnostic acoustique.

III.6.3.1.1. C'est quoi un diagnostic acoustique :

Réalisé par un acousticien professionnel, qu'il soit indépendant ou en bureau d'étude acoustique, le diagnostic acoustique est une étude complète (suivant le niveau demandé) des bruits du local.

Il s'intéresse aux spécificités du bâti : nature des parois existantes, étanchéité des points de jonction, qualité des menuiseries (portes et fenêtres), etc.

Il tient compte de la configuration du local et de l'environnement. Le bruit peut être évalué dans plusieurs scénarios : équipements hors activité ou en fonctionnement, fenêtres et volets ouverts ou fermés, etc.

Le diagnostic est suivi de préconisations sur les travaux acoustiques à engager.

III.7. Pondération [54]:

On mesure physiquement le niveau du bruit en décibels. Pour prendre en compte le niveau réellement perçu par l'oreille, on utilise un décibel dit « physiologique » appelé décibel A, dont l'abréviation est dB(A). Dans les niveaux très élevés, l'oreille humaine ne filtre pas les bruits de la même manière. On prend en compte cet effet en utilisant comme unité le décibel C, noté dB(C). Les décibels ne s'additionnent pas comme n'importe quels nombres

Les différentes notions relatives au décibel (dB), au niveau sonore (en dB(A)), au niveau d'exposition sonore sur une durée de référence (en dB(A)) et au niveau d'émission sonore d'un équipement de travail (en dB(A)).

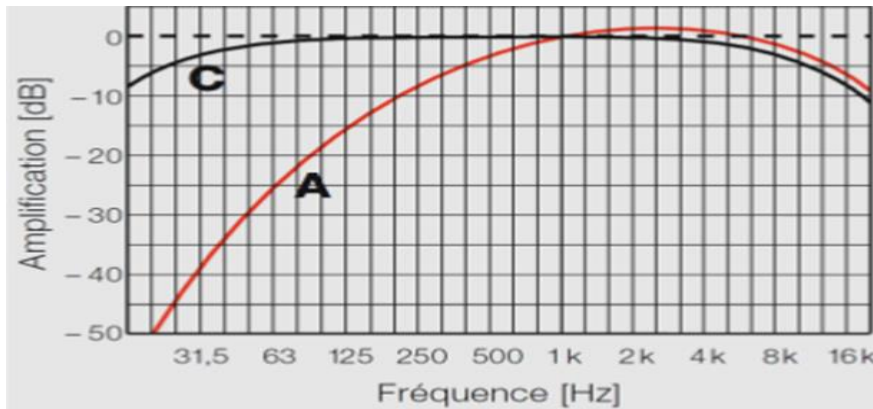


Figure. III. 6. Courbes de pondération A et B [55]

III.7.1. Addition des niveaux sonores [56]:

Les niveaux sonores ne s'ajoutent pas, il se "composent". Lorsque deux équipements de travail qui font le même bruit fonctionnent simultanément, le fait d'en arrêter un diminue le niveau de bruit de 3 dB(A) seulement. La Figure fournit un outil simple permettant de calculer le niveau de bruit résultant de plusieurs sources. A noter : à l'extérieur, le niveau sonore est réduit de 6 dB quand la distance entre la source et le récepteur est doublée.

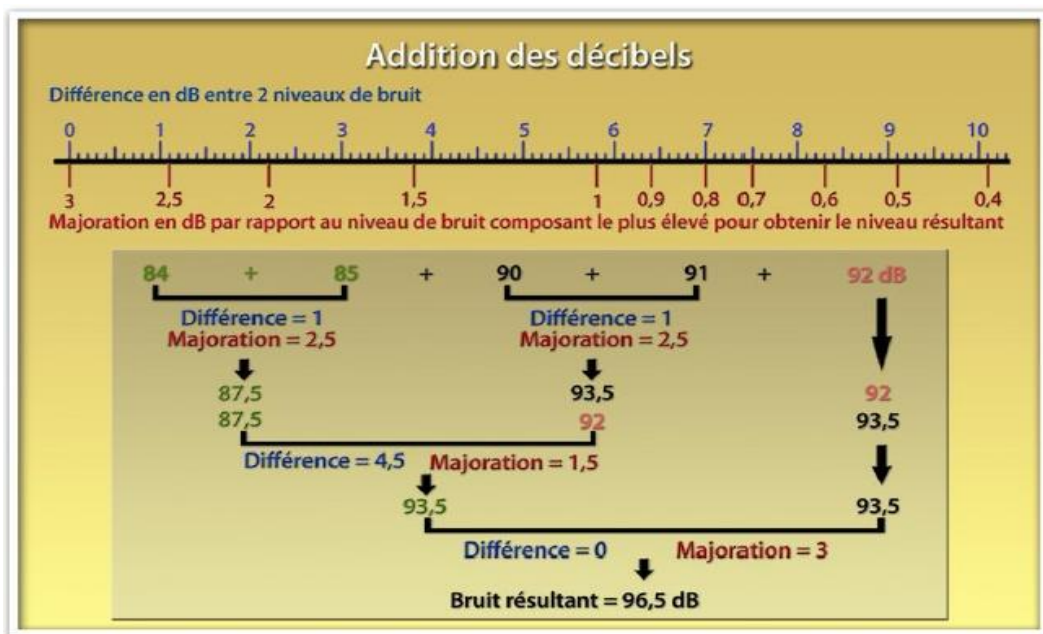


Figure. III. 7. Addition des décibels.

III.8. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre le traitement acoustique des ondes sonores, puis on a traité la méthodologie pour mesure de l'exposition au bruit professionnel ainsi que les moyens de mesurage du bruit. Ensuite, on a parlé de l'analyse acoustique et spectrale. Enfin, on a détaillé la notion de pondérations et l'addition des niveaux sonore.

Ce qu'on a retenu dans ce chapitre que le traitement acoustique est réalisé à l'aide de matériaux ou de revêtements qui permettent l'absorption des ondes incidentes appeler aussi la correction acoustique. D'autre part, Le mesurage du bruit permet de découvrir quels sont les postes de travail où le bruit est excessif. En effet, l'analyse constitue un élément clef du traitement du signal du bruit. Elle a pour objectif d'améliorer la connaissance d'un signal en s'intéressant au domaine fréquentiel.



Chapitre IV :
Traitement et analyse

Chapitre IV. Traitement et analyse

IV.1. Introduction :

Le stage est une occasion qui nous permet d'être en contact direct avec l'environnement professionnel dans lequel nous entamerons notre future carrière. En partant de cette participation, le stagiaire apprend des leçons pratiques en essayant d'adapter et d'améliorer ses connaissances théoriques.

Dans ce sens, et grâce à l'intérêt que nous portons au domaine de l'hygiène et sécurité industrielle (HSI) et particulièrement notre thème de mémoire « l'étude des ondes sonores et leurs impacts sur l'audition »

IV.2. Lieu du stage

On a choisi d'effectuer notre stage au sein de l'entreprise FERTIAL-Annaba du 02 au 16 Mai 2021 qui a duré 15 jours. En effet, notre responsable de stage nous a demandé d'effectuer plusieurs tâches dans différents services afin de mieux inspecter la nature du travail de l'entreprise.



Figure. IV1. Localisation géographique de Fertial Annaba par Google Earth.

Ce stage nous a permis de mettre nos connaissances théoriques, nos savoirs- faire et nos savoirs- être en pratique ainsi que se mettre dans les conditions réelles de l'exercice du métier HSI.

Chapitre IV. Traitement et analyse

IV.3. Méthodologie de travail:

Dans le cadre d'élaboration de notre mémoire de fin d'étude en master 2 qui porte comme thème l'étude des ondes sonores et leurs impacts sur l'audition.

Notre étude des ondes sonores a pour objet de déterminer les niveaux sonores à l'état initial du site industriel de l'entreprise.

Pour cela 7 points de mesures sonores ont été réalisés en période de jours en état d'activité pour mesurer l'impact réel des ondes sonores sur l'audition. Ensuite on a élaboré un questionnaire pour chaque secteur pour finaliser notre étude.

IV.3.1. Moyens matériels utilisés :

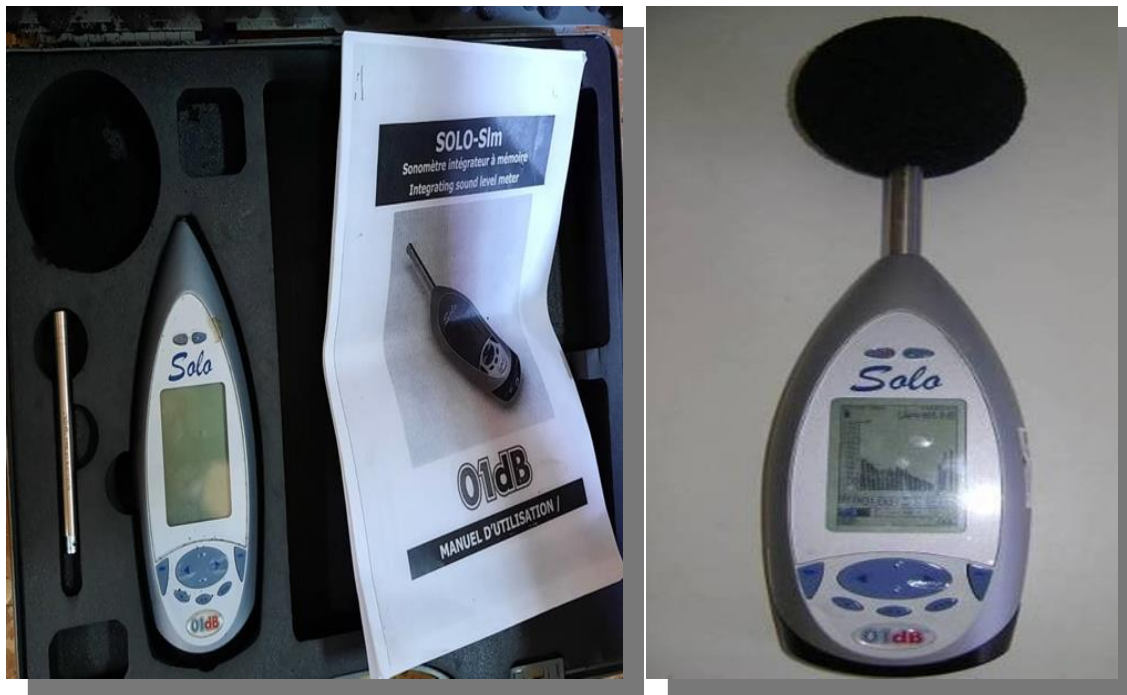


Figure.IV. 2. Un sonomètre SOLO-Slm.

C'est le premier instrument de la gamme des sonomètres qui dispose de performances exceptionnelles.

Parce qu'il est destiné à être mis en œuvre dans des applications multiples. Cette simplicité d'utilisation apporte au technicien souplesse, rapidité et gain de temps dans ses interventions.

Il mesure les niveaux continus équivalents L_{eq} , les niveaux de pression L_p ou les niveaux de crête L_{pk} , définis dans les différentes réglementations acoustiques. Les valeurs sont stockées dans une mémoire non volatile pour être ensuite rappelées pour une relecture ou une impression directe.

Chapitre IV. Traitement et analyse

Pour les mesures en ambiance calme, Solo SLM permet de mesurer les niveaux sonores à partir de 30 dBA. En option, un module d'analyse fréquentielle en bandes d'octave accède à l'expertise du signal. [57]

IV.3.2. Localisation des stations de mesures

07 point de mesures sonométriques ont été réalisées (voir figures ci-dessous) :

- ✓ **Point 1** : Salle des machines à distance de 5 m (Aucun travailleur) ;
- ✓ **Point 2** : Salle des machines à distance de 50 m (Beaucoup des travailleurs existent) ;
- ✓ **Point 3** : La route en face la salle des machines à distance de 100 m ;
- ✓ **Point 4** : SIDEM -D- à distance de 5 m ;
- ✓ **Point 5** : SIDEM -D- à distance de 50 m ;
- ✓ **Point 6** : SIDEM -D- à distance de 50 m ;
- ✓ **Point 7** : La route principale de la zone usine.



Figure.IV. 3. Localisation des zones de mesures.

Voici les 7 points :



Figure.IV. 4. Les 7 points de mesures.

Chapitre IV. Traitement et analyse

IV.3.3. Expérimentation :

IV.3.3.1. Relevés des niveaux sonores dans la salle des machines



Figure.IV. 5. Salle des machines

Dans le tableau ci-dessous sont présentés les niveaux sonores moyens mesurés sur 5 points de mesure :

Tableau. IV1. Les mesures du niveau sonores sur 5 points.

