REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université yahia fares médéa

Faculté de technologie

Mémoire fin d'étude d'obtenir le diplôme de master

Filiére : hygiéne et sécurité industrielle

Option :hygiéne et sécurité industrielle

L'impact d'intensité sonore sur l'opérateur exposé au phénoméne d'acoustique industriel

Réaliser par :

- OUKRIF AKRAM
- BENDAOUD ABDELKADER

Proposé et dirigé par :

Dr : SAADAT Boulanouar

PROMOTION 2020

romerciement

En premier lieu nous tenant à remercie Le dieu, notre créateur, qui nous donnant la force a complet ce travail.

Nous remercions notre promoteur monsieur le Dr. SAADAT Boulanouar, pour sa disponibilité et la confiance qu'il nous a accordée, nous avons bénéficié d'une longue période de connaissances et de nombreuses discussions. Je voudrais également le remercier pour l'indépendance qu'il nous a donnée, pour ses précieux conseils qui nous ont permis de faire ce travail, ainsi que les membres du jury qui nous ont honorés pour leur participation et leur intérêt pour le mémoire.

Nous tenons à remercier : le président et les membres de jury pour avoir accepter notre travail.

Nos sincères remerciements vont également à touts les enseignants du département de ***gp*** *de l'université de Médéa, et à touts les enseignants qui ont participé à notre formation.*

Ainsi nous adressent notre sincère salutation et notre remercîments à tous ce qui ont contribué de prèt ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A mes chers parents, ***ma mére zahra*** *et* ***mon pére noureddine*** *pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien ,et leurs prières, tout au long de mes études.*

A ma chère sœur ……. pour son encouragements permanents, et son soutien moral.

*A mon chers frères ,****walid*** *, pour son appui et son encouragement.*

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fuit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Dédicace

A mes chers parents, ***ma mére zahra*** *et* ***mon pére mohammed*** *pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien ,et leurs prières, tout au long de mes études.*

A mes chère sœurs ……. pour ses encouragements permanents, et ses soutien moral.

A mes chers frères, ***walid et saddek****, pour leur appui et leur encouragement.*

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fuit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Sommaire

Chapitre	*Titre*	*Page*
	Chapitre I : généralité sur le bruit et l'acoustique industrielle	
Chapitre I	I : Introduction générale ……	*1*
	I-1 : introduction ……	*4*
	I-1-1 : le son ……	*4*
	I-1-2 la catégorisation des sons ……	*4*
	I-1-3 : les sons musicaux ……	*4*
	I-1-4 : propagation du son ……	*5*
	I-1-5 : l'amplitude ……	*5*
	I-1-6 : le décibel ……	*5*
	I-1-7 : la fréquence ……	*6*
	I-2-1 : le bruit ……	*6*
	I-2-2 : les types de bruit ……	*7*
	I-3-1 : l'onde sonore ……	*9*
	I-3-2 : notions d'acoustique ……	*9*
	I-3-3 : la régle de 3 décibel ……	*11*
	I-3-4 : réverbération ……	*12*
	I-3-5 : propagation des ondes acoustique ……	*13*
	I-3-6 : 5 type différents d'exposition sonore ……	*15*
	I-3-7 : la puisance sonore ……..	*15*
	I-4-1 : conclusion ……..	*16*
	Chapitre II : les risques et les effets provoquée par le bruit	
Chapitre II	II-1-1 : introduction ……..	*18*
	II-2-1 : physiologie de l'oreille ……..	*18*
	A) Anatomie ……..	*18*
	B) Physiologie ……	*19*
	C) Le fonctionnement de l'oreille interne ……	*21*
	II-3-1 : les effets extra auditifs ……	*21*
	A) La fatigue auditif	*23*
	B) Les effets sur sommeil	*24*
	C) Les effets sur les systémes endocrinien .cardiovasculaire et immunitaire ……	*24*
	D) La surdité professionnelle …….	*25*
	E) Les effets indirect …….	*26*
	II-4-1 : autre perturbation non auditives …….	*26*
	II-5-1 conclusion ……	*26*
	Chapitre III : les mésures de prévention et protection contre le bruit	
Chapitre III	III-1 : introduction ……	*28*
	III-2 : évaluation des risques ……	*28*