Points	Salle des machines à distance de 5 m (Aucun travailleur)	Salle des machines à distance de 50 m (Beaucoup des travailleurs existent)	La route en face la salle des machines à distance de 100 m
P1	110 dB	108 dB	101 dB
P2	110 dB	107 dB	99 dB
P3	112 dB	108 dB	98 dB
P4	114 dB	106 dB	103 dB
P5	108 dB	105 dB	102 dB

Chapitre IV. Traitement et analyse

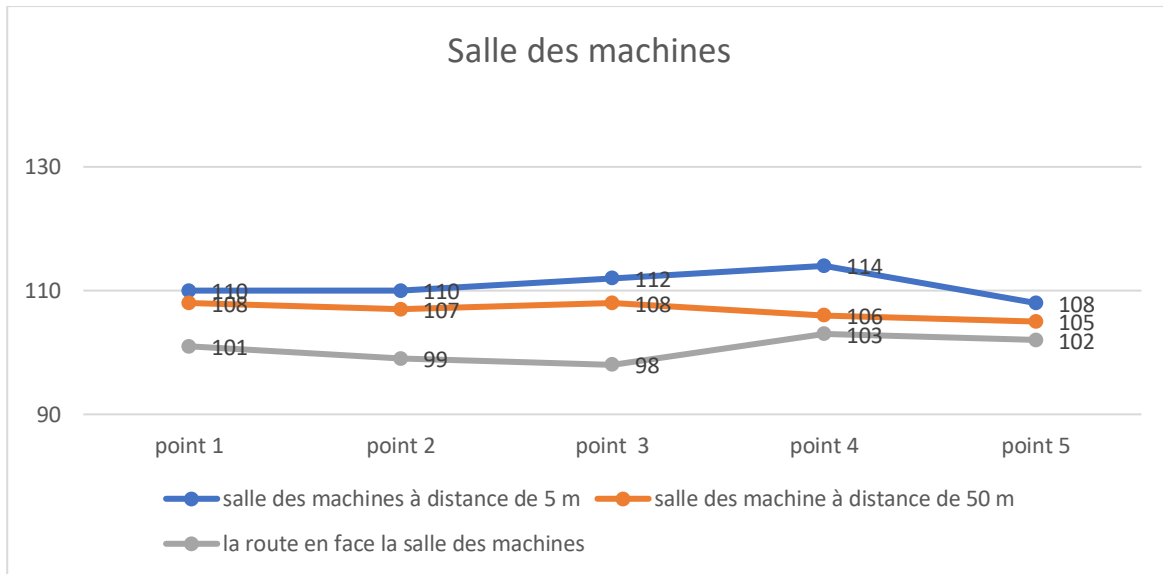


Figure.IV. 6. Les points de mesures représentées graphiquement.

Discussion :

La figure 6 indique une grande diversité de niveaux sonores dans une zone non accessibles aux salariés sauf s'il y a une panne les maintenanciers auront accès à cette zone avec des niveaux de crêtes très élevés, notamment dans la salle des machines à distance de 5ms. Les niveaux de LAeq max dans la salle des machines à distance de 50m et la route en face des machines sont supérieurs à 80 dB.

IV.3.3.2. Relevés des niveaux sonores dans la zone SIDEM-D-.



Figure.IV. 7. La zone SIDEM-D-.

Chapitre IV. Traitement et analyse

Le tableau ci-dessous est présenté des niveaux sonores moyens mesurés sur 5 points de mesure :

Tableau.IV.2. Les mesures des niveaux sonores sur 5 points dans la zone SIDEM-D-

Points	SIDEM -D- à distance de 5 m	SIDEM -D- à distance de 50 m
P1	106 dB	95 dB
P2	105 dB	96 dB
P3	105 dB	95 dB
P4	107 dB	98 dB
P5	106 dB	97 dB

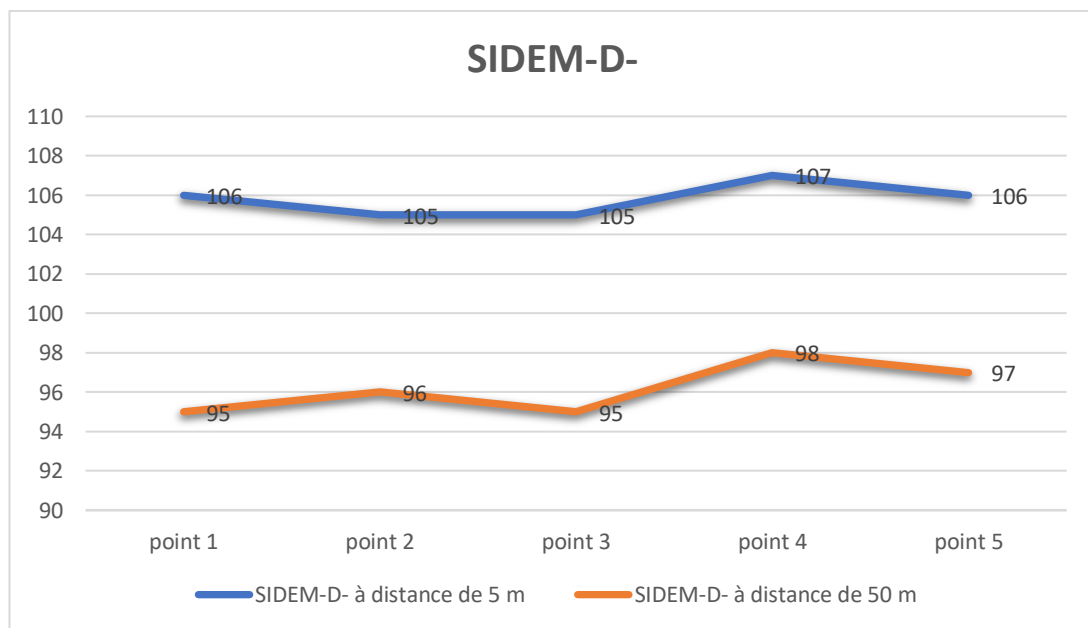


Figure.IV 8. Les mesures représentées graphiquement.

Discussion :

La figure 8 indique une grande diversité de niveaux sonores dans une zone accessibles aux salariés, avec des niveaux de crêtes très élevés, notamment dans la zone SIDEM-D-à distance de 5m. Les niveaux de LAeq max dans une zone de 50m sont parfois supérieurs à 80 dB.

Chapitre IV. Traitement et analyse

IV.3.3.3. Relevé des niveaux sonores dans la route principale de la zone usine :

Le tableau ci-dessous sont présentés les niveaux sonores moyens mesurés sur 5 points de mesure :

Tableau.IV.3. Les mesures des niveaux sonores sur 5 points dans la zone la route principale de l'usine.

Points	La route principale de l'usine
P1	93 dB
P2	92 dB
P3	89 dB
P4	90 dB
P5	92 dB

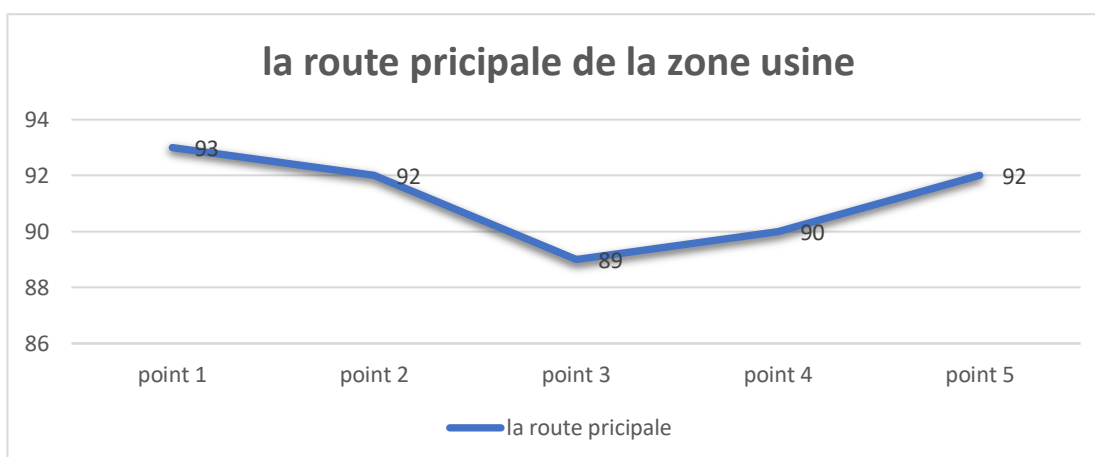


Figure.IV 9. Les points de mesures représentées graphiquement.

Discussion :

La figure 9 indique une grande diversité de niveaux sonores dans une zone accessibles aux salariées, avec des niveaux de crêtes élevés. Les niveaux de LAeq max dans la route principale sont supérieurs à 80 dB.

IV.4. Analyse et traitement :

La figure 10 ci-dessous montre que le seuil de zone salle de contrôle à 5m son pourcentage est de 18%. Elle est critique à surveiller. Des niveaux sonores élevés en journée et en soirée (supérieur à 80 décibels) et un bruit de fond élevé également mais moins accessible sauf on cas de maintenance. Les maintenanciers devront se protéger avec une double protection

Chapitre IV. Traitement et analyse

casque et bouchons et ne pas être exposé plus de 225 secondes sans protections d'après le tableau 4.

Alors qu'il y a 3 zones leurs pourcentage est égale de 17% salle de contrôle à 50m, la route en face de la salle de contrôle et SIDEM-D-à 5m leurs niveaux sonores est moyen élevé supérieur à 80dB ainsi que la zone de la route principale est de 15% et SIDEM-D-à 50m est de 16% les niveaux sonores sont supérieurs de 80dB.

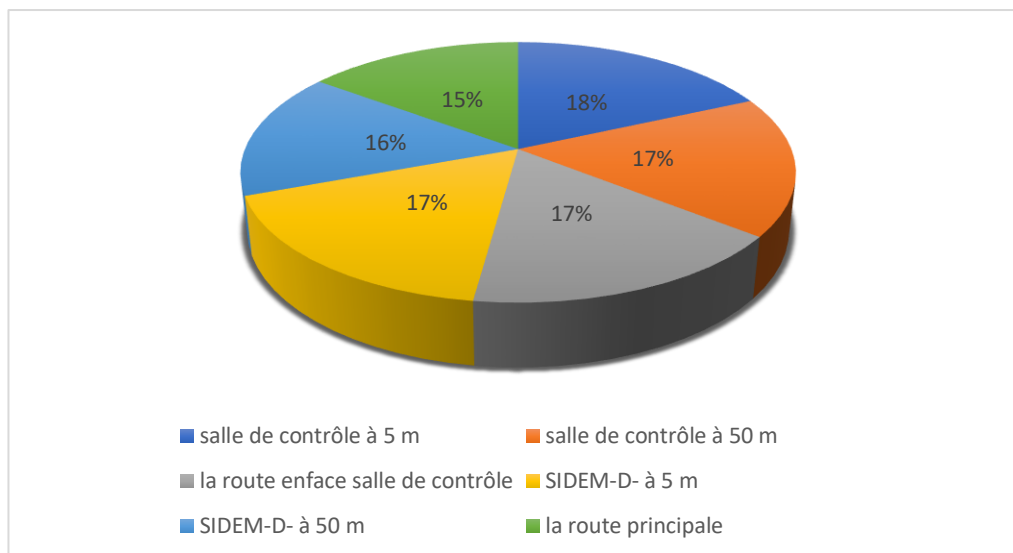


Figure.IV. 10. Le pourcentage des mesures représenté.

Ce tableau illustre l'équivalence entre le niveau sonore et la durée d'exposition au bruit. Ainsi une personne exposée pendant 28 secondes à 110 dB reçoit la même dose de bruit qu'une personne exposée pendant 8h à 80 dB. [58]

Tableau.IV.4. La durée d'exposition quotidienne maximale aux niveaux sonores.

Niveau en dB(A)	Durée d'exposition quotidienne maximale
80	8 heures
83	4 heures
86	2 heures
89	1 heures
92	30 minutes
95	15 minutes
98	7.5 minutes
101	225 secondes
110	28 secondes

Chapitre IV. Traitement et analyse

Comparaison des niveaux sonores des différentes zones entre les phases marche-arrêt.

Tableau. 5. Comparaison entre les deux phases (marche- arrêt).

Les points	Zone	(En marche)	(En arrêt)
P1	Unité NH3 à côté de la SC (dégriment)	103	81
P1	Unité NH3 à côté des pompes 104	104	84
P3	Unité NH3 salle des machines	113	81
P4	Unité NH3 101B	105	78
P5	Unité NH3 109C en face du laboratoire	101	73
P6	Unité NH3 Bac T101	93	66

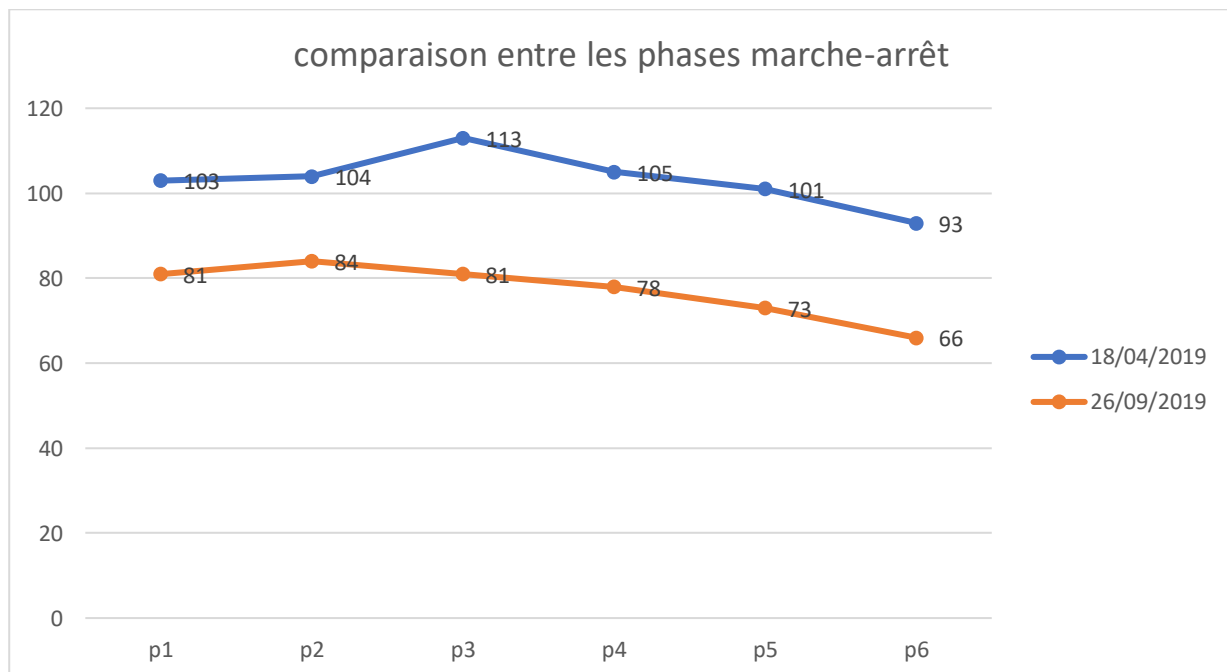


Figure. IV.11. Courbe représente la différence entre le bruit en marche et le bruit en arrêt.

Chapitre IV. Traitement et analyse

Discussion :

Dans la figure 11 ci-dessus on voit bien la différence entre les deux phases marche arrêt. Il y a une grande diversité de niveaux sonores entre les 2 phases avec des niveaux de crêtes élevés dans la phase d'activité de l'usine alors que Les niveaux de LAeq max dans la phase d'arrêt de l'usine sont inférieure ou égale à 80 dB. Donc on peut dire que FERTIAL génère une nuisance acoustique.

IV.5. Cartographie : [59]

Pour la réalisation de la cartographie il faut :

- ✓ Le repérage des différents niveaux sonores ;
- ✓ Le recueil d'informations sur le terrain ;
- ✓ La prise de mesures ;
- ✓ Le croisement avec la population la plus touchée par les nuisances acoustiques ;
- ✓ Les études et besoins en termes d'analyse cartographique par l'établissement du Plan de Prévention du Bruit (ex : simulation de projets de mise en service de murs acoustiques, limitation de vitesse, réorganisation du trafic ...) ;
- ✓ La production du document de spécifications fonctionnelles détaillées.

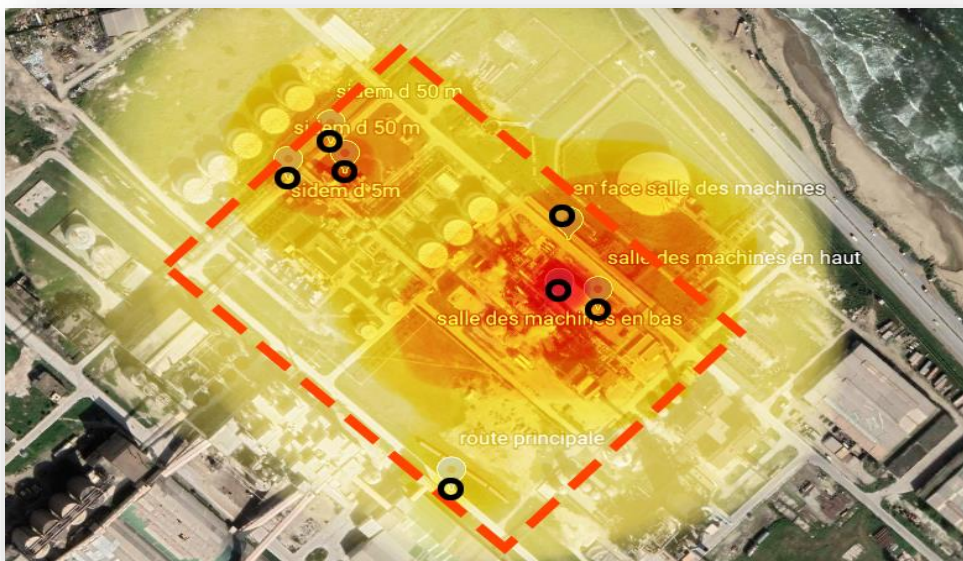


Figure.IV. 12. Représentations des zones et leurs niveaux sonores dans une cartographie.

La mise en place d'une cartographie du bruit participe à l'amélioration de l'environnement de vie ou de travail en agissant sur le confort sonore, à l'optimisation de la performance acoustique des bâtiments et des systèmes et à la maîtrise du son. La cartographie du bruit est utile dans de nombreux domaines d'activité telle que l'industrie : mesurage de l'exposition au bruit en milieu du travail.

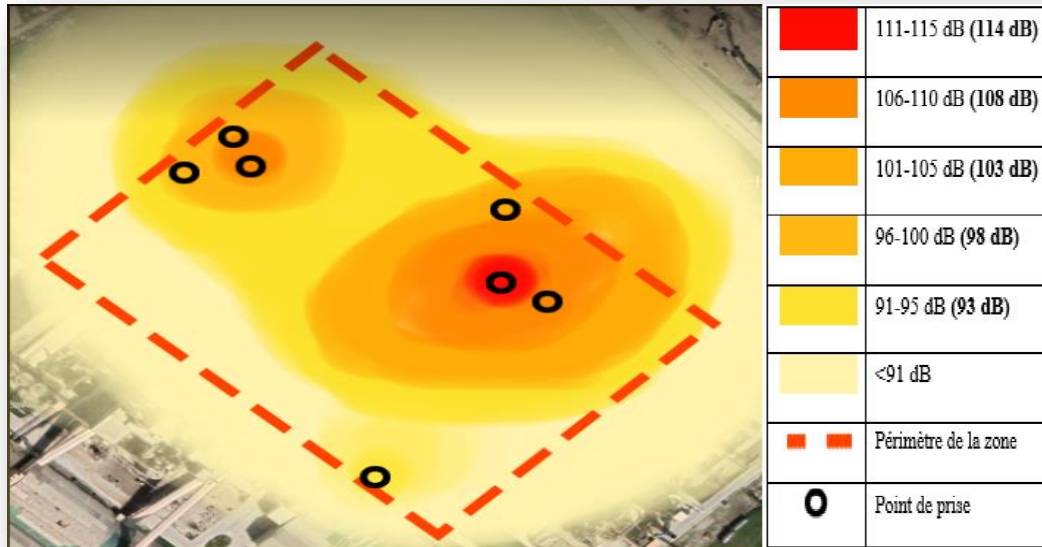


Figure.IV. 13. Une cartographie avec les niveaux sonores.

IV.6. Réalisation de l'enquête auprès des salariés exposés au bruit : [60]

Ce volet de l'enquête a uniquement pu être réalisé grâce à la collaboration des salariés et les chefs de service HSE. On a choisi de faire un questionnaire par secteurs les plus exposés au bruit. L'enquête s'est déroulée en quatre phases, à savoir :

Phase 1 : Préparation de l'enquête

- Élaboration du questionnaire ;
- Réalisation de prétests du questionnaire ;
- Ajustement, finalisation et programmation du questionnaire ;
- Détermination de l'échantillon.

Phase 2 : Organisation et exécution de l'enquête (enquête écrite)

- Organisation de l'enquête (e. organisation pratique, diffusion et collecte, imprimés,) ;
- Suivi et contrôle de l'enquête.

Phase 3 : Traitement des données, rapportage et remise

- Saisie des données ;
- Nettoyage des données ;
- Codage ;
- Traitement et analyse des données.

Chapitre IV. Traitement et analyse

Phase 4 : **Rapportage / présentation des résultats**

- Description des résultats sur le plan du contenu.

IV.6.1. Résultats de l'enquête auprès des salariés exposés au bruit :

- ✓ Profile des répondants :

Ci-dessous un histogramme récapitulatif des répondants ayant participé à l'enquête. L'échantillon se compose de 04 salariées exposées au bruit pris de 2 secteurs déferant salle de contrôle et NPK. 4 salariée interrogée sur 8 sont âgés entre 30 ,50 ans et plus : chacun d'eux a une expérience de 5 à 33 ans ou plus dans cette entreprise.

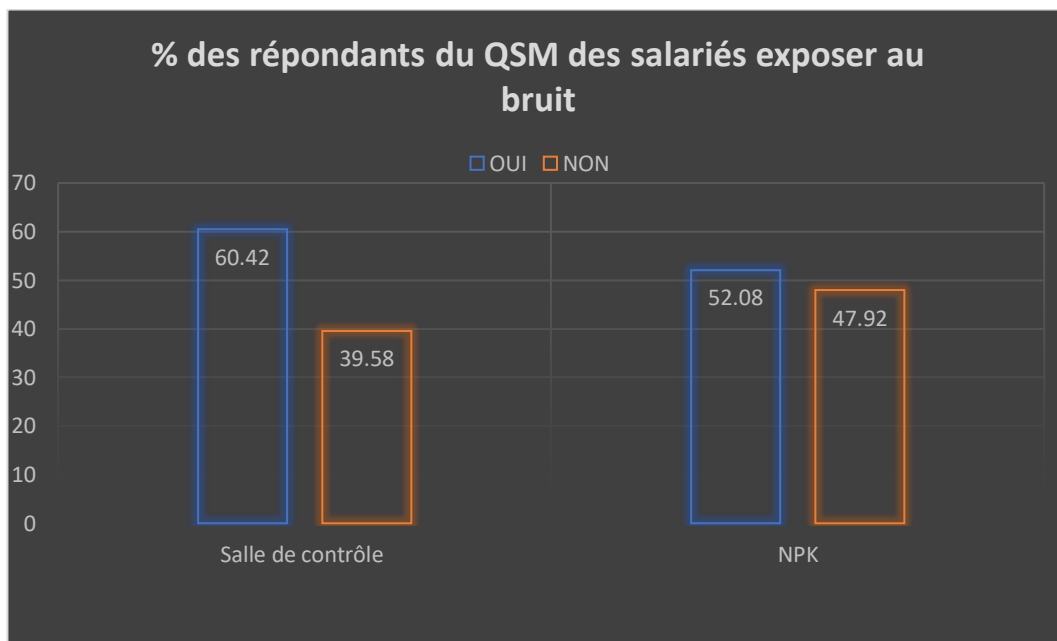


Figure.IV. 14. Récapitulatif des répondants ayant participé à l'enquête.

L'histogramme montre que le nombre des oui est supérieur des nombres de non.

Alors oui le bruit déranger les salariés, leurs provoque des acouphènes et une difficulté de communication entre eux. La plupart d'entre eux travaille dans un secteur près d'une source de bruit déterminer. Le bruit les gênes malgré le port des protections auditifs mais il y a toujours une fatigue ressentie. Un salarié sur 8 à une baisse d'audition de 30dB sur une exposition à long terme c'est à dire sur 33 ans de service.