	III-2-1 :détermination des risque ……	*28*
	III-2-2 : disposition visant à éviter ou a réduire l'éxposition ……	*28*
	III-2-3 : information et formation des travailleur ……..	*29*
	III-2-4 : surveillance de la santé ……	*29*
	III-3 : mésure de bruit au milieu de travail	*30*
	III-3-1 : comment mesure –t-on le bruit en milieu de travail …….	*30*
	III-3-2 : comment savoir si le bruit pose un probléme sur les lieux de travail	*30*
	III-4 : que faut-il considérer en planifiant la mésure de bruit ……..	*31*
	III-5 : les instruments servant a évaluer le bruit ……	*31*
	III-5-1 : le sonométre …… ……..	*32*
	III-5-2 : l'audiodosimétre ……	*33*
	III-5-3 : le sonométre intégrateur …….	*33*
	III-6 : réalisation d'une enquète sur le bruit …….	*34*
	III-7 : réducation de bruit …….	*35*
	III-7-1 : analyser la situation ……..	*35*
	III-7-2 : établir un bilan de l'émission sonore …….	*35*
	III-7-3 : étudier le comportement acoustique d'un local …….	*35*
	III-7-4 : réduire le bruit a la source ……..	*36*
	III-7-5 : isoler le local des bruit extérieurs ……	*39*
	III-7-6 : organiser le travail ……	*41*
	III-8 : équipement de protection individuelle cotre le bruit ……	*42*
	III-8-1 : les bouchons d'oreille anti-bruit ……	*42*
	III-8-2 : les casques anti-bruit ……	*43*
	III-8-3 : normalisation …….	*44*
	III-8-4 : instruction et formation …….	*45*
	III-8-5 : aide au chois des PICB ……	*46*
	III-8-6 : innovation et smart EPI …….	*47*
	III-8-7 : sur le plan de l'information des salaries ……	*47*
	III-8-8 : principe de la prévention médical ……..	*49*
	III-9 : conclusion ……	*50*
	Chapitre IV : étude de cas d'impact d'acoustique industrielle	
Chapitre IV	IV-1 : introduction ……..	*52*
	IV-2 : étude de cas d'impact acoustique ……	*52*
	IV-2-1 : modélisation ……	*54*
	IV-2-2 : principe appliqué ……	*54*
	IV-2-3 : données acoustique équipement ……	*55*
	IV-2-4 :localisation des points d'étude ……..	*56*
	IV-2-5 : résultats aux points d'étude …….	*58*
	IV-2-6 : cartes du bruit …….	*59*
	IV-2-7 : analyse des contribution sonore des sources par zone d'étude	*59*
	IV-3 : préconesation acoustique ……	*61*
	IV-3-1 : solution a mettre en œuvre …….	*61*
	IV-3-2 : cheminée d'extraction des extracteur …….	*61*

IV-3-3 : extracteur CEX 11 (x2) …… *61*
IV-3-4 : extracteur CEM 23 (x3) ……. *61*
IV-3-5 : autre extracteurs (x11) …… *61*
IV-3-6 : cheminée d'extraction chaufferie …….. *62*
IV-3-7 : groupe froid …… *63*
IV-3-8 : résultats après mise en place des solution …… *64*
IV-3-9 : cartes des bruit ……. *65*
IV-4 : conclusion …… *66*
Conclusion générale ……. *67*
Annexe …….. *68*
Référence bibliographique ……. *72*
Liste des abréviation …… *74*

Liste des figures

Chapitre	*Titre*	*Page*
Chapitre I	- Figure I-1: bruit continu ……	7
	- Figure I-2 : bruit fluctuant ……	7
	- Figure I-3 :bruit intermittent ……	8
	- Figure I-4 : bruit impulsionnel ……	8
	- Figure I-5: exemple de source de bruit ……	9
	- Figure I-6 : exemple de niveau de bruit réçu par deux travailleurs …	11
	- Figure I-7:phénoméne de réverbiration ……	13
	- Figure I-8.Le « trajet sonore » se décompose en émission, propagation et réception …….	13
	- Figure I-9:propagation des ondes acoustiques ……	14
Chapitre II	- Figure II-1 :Schéma de l'oreille humaine ……	19
	- Figure II-2 :Schéma des effets extra auditifs du bruit selon W. Babish, 20023 …….	22
	- Figure II-3:Schéma des effets extra auditifs court et long terme selon l'OMS, 2017 ……	22
	- Figure II-4-A:Le graphique ci-dessus représente l‟évolution de la récupération des pertes auditives subies après une exposition de 30 mn d‟un bruit blanc1 de 130 dB allant de 300 à 4000 Hz ……	23
	- Figure II-4-B: les pertes soient très prononcées pour que les déficits audiométriques touchent aussi les fréquences conversationnelles	25
Chapitre III	- Figure III-1 :sonométre ……	33
	- Figure III-2 exemple d‟une carte de relevé du bruit ……	34
	- Figure III-3 : Champ réfléchiou réverbéré ……	36
	- Figure III-4 :panneau fléchissant ……	39
	- Figure III-5 : les encoffrements ……	40
	- Figure III-6: pourcentage du port de l‟équipment de protection ……	42
	- FigureIII-7 : Les bouchons d‟oreilles anti-bruit ……	43
	- Figure III-8 : casque anti-bruit ……	44
	- Figure III-9 : les différents types de PICB ……	44
	- FigureIII-10 : comment insérer un bouchon d'oreille ……	46
	- Figure III-11 : panneaux de sensibilisation contre le bruit ……	48
	- Figure III-12 : les panneaux de sensibilisation contre les dangers de bruit ……..	48