IV.7. Réalisation de l'enquête auprès du médecin ORL :

Pour compléter notre travaille, on a visité le médecin ORL pour avoir plus de détails et si on peut voir un dossier d'un cas atteint d'une surdité professionnel.

La figure ci-dessous représente un audiométrique d'une personne malade âgée de 52 ans atteinte d'une surdité depuis 20 ans causés par une exposition au bruit à longue terme.

Chapitre IV. Traitement et analyse

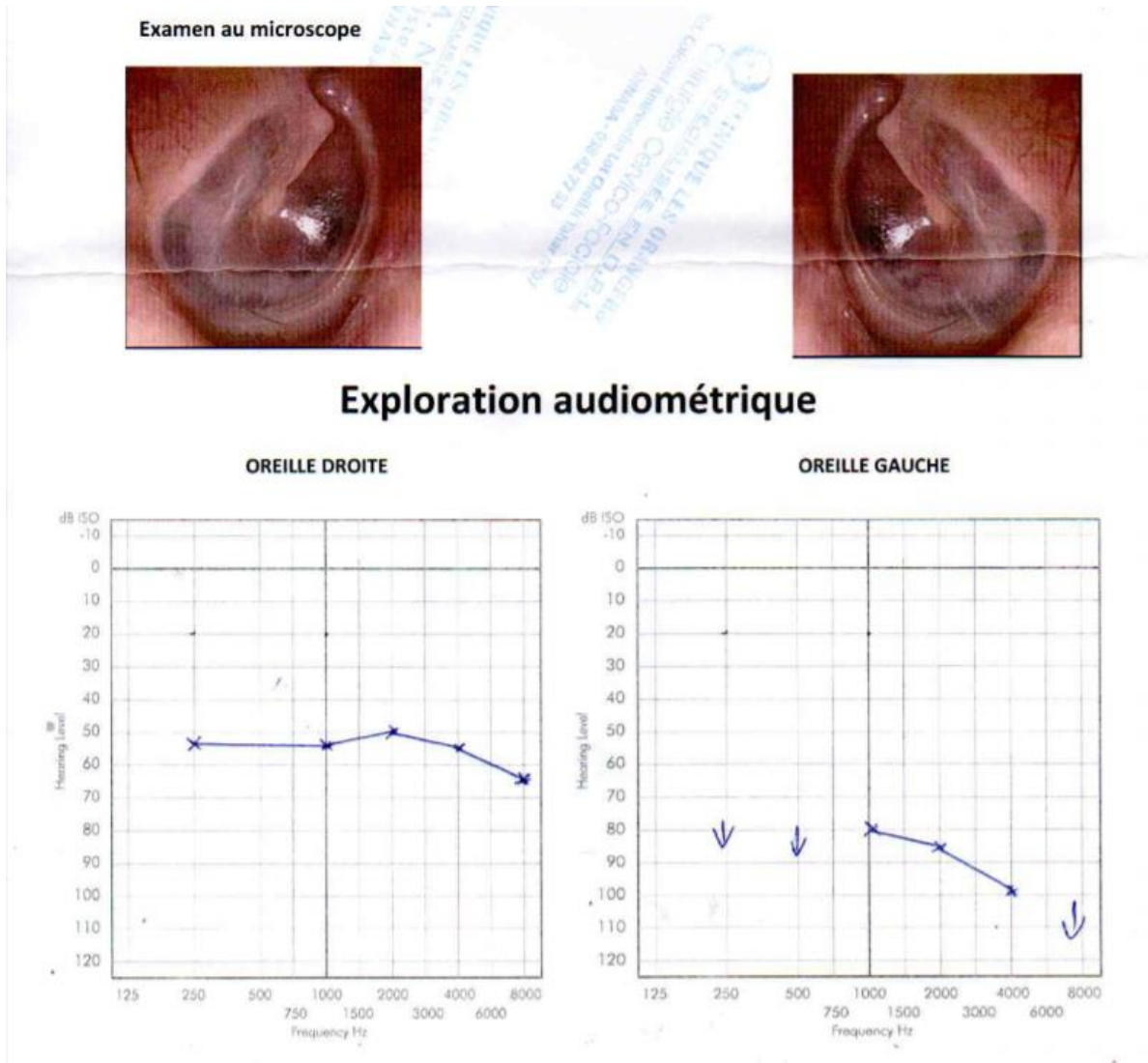


Figure.IV. 15. Un examen audiométrique.

IV.8. Les recommandations :

➤ Dans la zone NPK et la salle de repos de la salle de contrôle :

Un environnement bruyant est source d'inconfort et de stress. Il faut appliquer un traitement acoustique et une isolation acoustique au lieu permet d'en corriger le niveau sonore, une démarche souvent indispensable dans les lieux d'usage collectif : bureaux, salle de repos, hall d'accueil... Le traitement acoustique fait une amélioration et une correction acoustique qui vise à résoudre rapidement l'inconfort acoustique d'un lieu pour permettre à toutes les personnes présentes de :

- ✓ Se comprendre sans avoir à hausser la voix,
- ✓ Conserver une intimité favorisant l'échange,
- ✓ Diminuer la fatigue liée au stress causé par le bruit ambiant,
- ✓ Se concentrer et travailler de façon productive.

Chapitre IV. Traitement et analyse

➤ La zone SIDEM -D- :

- Utiliser des dispositifs spécifiques : tels que les silencieux d'échappement ou d'écoulement.

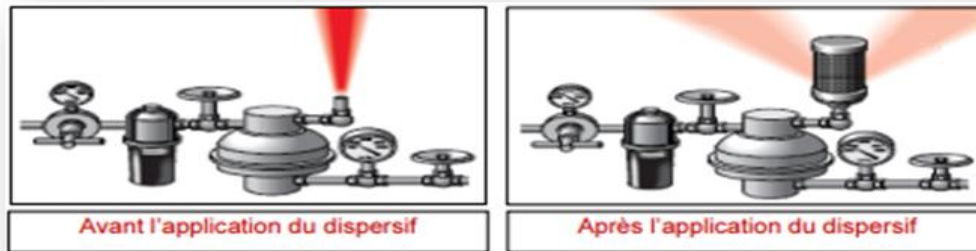


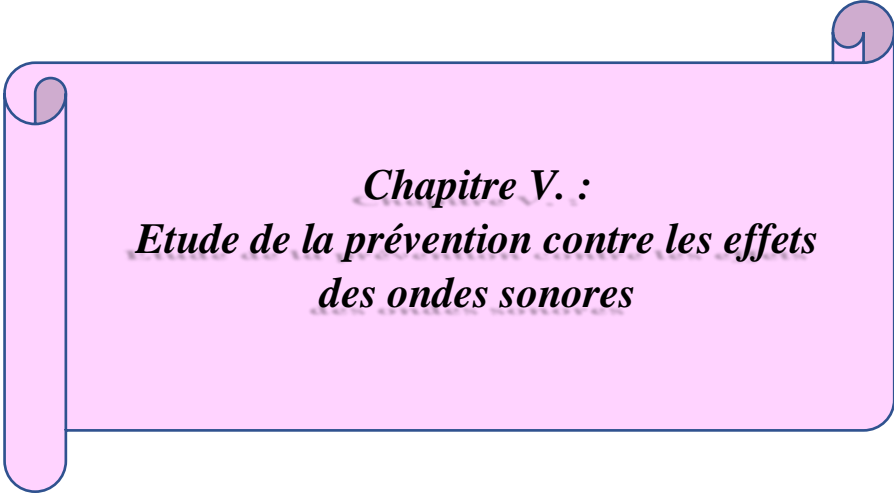
Figure.IV. 16. Mesures correctives sur une sortie d'échappement (CSST).

Ce domaine, basé sur des études acoustiques du bruit émis par des machines industrielles, a permis d'élaborer des architectures et des pare-sons adaptés afin de colmater le bruit répandu par ces machines à l'intérieur des bâtiments ainsi que ceux qui s'échappent des bâtiments. Cela correspond à enfermer les machines industrielles dans différents capots sonores et à rajouter des silencieux aux entrées et sorties d'air afin d'absorber le son le plus possible et que l'acoustique du lieu soit la moins gênante possible. Les murs des bâtiments devront être doublés de parements acoustiquement absorbants. [61]

IV.9. Conclusion :

Ce stage au sein de l'entreprise FERTIAL de 15 jours nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant nos études, de plus, d'inspecter les nuances existantes entre la théorie et la pratique. Au-delà de cette pratique, on a pu apprécier notre savoir être et notre niveau relationnel en établissant des rapports de convivialité et de coopération avec le personnel de l'entreprise ainsi que les chefs de services.

Lors du stage, on a effectué de nombreuses tâches aux différents services. Le bilan de ce stage était positif soit au niveau personnel ou professionnel dans la mesure où il nous a permis d'atteindre nos objectifs de réalisation de soi, de découvrir les conditions réelles du monde du travail et nous à aider dans notre vie professionnelle.



*Chapitre V. :
Etude de la prévention contre les effets
des ondes sonores*

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

V.1.Introduction :

La réduction du bruit est une préoccupation sociale à laquelle la grande majorité des individus est sensibilisée dans la vie quotidienne (voisinage, environnement). Le contexte pris en compte ici est le milieu du travail, qui semble paradoxalement moins toucher le public, alors que les atteintes de l'audition, générées par l'exposition sonore au travail, restent encore aujourd'hui une des causes principales de maladie professionnelle.

Ce fait justifie en lui-même le souci de réduire le bruit en entreprise : une surdité n'est pas qu'une maladie banale, c'est une déficience irréversible qui affectera l'individu pour le restant de sa vie. Les implications professionnelles sont nombreuses : difficulté d'adaptation à un poste de travail, difficulté de perception de messages, et donc effet sur la productivité... Mais elles sont encore négligeables par rapport aux conséquences humaines.[62]

V.2.Les différents types de bruit dans l'environnement :

V.2.1. Les actions de réductions de bruits en entreprise :les actions techniques de réduction du bruit sont :

- Action sur les sources aériennes (on y intègre les actions sur les sources liquidiennes, d'où l'appellation « action sur les sources fluides » ;
- Action sur les sources solidiennes ;
- Action sur la propagation aérienne ;
- Action sur la propagation solidienne ;
- Action sur la réception.

V.2.2. Les actions en amont : [62]

V.2.2.1. Réparation et/ou remplacement de source :

Le mauvais état d'une installation industrielle est souvent générateur de vibrations et par voie de conséquence de bruit : présence de jeux, problème de lubrification, dispositifs silencieux défectueux. Une inspection de la machine bruyante est donc une action utile avant toute analyse.Mais l'action la plus efficace est bien sûr de rechercher des sources silencieusesvoire, moins bruyantes de par leur conception la démarche à suivre est la suivante :

- Intégration dans le cahier des charges de l'équipement d'une clause imposant des limites au bruit émis ;
- Vérification de la validité du bruit déclaré de l'équipement proposé (norme d'essai de référence, certification...) ;
- Si possible, recette acoustique de l'installation.

V.2.2.2. Modification de procédé :

Le procédé de fabrication influe sur le niveau sonore ambiant sous de nombreux aspects :

- Transport de pièces et produits : génération de chocs, vitesses d'avancement...
- Vitesses et débits d'écoulement de fluides ;

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

- Choix des opérations pour un résultat donné : découpe par sciage ou par guillotine, fixation par rivet ou par boulonnage... ;
- Rythme de fonctionnement des machines (vitesse, cadence...).

V.2.2.3. Aménagement des locaux et/ou de l'organisation du travail :

L'aménagement des locaux est relatif à la distribution des postes et au parcours des matières. Il est donc souvent lié à l'organisation du travail. Certains principes peuvent être suivis :

- Ne pas placer les sources bruyantes à proximité des parois et en particulier des angles, afin d'éviter les réflexions sonores dès l'émission ou, si nécessaire, traiter au moins localement ces parois en absorption ;
- Regrouper les sources bruyantes pour les confiner ou les éloigner (séparer les postes bruyants et non bruyants) ;
- Éloigner les postes de travail autant que possible des sources de bruit ;
- Évaluer l'incidence d'une répartition des tâches bruyantes entre employés pour répartir l'exposition sonore dans des proportions correctes pour tous.

V.2.3. Les actions sur les sources fluides :

V.2.3.1. Actions sur l'écoulement primaire :

Le paramètre le plus significatif dans le niveau sonore d'une source fluide est la vitesse de l'écoulement : sa diminution, lorsqu'elle est possible, est donc une action performante pour atténuer le niveau sonore émis. Cette action est détaillée dans la figure 1 ci-dessous

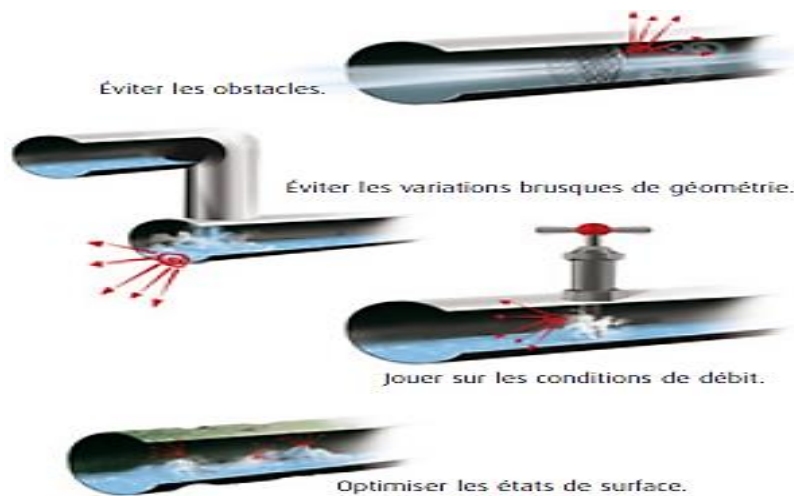


Figure. V.1. Actions sur l'écoulement primaire. [62]

V.2.3.2. Contrôle actif :

Cette technologie a pour conséquence que l'efficacité du contrôle actif :

- Est meilleure sur les basses fréquences : le système de régulation a le temps de réagir ;
- Est meilleure sur les bruits périodiques (fréquences « pures »), qui ne varient pas continuellement ;
- Est plus facile à mettre en œuvre pour une propagation guidée (conduite), la multiplication des sources artificielles dans l'espace n'étant pas nécessaire.

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

V.2.4. Les actions sur les sources solidienne :

V.2.4.1. Actions sur la force :

Les solutions dépendent du type de source : forces de contact ou à distance, caractère continu, impulsionnel ou de friction. On peut cependant évoquer les axes généraux de solution suivants : [62]

- Optimiser l'état des surfaces en contact (amortir ou étaler les contacts) ;
- Lisser les efforts (éviter les à-coups) ;
- Lubrifier ;
- Diminuer les énergies de mouvement ; éviter les jeux.

V.2.4.2. Actions sur la structure :

On peut distinguer deux situations illustrées dans la figure 2 ci-dessous:

- Une résonance de structure est identifiée ;
- Le facteur de rayonnement d'un élément de la structure ;

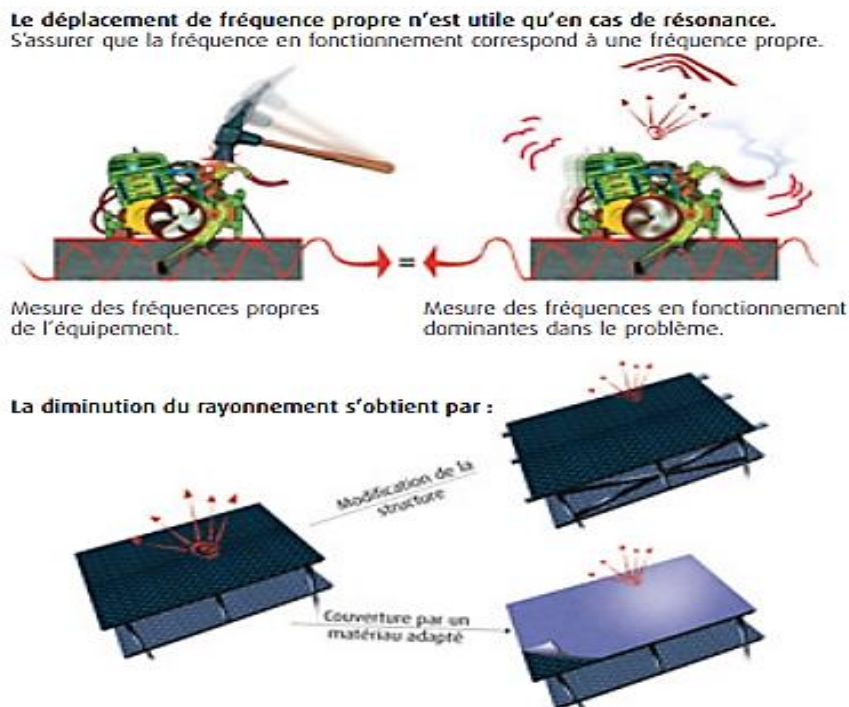


Figure. V.2.modification de la structure pour réduire le bruit. [62]

V.2.5. Les actions sur la propagation aérienne :

V.2.5.1. Isolation (aux bruits aériens) :

L'efficacité de l'écran demande de nombreuses précautions, et il faut en particulier que le local soit traité acoustiquement, afin d'éviter les réflexions de celui-ci du côté récepteur. On distingue plusieurs types d'isolation :

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

- **Cloisonnement :**

Une cloison qui délimite la frontière entre les deux espaces, de manière hermétique la figure 3 illustre une cloison. [62]



Figure.V.3. Cloisonnement un type d'isolation [62]

- **Encoffrement :**

L'encoffrement est une enceinte qui enferme l'équipement bruyant, afin de l'isoler acoustiquement du reste du local. Montrer dans la figure 4 ci-dessous.



Figure. V.4. Encoffrement de l'extérieur. [63]



Figure. V.5. Encoffrement de l'intérieur pour machine. [64]

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

- **Obstacles « écrans » :**

L'écran est un obstacle (cloison amovible) qui permet d'atténuer le niveau sonore reçu.

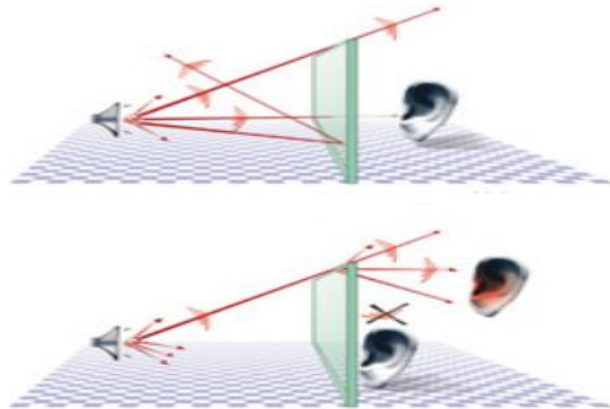


Figure. V.6. un écran.

V.2.6. Les actions sur la propagation solidienne

La propagation solidienne se fait par la liaison entre la machine et le sol. On supprime la propagation solidienne en « suspendant » la machine sur des liaisons souples : c'est l'isolation vibratoire.

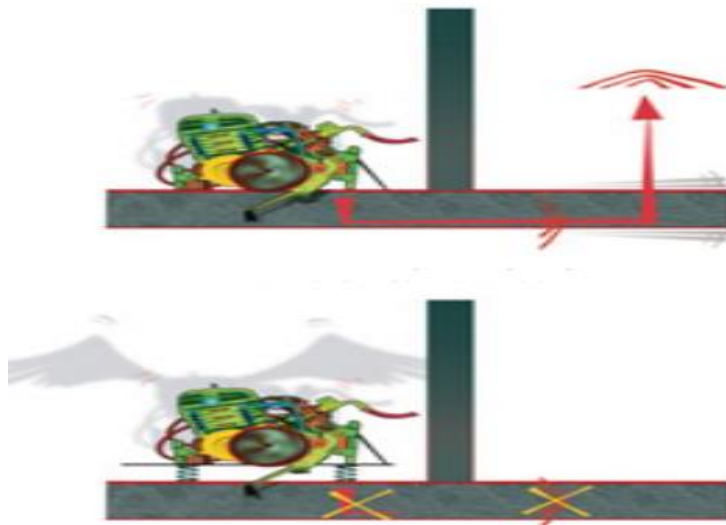


Figure. V. 7. La propagation solidienne.

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

V.2.6.1. Les actions sur la réception :

V.2.6.1.1. Cabines :







Figure.V.8. Une cabine.[64]





V.3. Les protections individuelles contre le bruit [65]

Du fait que les différents protecteurs individuels existants peuvent être utilisés dans des environnements sonores très variés, il est important de choisir le type de protecteur le plus approprié.

Tableau. V. 2. Les différents équipements de protection individuelle. [66]

Les casques enveloppants recouvrent une partie substantielle de la tête.	
Les serre-têtes sont composés de coquilles contenant des revêtements et munies, elles aussi, d'oreillettes qui s'appliquent sur la périphérie de l'oreille.	
Les serre-nuques sont similaires aux serre-têtes, mais l'arceau se place derrière la nuque au lieu de s'appuyer sur le sommet de la tête.	
Les serre-têtes montés sur casque sont composés de coquilles fixées à un casque de sécurité industriel par l'intermédiaire d'un dispositif mécanique qui permet soit de les appliquer sur le pourtour de l'oreille, soit, si nécessaire, de les retirer dans une position « d'attente ».	

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

Les bouchons « pré-moulés » peuvent être introduits dans le conduit auditif sans façonnage préalable.	
Les bouchons « façonnés par l'utilisateur » sont fabriqués à partir de matériaux susceptibles d'être comprimés ou malaxés par l'utilisateur avant introduction dans le conduit auditif. Ils peuvent être jetables ou réutilisables.	
Les bouchons « moulés sur mesure » sont en général fabriqués à partir de matière plastique moulée, en acrylique ou silicone. Ils sont réutilisables.	
Les bouchons « réunis par une bande » sont des bouchons pré modelés ou façonnés par l'utilisateur, réunis par une bande élastique.	

Il convient de prendre en compte toutes les fonctions des protecteurs individuels lors du processus de sélection, et de prêter attention aux aspects cités ci-dessous et soulignés dans les articles suivants :

V.3.1. Le marquage CE (conformité européenne) :

Pour obtenir le marquage CE, le protecteur doit satisfaire à un certain nombre d'exigences

V.3.2. Un affaiblissement acoustique adapté :

Dans la figure un niveau de bruit excessivement élevé et assez rare. Nous notons dans cette dernière simulation que les PICB n'affaiblissent pas suffisamment à ce niveau de 120dB(A) même en ne visant qu'un niveau de protection minimal et non idéal donc il nécessite une mise en place d'une double protection (casque à coquilles + bouchon) permet d'augmenter sensiblement le niveau d'affaiblissement, mais attention les affaiblissements des protecteurs ne se cumulent pas [65].

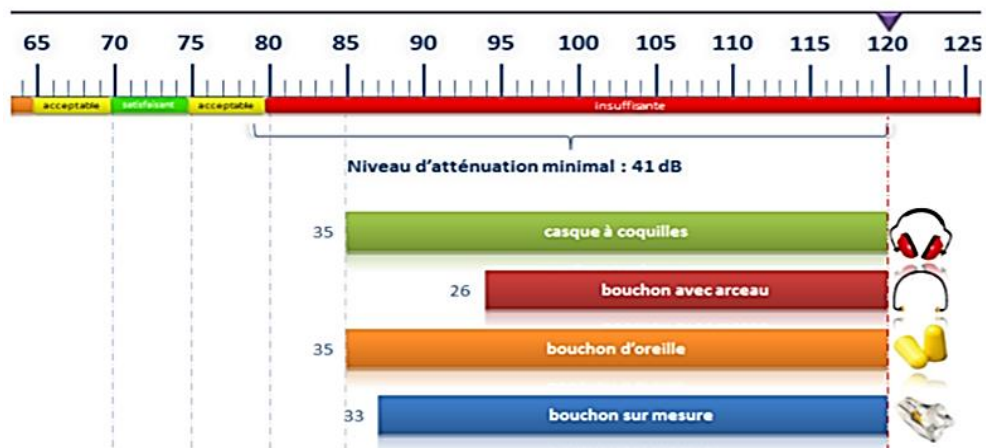


Figure. V. 9. Simulation d'un niveau de bruit de 120dB(A) [67].

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

Il y a une formule de calcul pour savoir si une double la protection nécessaire alors la voici

$$33 \times \log ((0,4 \times \text{atténuation de l'intra}) + (0,1 \times \text{atténuation du casque}))$$

Ce qui donne par exemple :

$$\begin{aligned} \text{Casque} + \text{Bouchon d'oreille blanc} &= \text{atténuation maximum } 35\text{dB} + 32\text{dB} = 40\text{dB} \\ \text{Casque} + \text{Bouchon d'oreille jaune} &= \text{atténuation maximum } 35\text{dB} + 35\text{dB} = 41\text{dB} \end{aligned}$$

Figure. V. 10. Exemple de résultats d'une double protection

V.3.3. Le confort du porteur :

La préférence personnelle de l'utilisateur doit pouvoir s'exprimer sur des considérations d'adaptation à une morphologie particulière, de discrétion du port ou même d'ordre esthétique.[66]

V.3.4. Environnement de travail et l'activité :

Il est important de s'assurer que l'usage d'autres équipements nécessaires à l'activité et/ou à la sécurité du salarié ne vienne pas nuire à la performance du protecteur.[65]

Tableau. V. 3. Aide au choix des PICB selon les facteurs de l'environnementaux.[67]

Types de PICB						
Environnement de travail et activité						
Température très élevée	-	●	●	●	●	●
Exposition élevée à des particules en suspension dans l'air	●	-	●	-	●	-
Exposition à des bruits de courte durée répétés	●	-	-	-	●	-
Localisation de la source de bruit	-	●	●	-	●	●
Contaminants sur les mains, tels qu'impuretés, poussières, microbes, limaille	●	-	-	-	-	-
Pièces mobiles des machines	●	●	●	-	●	-

● à privilégier

- à éviter

V.3.5. Les éventuels troubles médicaux :

Avant de choisir un PICB, il est important de savoir si le salarié souffre ou a souffert de problèmes d'oreilles : irritation du conduit auditif, maux d'oreilles, écoulement de cérumen ou perte d'audition.[65]

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

V.3.6. La compatibilité avec d'autres équipements de protection individuels (EPI)

L'efficacité d'un protecteur contre le bruit ne doit pas être réduite par l'utilisation d'autres équipements de protection de la tête. Le recours à des bouchons d'oreille ou à des serre-têtes de faible masse est nécessaire si le porteur, exposé à d'autres risques dans l'exécution de la même tâche, doit porter par exemple un masque de soudage et/ou une protection respiratoire.[66]

V.3.7. Mettre en place et entraîner les PICB

Les PICB doivent être fournis gratuitement par l'employeur qui assure leur entretien et leur remplacement si nécessaire. La notice d'utilisation doit fournir les indications nécessaires pour assurer une mise en place correcte des protecteurs. Les PICB doivent être nettoyés selon les indications du fabricant et doivent faire l'objet de désinfections régulières. Les bouchons d'oreille doivent être strictement individuels. [68]

V.4. Les protections collectives :

V.4.1. Lutte contre le bruit à la source :

La méthode la plus efficace pour agir, contre un bruit excessif consiste à en diminuer l'intensité à la source. Dans l'industrie, on dispose de techniques anti-bruit qui permettent de résoudre de nombreux problèmes types qui se posent à cet égard du fait du machinisme. L'approche généralement la plus efficace consiste à redessiner ou à remplacer les équipements bruyants.[69]

Quand cette solution est impossible, on peut faire :

- Lors de l'achat d'un nouvel équipement, veiller à choisir l'équipement le plus silencieux possible » ;
- Caler si possible les pièces vibrantes à l'aide de caoutchouc ou de mousse ;
- Remplacer une butée rigide par une butée souple ;
- Désolidariser les machines de leur environnement en faisant reposer les machines sur des plots anti vibratiles, ... [70]

V.4.2. Réduire la propagation du bruit

V.4.2.1. L'éloignement

En l'absence de tout obstacle, le niveau sonore décroît avec l'éloignement. Il baisse de 6 décibels chaque fois que l'on double la distance à la source. Donc pour réduire la propagation du bruit on a besoin d'éloigner les travailleurs, au moins pendant une partie de la journée, des zones les plus bruyantes.[71]

Décroissance du son dans l'espace

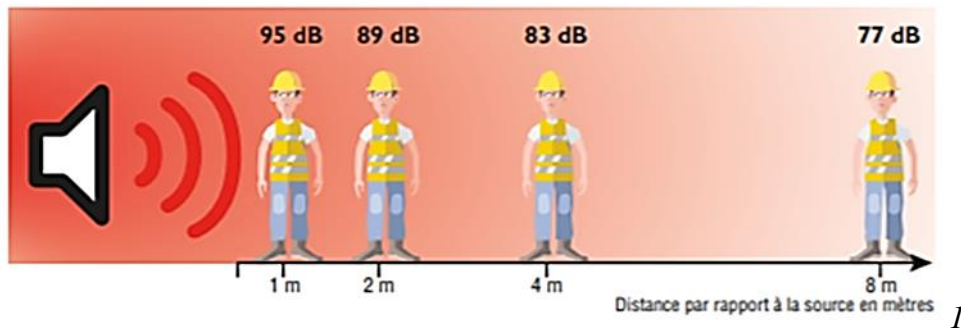


Figure.V. 10. L'éloignement à la source. [67]

V.4.2.2. Réaliser un traitement acoustique des locaux :

V.4.2.2.1. L'insonorisation

Elle modifie la transmission des sons (réverbération du bruit sur les parois, propagation du bruit...) dans un local :

- Elle permet d'agir sur les niveaux auxquels sont exposés des opérateurs ;
- Elle complète les actions destinées à supprimer ou à limiter les émissions sonores et leurs nuisances ;[71]

V.4.2.2.2. Les écrans acoustiques :

La réduction du niveau sonore apportée par l'écran situé derrière lui n'excède jamais quelques décibels et n'atteint 6 dB (A) que si le local a été isolé phoniquement au préalable.

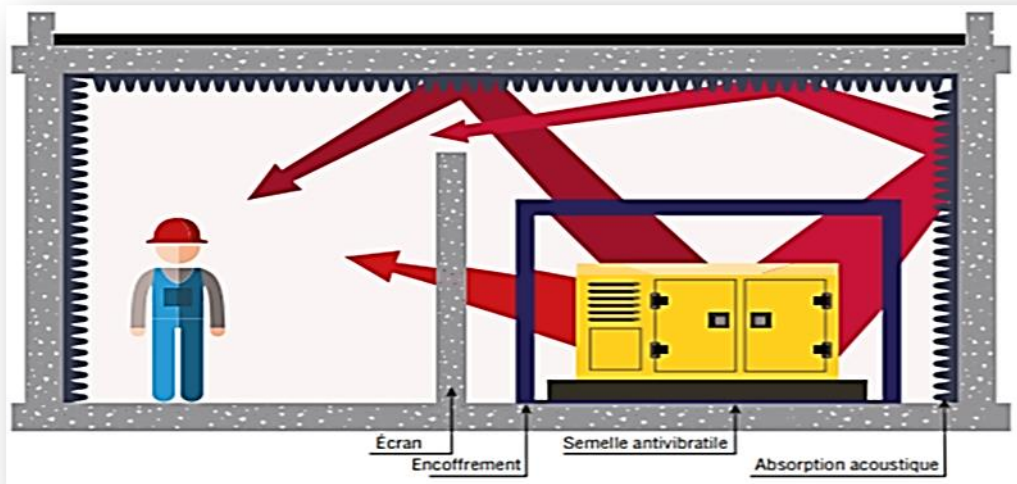


Figure. V.11. Réduire le bruit à la source [71]

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

V.5. Suivre la prévention médicale [61]:

Le rôle du médecin du travail est primordial dans la prévention de la Surdité Professionnelle. Cette prévention peut se décliner en trois niveaux :

- **La prévention primaire :** Elle repose sur les mesures applicables à une maladie pour en bloquer les causes avant qu'elles n'agissent sur l'homme et empêcher sa survenue ;
- **Prévention secondaire :** Elle se base sur les mesures destinées à interrompre un processus morbide en cours pour prévenir ou limiter de futures complications et séquelles ;
- **Prévention tertiaire :** Elle repose sur la réadaptation ensemble de mesures visant à permettre aux personnes handicapées de recouvrer leurs fonctions initiales ou d'utiliser au maximum les capacités restantes.

V.5.1. Examen médical [67]:

V.5.1.1. Examen médical à la bouche :

Cet examen médical est indispensable avant la prise de poste d'un salarié qui va être exposé à des niveaux sonores importants. Le médecin du travail va chercher une contre-indication à l'embauche si le salarié présente des troubles de l'audition, réalisation d'un audiogramme tonal à l'aide d'un audiom tre.

Le médecin va également chercher à savoir s'il n'y a aucune contre-indication au port de protections individuelles par le salarié. L'information du salarié sur les risques et les moyens de protection et de prévention liés au bruit fait partie de cet examen médical.

V.5.1.2. Examen médical périodique :

Le salarié doit subir un examen médical triennal, selon le Code du Travail, pour effectuer des contrôles nécessaires, ainsi qu'un contrôle audiométrique. Ce test peut être renouvelé chaque année, tous les deux ans ou tous les trois ans maximums en fonction du niveau d'exposition sonore quotidien du salarié.

Le médecin du travail peut demander des contrôles plus réguliers si des anomalies ou des maladies professionnelles auraient été décelées lors des examens précédents. Le salarié peut lui aussi demander de nouvelles visites médicales si besoin est.

V.5.2. Sensibiliser les salariés au risque d'exposition au bruit en milieu professionnel

Les travailleurs exposés doivent bénéficier d'une information concernant : [62][12]

- Les attributs des risques liés au bruit au travail ;
- L'ensemble des mesures prises afin de réduire, ou limiter le bruit au travail en raison d'un dépassement de volume sonore ;
- Les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant l'action de prévention ;
- La façon optimale d'utiliser ses bouchons d'oreilles sur mesure ;

Chapitre V. Etude de la prévention contre les effets des ondes sonores

- Le processus de dépistage dès la perception d'un changement au niveau de l'audition et l'importance de le signaler ;
- Rappeler le droit aux consultations médicales professionnelles permettant d'effectuer des contrôles de prévention ;
- Les bons gestes à mettre en place afin de limiter l'impact du bruit au travail sur l'audition ;
- Les moyens de se protéger. Ainsi qu'une formation adéquate concernant : Les PICB, Leurs indications et contre-indications. [72]

V.6. Comment signaler le bruit :

Trois types de panneaux sont communément utilisés pour la signalisation des zones bruyantes selon les niveaux d'exposition enregistrés.

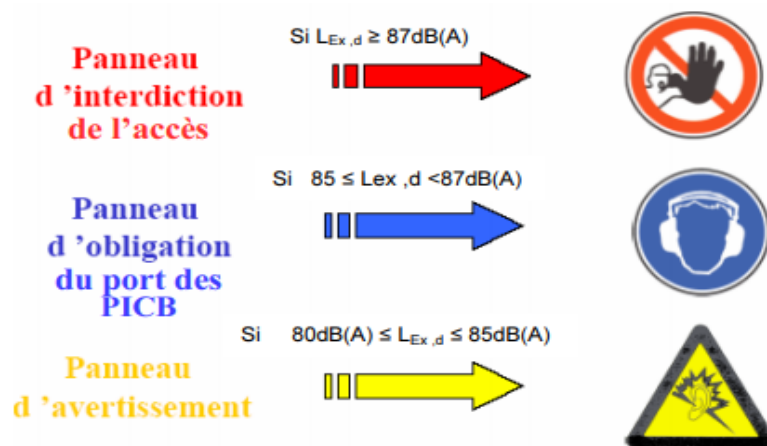


Figure. V. 12. Les plaques signalétiques de bruit. [61]

V.7. Conclusion :

Nous avons abordé dans ce chapitre les actions de réduction du risque lié au bruit. Ensuite, nous avons détaillé les éléments de protections individuelles. Puis on parler de la prévention collective contre le bruit et enfin, on a évoqué le principe de la prévention médicale ainsi que le rôle du responsable de sensibiliser les salariés au risque d'exposition au bruit en milieu professionnel.

Ce qu'on a pu retenir dans ce chapitre le bon choix du PICB doit être orienté en fonction du risque d'exposition au bruit et des contraintes liées aux différentes activités et aux travaux à réaliser. C'est pourquoi le protecteur auditif individuel doit être analysé selon les quatre critères suivants (Efficacité, Confort, Facilité d'utilisation, Compatibilité avec d'autres EPI).



Conclusion générale

Conclusion générale

Pour faire face à l'onde sonore il est primordial d'avoir une bonne connaissance sur ce dernier.

D'abord, Nous avons découvert que les altérations de la perception sonore pouvaient trouver leur origine à ces deux niveaux, qu'il s'agisse de l'atteinte de l'une des oreilles ou d'un traumatisme cérébral.

Mais Si on veut se protéger d'un son fatigant ou dangereux l'éloignement physique permet de l'atténuer c'est le principe de l'atténuation acoustique géométrique quand cela n'est pas possible l'utilisation le principe du traitement acoustique permet de tirer la meilleure efficacité possible des autres moyens de prévention collective que sont la réduction à la source, les encoffrements et les écrans, dans la situation fréquemment rencontrée dans l'industrie où plusieurs machines contribuent à l'exposition sonore de chaque personne.

D'autre part, on a réalisé l'importance des équipements de protection individuelle contre le bruit ainsi que sensibiliser et informer les travailleurs est une action fondamentale pour aider à prendre conscience des risques liés au bruit et donc à s'engager dans une démarche participative pour le réduire.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse être utile à l'étude détaillée sur les ondes sonores et leur impact sur l'audition.

Bibliographie

[1] : Quentin MIFSUD, 'mesure de la fatigue auditive des assistants de régulation médicale du Samu travaillant sous casque téléphonique : impacts sur l'intelligibilité dans le bruit', université de LORRAINE, France, Novembre 2015.

[2] : FEZAZI Chaimaa, 'Etude, simulation et réalisation d'un système anti incendie à ondes sonores', Université Abou BekrBelkaid, Tlemcen, 2020.

[3] : 'Résumé d'orientation des Directives de l'OMS relatives au bruit dans l'environnement', Organisation mondiale de la santé OMS, 17 avril 2012.

[4] : Florent Delcros, '*les ondes sonores et leurs impacts sur la sante*', université de Lorraine, France, 19 mai 2016.

Chapitre I.

[5] : www.schoolmouv.fr / l'intensité sonore (Consulté le 05/04/2021).

[6] : FABRE Julie, 'la communication acoustique chez le dauphin et l'impact de la pollution sonore', la faculté de médecine de Créteil, 2014.

[7]: T. DUFOUR, '*les ondes sonores*', – SORBONNE Université PARIS, FRANCE, 05 avril 2019.

[8] <http://www.sonorisation-spectacle.org> / reverberation (Consulté le 06/04/2021).

[9]: '*Le bruit risques et preventions*', OPPBTP organisme professionnel de prevention du batiments et des travaux publics.

[10] : docplayer.fr / Mesure de la duree de reverberation d'une sale (Consulté le 06/04/2021).

[11]: <https://www.techniques-ingenieur.fr> / propagation,des,ondes acoustiques. (Consulté le 10/04/2021)

[12] : PERROT Ludivine, CLABAUT Amélie, '*le bruit en locaux de travail aux de travail*', Master Prévention des Risques et Nuisances Technologiques.

[13] <https://sites.google.com> / le son (Consulté le 06/04/2021)

[14]: manuelnumeriquemax.belin.education / _les harmoniques d'une note (Consulté le)

[15]: www6.paca.inrae.fr / equipe TWICS. (Consulté le 17/04/2021)

[16] <http://www.cochlea.eu> / son (Consulté le /07/04/2021)

[17] <https://sstie.ineris.fr> / guid bruit au format interactif (Consulté le 19/04/2021)

[18] <https://physique.neveu.j.fr> / les-sons-audibles (Consulté le 20/04/2021)

Bibliographie

- [19] : lesondessonoresetlaudition.e-monsite.com/ les caractéristiques d'une onde sonore (consulté le 07/04/2021).
- [20] : www.webphysique.fr/ célérité (consulté le 21/04/2021).
- [21] : slideplayer.fr / Les ondes et le diagnostic médical (Consulté le 21/04/2021).
- [22] : [audioson.wordpress.com/la-physique-du-son l'amplitude](http://audioson.wordpress.com/la-physique-du-son-l-amplitude).
- [23] : www.cochlea.org / audition (Consulté le 02/05/2021).
- [24] : le-son-et-vous.e-monsite.com/ anatomie et physiologie de l'oreille (Consulté le 02/05/2021).
- [25] : campus.cerimes.fr / fonction auditive (Consulté le 02/05/2021).
- [26] : www.toutsurloreille.fr / tout-savoir sur l'oreille (Consulté le 03/05/2021).
- [27] : https://conseildentaire.com / anatomie de l'oreille (Consulté le 04/05/2021).
- [28] otite.ooreka.fr / comprendre anatomie oreille (Consulté le 05/05/2021).
- [29] : www.futura-sciences.com / corps humain oreille moyenne (Consulté le 09/05/2021)
- [30] : SAKHI.R. N, '*Anatomie de l'Appareil de l'Audition*'.
- [31] : www.auditionsante.fr / audition et perte auditive oreille (Consulté le 12/05/2021).
- [32] : www.neuroreille.com / Oreille (Consulté le 13/05/2021).
- [33] : www.researchgate.net / Position et orientation des systèmes vestibulaires et des canaux semi circulaires (Consulté le 14/05/2021).
- [34] : www.utc.fr / organes oreille (Consulté le 15/05/2021).
- [35] : eduscol.education.fr/ Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse - Septembre 2019 (Consulté le 15/05/2021).
- [36] : www.airopta-groupe.com / solutions-acoustiques (consulté le 17/05/2021).
- [37] : www.cchst.ca / noise measurement (consulté le 18/05/2021)
- [38] : passionhifivintage.wordpress.com / acoustique notions de base (consulté le 19/05/2021)
- [39] : amfoat.free.fr / acoust_traitement (consulté le 20/05/2021)
- [40] : '*Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit*', INRS Institut national de recherche et de sécurité, septembre 2009.
- [41] : www.atousante.com / risques-physiques bruit mesurer bruit (consulté le 20/05/2021).
- [42] : www.acnusa.fr / le-bruit et la cartographie (consulté le 21/05/2021).
- [43] : fr.wikipedia.org / bruit (consulté le 22/05/2021).

Bibliographie

- [44] : ‘Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent’, juin 2006.
- [45] : [sopac.com/services/ étalonnage](http://sopac.com/services/etalonnage) (consulté le 23/05/2021).
- [46] : [www.cirrusresearch.fr / blog/2017/11/pourquoi calibrer votre instrument de mesure acoustique](http://www.cirrusresearch.fr/blog/2017/11/pourquoi-calibrer-votre-instrument-de-mesure-acoustique) (consulté le 24/05/2021).
- [47] : [euro-index.be / est ce que le calibrage](http://euro-index.be/est-ce-que-le-calibrage) (consulté le 25/05/2021).
- [48] : [www.labour.gov.on.ca / noise](http://www.labour.gov.on.ca/noise) (consulté le 25/05/2021).
- [49] : [http://ilm-perso.univ-lyon1.fr / Niveaux acoustiques et sources sonores](http://ilm-perso.univ-lyon1.fr/Niveaux-acoustiques-et-sources-sonores) (consulté le 26/05/2021).
- [50] : I.U.P, ‘Cours d’acoustique et mécanique ondulatoire’, 2012-2013.
- [51] : [www.testoon.com /sonométrie](http://www.testoon.com/sonometrie) (consulté le 01/06/2021).
- [52] : www.tangentex.com/AnalyseSpectrale (consulté le 02/06/2021)
- [53] : <https://particuliers.placo.fr/confort-bien-etre/isolation-phonique/isolation-phonique-les-grands-principes> (consulté le 03/06/2021).
- [54] : ‘*Risque bruit* ‘ INRS Institut national de recherche et de sécurité.
- [55] : Conseil national de bit, ‘Les effets sanitaires du bruit’, 01 novembre 2018.
- [56] : [sstie.ineris.fr/ guide bruit](http://sstie.ineris.fr/guide-bruit) (consulté le 04/06/2021).
- [57] : [www.yumpu.com/fr / solo-slm-manuel-utilisation-b-acoustic1](http://www.yumpu.com/fr/solo-slm-manuel-utilisation-b-acoustic1) (consulte le 05/06/2021).
- [58] : [ametif.com course le bruit](http://ametif.com/course-le-bruit) (consulte le 07/06/2021).
- [59] : [www.sig-geomatique.fr / applications cartographie bruit](http://www.sig-geomatique.fr/applications-cartographie-bruit) (consulte le 08/06/2021).
- [60] : Bruxelles Environnement (IBGE), ‘Enquête de la perception du bruit dans les hôpitaux de la Région de Bruxelles-Capitale’, Décembre 2017.
- [61] : Pr Habib Nouaigui, ‘La Prévention des Risques Liés à l’Exposition au Bruit en Milieu Professionnel’, Avril 2011.
- [62] : pierre canetto, l’institut international de recherche et de sécurité (INRS), technique de réduction du bruit en entreprise quelles solution et comment choisir, septembre 2006.
- [63] : www.delaunay-acoustique.com/encoffrement-machines/consulté le 16/06/2021;
- [64] : [www.mecart.com/ produits/batiments-modulaires/](http://www.mecart.com/produits/batiments-modulaires) consulté le 16/06/2021

Bibliographie

[65] : Gwenolé NEXER, ' Choisir un protecteur individuel contre le bruit', Octobre 2011.

[66] : centre de gestion de l'Aisne 'Fiche n°12 : équipement de protection individuelle contre le bruit (PICB)', France, janvier 2009

[68] : cmsm.fr /Prévention et protection contre le bruit (Consulté le 13/06/2021)

[69] : Organisation mondiale de la Sante 'Critères d'hygiène de l'environnement 12 LE BRUIT', l'Organisation mondiale de la Sante et du Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Genève, 1980.

[70] : www.stsa.fr / protection collective (Consulté le 12/06/2021)

[71] : www.preventionbtp.fr / le bruit risques et protections (Consulté le 12/06/2021)

[72] : www.protacbyprodways.com/sensibilisation des salariés (Consulté le 13/06/2021)

[73] : GRANDLYON la métropole, acoucité, 'L'environnement sonore urbain-livret ressources', Lyon, France.

[74] : Abdelghani Gramez, 'Introduction à la réglementation acoustique Algérienne et la réhabilitation acoustique des façades', 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon, France, avril 2010.

[75] : www.iso.org / réglementation et norme de bruit (Consulté le 09/06/2021).

[76] : P. CANETTO, 'Une nouvelle réglementation sur le bruit au travail', Département Ingénierie des équipements de travail, institut national de recherche et de sécurité INRS,2006



LES ANNEXES

Les réglementations nationales et international

1. On a d'autres définitions du terme bruit selon les normes :

- **L'AFNOR (Association Française de Normalisation) propose** : « Vibration acoustique erratique intermittente et statistiquement aléatoire. »
- **Le vocabulaire d'acoustique issu du Comité Électro-technique Français donne en 1956 la définition suivante du bruit** : « Toute sensation auditive désagréable et gênante ; tout phénomène acoustique produisant cette sensation ; son ayant généralement un caractère aléatoire sans composante définie. »
- **L'Organisation Internationale de Normalisation (ISO)**, dans une même approche en propose une définition très large qui englobe parfaitement les notions de perception et de gêne : « Phénomène acoustique produisant une sensation auditive considérée comme gênante et désagréable. »

2. Normes nationale et internationales d'évaluation du bruit

2.1. La Réglementation Algérienne d'Acoustique

En Algérie, le problème concernant les nuisances dues aux bruits a été pris en charge par les pouvoirs publics dès 1983 en promulguant la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement. La réglementation acoustique algérienne actuelle est composée principalement par deux lois, un décret et un DTR :

- **La loi n° 83-03 du 5 février 1983** relative à la protection de l'environnement et ce dans le chapitre 5, articles 119, 120 et 121 ;
- **Le décret n°93-184 du 27 juillet 1993** réglementant l'émission des bruits ;
- **La loi 03-10 du 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable (chapitre II, article 72 à 75) ;
- Le **Document Technique Réglementaire DTR C3.1.1** constitue un outil essentiel pour les concepteurs en leur permettant de calculer l'isolement brut des parois, ainsi que le niveau du bruit global reçu dans les locaux de réception.

3. La réglementation internationale :

3.1.1. L'organisation Internationale de normalisation (ISO) :

L'ISO 9612 :2009 spécifie une méthode d'expertise permettant de mesurer l'exposition au bruit des travailleurs dans un environnement de travail et de calculer le niveau d'exposition au bruit. Elle traite des niveaux pondérés A, mais est également applicable aux niveaux pondérés C [73]. Elle base sur 3 stratégies : [74]

- Stratégie 1 : Mesurage basé sur la tâche ;
- Stratégie 2 : Mesurage basé sur la fonction ;
- Stratégie 3 : Mesurage sur une journée entière.

Elle est actuellement très active dans le domaine des normes acoustiques. Son Comité technique TC43, « Acoustique », travaille sur une norme visant à évaluer l'efficacité des programmes de conservation de l'audition. Le Sous-Comité 1 (SC1) du TC43 compte 21 groupes de travail dont certains étudient plus de trois normes. [75]

Les réglementations nationales et international

3.1.2. L'Organisation Mondiale de la Santé OMS (WHO World Health Organizations) :

Les valeurs de référence (annexer) de l'OMS(l'Organisation Mondiale de la Santé) se traduisent en recommandations dans différentes situations d'exposition liées à des activités, dans différents locaux ou lieux spécifiques et pendant différentes. Elles peuvent être déclinées par rapport à la santé, au bien-être, à la gêne et au confort, mais aussi pour prendre en compte les besoins particuliers de groupes vulnérables et fragiles. Elles visent la protection de la santé humaine de façon globale afin d'éviter toute manifestation défavorable. Ces valeurs sont établies en prenant en compte tous les effets négatifs sur la santé identifiés dans la littérature et validés par des experts.[76]

3.1.3. Commission électrotechnique internationale (CEI)

- **La directive européenne n° 2003/10/CEdu 6 février 2003** modifie les prescriptions minimales en matière de protection des travailleurs contre les risques pour leur santé et leur sécurité résultant ou susceptibles de résulter d'une exposition au bruit, notamment le risque pour l'ouïe. Cette directive doit être transposée par les États membres avant le 15 février 2006.
- **15 février 2006** : La directive modifie les valeurs d'exposition au bruit et définit les sujets pour lesquels les salariés doivent être consultés. Les responsabilités de l'employeur sont élargies de même que les champs d'application qui incluent les secteurs maritimes et aériens. Elle place l'évaluation des risques comme la 1ère obligation des employeurs. En fonction de cette évaluation l'employeur prendra des dispositions pour éviter ou réduire le bruit. [78]

Tableau. 1. Évolution des seuils dans la nouvelle réglementation

Seuils	Paramètre	Ancienne réglementation	Nouvelle réglementation
EXPOSITION QUOTIDIENNE			
Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action	$L_{ex,8h}$	85 dB(A)	80 dB(A)
Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action	$L_{ex,8h}$	90 dB(A)	85 dB(A)
PRESSION ACOUSTIQUE DE CRÊTE			
Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action	$L_{p,c}$ (*)	135 dB(C)	135 dB(C)
Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action	$L_{p,c}$ (*)	140 dB(C)	137 dB(C)
VALEUR LIMITE D'EXPOSITION (**)			
Exposition quotidienne	$L_{ex,8h}$	Aucune	87 dB(A)
Valeur limite de crête	$L_{p,c}$ (*)	Aucune	140 dB(C)

(*) niveau de pression équivalent au critère donné sur $P_{crête}$

(**) compte tenu de l'atténuation du PICB

Tableau N°42 de la surdité professionnelle provoqué par le bruit

RÉGIME GÉNÉRAL Tableau 42		
Surdité provoquée par les bruits lésionnels		
Date de création : Décret du 10 avril 1963		Dernière mise à jour : décret du 25 septembre 2003
Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>Hypoacousie de perception par lésion cochléaire irréversible, accompagnée ou non d'acouphènes.</p> <p>Cette hypoacousie est caractérisée par un déficit audiométrique bilatéral, le plus souvent symétrique et affectant préférentiellement les fréquences élevées.</p> <p>....</p>	<p>1 an (sous réserve d'une durée d'exposition d'un an, réduite à 30 jours en ce qui concerne la mise au point des propulseurs, réacteurs et moteurs thermiques).</p>	<p>Exposition aux bruits lésionnels provoqués par :</p> <p>1.- Les travaux sur métaux par percussion, abrasion ou projection, tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le décolletage, l'emboutissage, l'estampage, le broyage, le fraisage, le martelage, le burinage, le rivetage, le laminage, l'étrépage, le tréfilage, le découpage, le sciage, le cisailage, le tronçonnage

Partie A : Questionnaire pour les salariés exposés au bruit

Age : 37

Ancienneté : 7 ans

Sexe : Homme

Poste de travail :

Chef de groupe
maintenance.

Les questions	Oui	Non
1. Êtes-vous exposé au bruit ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Le bruit est-il trop fort ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Le bruit est-il très évident ou désagréable ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Travaillez-vous dans un secteur près des sources de bruit déterminées ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Est-ce que vous portez des protections d'oreille ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Le temps de travail plus de 10h avec port des protections d'oreilles ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Devez-vous crier en parlant à une personne qui se tient à un mètre de vous ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Devez-vous crier pour vous faire entendre au moins une partie de la journée ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Avez-vous une perte auditive temporaire après un quart de travail, votre ouïe revenant à la normale le lendemain ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Entendez-vous un bourdonnement dans vos oreilles à la fin de votre quart de travail ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Vous est-il déjà arrivé d'avoir des douleurs intenses aux oreilles ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12. Vous arrive-t-il d'avoir des difficultés à suivre les conversations à cause du bruit ambiant ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Est-ce que vous êtes formés au bon port du PICB ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. L'entreprise s'assure-t-elle que le PICB est bien porté dans les lieux bruyants ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Le local est-il traité acoustiquement (par la mise en place de matériaux absorbants) ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Votre avis concerné est-il pris en compte dans la recherche de solutions pour réduire le bruit ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17. Fatigue auditive ressentie ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Êtes-vous personnellement gêné(e) par le bruit et les nuisances sonores sur votre lieu de travail ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19. Diriez-vous que le bruit et les nuisances sonores sur votre lieu de travail portent atteinte à votre efficacité ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20. Votre capacité de concentration dans le bruit est-elle diminuée par le stress ou la fatigue ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. La fréquence des examens médicaux de l'audition est-elle annuelle ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Est-ce que le bruit est également présent dans les locaux de repos ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23. Avez-vous été informé sur les dangers liés à ce risque ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Accidents sonores suite aux fortes intensités sonores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Partie A : Questionnaire pour les salariés exposés au bruit

25. Considérez-vous que vous travaillez dans un environnement bruyant. Si oui, considérez-vous que le bruit soit :

- Permanent ;
- Répété dans la journée ;
- Occasionnel : *OK*
- Rare.

26. Considérez-vous que le niveau de bruit soit :

- *OK* Très élevé (voix criée pour se faire entendre) ;
- Plutôt élevé (voix élevée pour se faire entendre) ;
- Pas particulièrement élevé (voix normale pour se faire entendre).

27. Qualité de compréhension des signaux sonores ?

Oui

28. Problèmes de communication verbale entre opérateur ?

Oui

29. Accidents sonores suite aux fortes intensités sonores ?

Non

30. Probabilité du risque selon la période de la journée du travail ?

Non

31. Fatigue auditive ressentie ?

Oui

Partie A : Questionnaire pour les salariés exposés au bruit

32. Quelle est la périodicité de l'information sur le risque « bruit » donné dans l'entreprise ?

Non

33. Considérez-vous que vous travaillez dans un environnement bruyant. Si oui, à quelle(s) occasion ?

Durant les interventions sur les machines
au niveau de l'unité NH3

34. Quels types de PICB disposez-vous ?

- Bouchons
- Bouchons arceaux
- Bouchons moulés
- Casques
- Coquilles

35. Durant quelles tâches les portez-vous ?

A l'entrée de l'unité

36. A combien estimez-vous en moyenne le temps que vous portez ces protections par jour ?

Jusqu'à la fin de l'intervention
entre (30 min - 12h)

37. Si vous pensez avoir des problèmes de santé liés au bruit, lesquels sont-ils ?

- Perte de l'audition
- Fatigue générale
- Stress
- Douleurs nausées
- Troubles visuels
- Troubles du sommeil

38. Qui peut vous renseigner sur le bruit dans votre entreprise ?

- Service médical
- Responsable CHSCT
- Service sécurité
- Sans réponse



Partie B : Questionnaires service sécurité

Age : 32

Ancienneté : 9 ans

Sexe : homme

Poste de travail : chef Service SI

1. Comment sont repérés les lieux très bruyants ?

- Par une signalisation bien mise en évidence actualisée ;
- ✓ Par une signalisation bien mise en évidence mais pas actualisée ;
- ✓ Par une signalisation mal mise en évidence (mal placée, peu visible au premier abord) ;
- ✓ Les lieux très bruyants ne sont pas signalisés.

2. L'avis des salariés concernés est-il pris en compte dans la recherche de solutions pour réduire le bruit ?

- Oui, systématiquement, à tous les salariés concernés ;
- ✓ Oui, systématiquement, mais aux représentants des salariés seulement ;
- ✓ Dans certains cas seulement ;
- ✓ Jamais.

3. Est-ce que des mesures visant à réduire le niveau de bruit ont été mises en place ?

Bien sur ex. ex. 3. Types Stop Bruit
des silencieux au niveau de purge
de vapeur

4. Comment les PICB sont-ils choisis et mis à dispositions ?

- ✓ L'avis du salarié est pris en compte et le PICB est choisi individuellement par rapport au poste et à la tâche ;
- ✓ Le PICB est choisi individuellement par rapport au poste et à la tâche mais le salarié n'a pas été associé au choix ;
- ✓ Les PICB sont mis en commun à la disposition des salariés (distributeurs, étagères) ;
- Les PICB ne sont fournis aux salariés que sur leur demande ; chaque 6 mois ↗

5. Comment les salariés sont-ils formés au bon port du PICB ?

- Une personne compétente explique au salarié comment mettre en place et porter le PICB, ainsi que les précautions à prendre, et des rappels sont faits régulièrement ;
- ✓ Une personne compétente a expliqué une fois au salarié comment mettre en place et porter le PICB, ainsi que les précautions à prendre ;
- ✓ Le salarié a été incité à prendre connaissance de la notice d'utilisation du PICB ;
- ✓ Le salarié n'est pas formé au port et à l'utilisation du PICB.

6. L'entreprise s'assure-t-elle que le PICB est bien porté dans les lieux bruyants ?

- Oui, le contrôle est systématique et il est effectué spontanément par tout le personnel ;
- ✓ Oui, le contrôle est systématique et il est effectué par des responsables ;
- ✓ Le contrôle est occasionnel
- ✓ Le port des PICB n'est pas vérifié ;

7. Où sont stockés vos PICB ?

- Dans un endroit clos à l'abris de la poussière (placard, vestiaire...) ;
- ✓ Dans un lieu réservé à cet effet, ouvert sur l'environnement de travail (Étagère, établi...)
- ✓ Il n'y a pas de lieux définis, les PICB sont laissés à l'endroit de leur dernière utilisation

8. Quand sont remplacés vos PICB ?

- ✓ Chaque année ;
- Lorsque l'usure est constatée ; ← 6 mois ↗
- ✓ Sur votre demande ;
- ✓ Ils ne sont jamais remplacés

9. A quelle fréquence l'exposition au bruit est-elle évaluée dans l'entreprise ?

- ✓ Après un état initial, un contrôle est fait chaque année ou plus souvent ;
- ✓ Après un état initial, une mise à jour est faite à chaque modification importante des installations ;
- ✓ Un état initial a été fait une fois il y a moins de 5 ans ;
- ✓ Aucune évaluation de l'exposition n'a été faite depuis 5 ans

* chaque mois dans 5 endroits spécifiques

10. Comment l'exposition au bruit est-elle évaluée ?

- ✓ Mesurage sur des groupes de salariés identifiés après une étude des postes de travail (GEH) ;
- ✓ Mesurage ponctuel sur des salariés identifiés a priori comme étant particulièrement exposés (dosimétrie) ;
- Mesure ponctuelle en des lieux identifiés comme bruyants (sonométrie) ;
- ✓ Pas de mesurage réalisé

11. Quelle est la fréquence des examens médicaux de l'audition ?

- Chaque année ou plus souvent ;
- Tous les 2 ans ;
- Selon une périodicité supérieure à 2 ans ;
- Ponctuellement, en cas de problème suspecté

12. Le local est-il traité acoustiquement (par la mise en place de matériaux absorbants) ?

Non

13. Qualité de compréhension des signaux sonores ?

claire

14. Accidents sonores suite aux fortes intensités sonores ?

aucune

15. Probabilité du risque selon la période de la journée du travail ?

Pour le personnel exposé au risque de bruit l'exposition est inférieure à 8h par jour.

16. Quelle est la périodicité de l'information sur le risque « bruit » donné dans l'entreprise ?

chaque mois les teneur de bruit son informés au personnel.

17. Comment gérer le port des protections contre le bruit pour les personnes ne faisant que traverser des endroits bruyants mais qui n'y travaillent ?

Il est strictement interdit d'entrer dans une zone de bruit sans les EPI adéquats.

18. En tant que HSE votre rôle consiste en quoi ?

informer et sensibiliser les travailleurs sur le risque et les moyens à prendre.