Chapitre IV

- Figure IV-1: localisation du site dans son environnement …… 52
- Figure IV-2: plan de masse de projet…… 53
- Figure IV-3: (orientation Ouest) Vue 3D du projet …… 53
- Figure IV-4: L‟ensemble des sources modélisées est repris sur l‟illustration ci-dessous (les rectangles rouges non références correspondent aux lanterneaux) …… 55 57
- Figure IV-5: Localisation des points d‟étude ……
- Figure IV-6: Vue 3D du modèle numérique (orientation Nord-Ouest) …….. 57
- Figure IV-7: Cartes de bruit …… 59
- Figure IV-8 : les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z1t …… 60
- Figure IV-9: les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z2b…… 60
- Figure IV-10: les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z3 ……..... 60
- Figure IV-11: Silencieux à baflles, version MSA-100 , MSA-200 … 62
- Figure IV-12: BOET et de type SM30 …… 62
- Figure IV-13: un écran acoustique modélisé …… 63
- Figure IV-14:carte de bruit après mise en place des préconisations en périodes jour et nuit …… 65

Liste des tableaux

chapitre	*Titre*	*Page*
Chapitre I	Tableau I-1 : correspondance entre le niveau de bruit et la durée maximale d‟exposition ……..	12
Chapitre II	Tableau III-1 :indicateur sur le choix d‟un instrument de mesure …….	32
	Tableau III-2: isolants et absorbants de bruit……..	40
	Tableau III-3 : les types de PICB parapporta l‟environnement de travail ….	47
Chapitre IV	Tableau IV-1 : les donnée acoustique des équipements …….	56
	Tableau IV-2 : Résultats aux points d‟étude (Période diurne) …….	58
	Tableau IV-3: Résultats aux points d‟étude (Période nocturne)……..	58
	Tableau IV-4: Résultats aux points d‟étude après mise en place des solutions (Période diurne) ……..	64
	Tableau IV-5: Résultats aux points d‟étude après mise en place des solutions (Période nocturne) …….	64

ملخص

الهدف من هذه المذكرة هو معرفة جميع خصائص الضوضاء و الصوتيات الصناعية بسبب الالات و المعدات . و في هذا الموضوع بينا جميع المخاطر و الاضرار و الامراض و الصعوبات التي تاثر على صحة العاملين . و في الاخير اقترحنا التدابير و الوسائل المتاحة للتقليل من حدتها و حماية العمال من هذه الظاهرة الخطيرة اثناء عملهم

الكلمات المفتاحية : الضوضاء – الصوتيات الصناعية – التدابير و الوسائل – الظاهرة الخطيرة

Résumé

L'objectif de cette mémoire est de connaître toutes les caractéristiques du bruit et de l'acoustique industriels dus aux machines et équipements. À ce sujet, nous avons expliqué tous les risques, dommages, maladies et difficultés qui affectent la santé des travailleurs. Au final, nous avons proposé les mesures et moyens disponibles pour réduire leur gravité et protéger les travailleurs de ce phénomène dangereux pendant qu'ils travaillent.

Mot clé : bruit – acoustique industrielle – les mesures et moyens – phénomene dangereux

Abstract :

The objective of this note is to know all the characteristics of industrial noise and acoustics due to machinery and equipment. On this topic, we explained all the risks, damages, diseases and difficulties that affect the health of workers. Finally, we suggested the available measures and means to reduce their severity and protect workers from this dangerous phenomenon while they are working

Keywords: industrial noise – acoustics – measures – dangerous phenomenon

Introduction générale :

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 de 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 maladies professionnelles.

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 toute au long de sa vie. Les implications professionnelles sont nombreuses : difficultés d'adaptation au poste de travail, difficultés de perception des messages …

Ainsi le succès d'une action de réduction du bruit dépend pour une large part de la pertinence de l'analyse des situations de travail réelles des opérateurs exposés. En effet, parmi ces dispositions, figure le mesurage du bruit subi pendant le temps de travail. Compte tenu des fluctuations des activités, du nombre des machines et d'opérations bruyantes, le mesurage n'est pas toujours facile à réaliser, car il doit permettre, à partir de mesures effectuées sur un temps limité, de quantifier l'exposition moyenne des travailleurs durant différentes activités professionnelles.

Ainsi, la difficulté des acteurs réside dans l'évaluation qualitative et quantitative du bruit dans le but d'impulser les premières actions conforment à la réglementation pour réduire le bruit sans pour autant négliger la viabilité de l'entreprise, c'est-à-dire, trouver un compromis entre les diverses contraintes rencontrées et l'efficacité de la réduction du bruit

Pour mieux apprécier notre théme, nous allons essayer de traiter ce sujet en répondant aux questions suivant :

Qu'est-ce que le bruit et l'acoustique industrielle ?

Quelle sont les risque et les effets dus à l'exposition d'un opérateur aux bruit ?

Comment protéger l'opérateur contre le bruit ?

a cet effet, notre travail se structure en quatre chapitre présentés de la maniére suivant :

- Le premier chapitre intitulé : généralité sur les bruit et l'acoustique industrielle , nous avons traiter tous ce qui concerne le bruit et l'acoustique : définition , caractéristique , et les types .

- Le deuxiéme chapitre intitulé : les risques et les effets provoqué par le bruit sur l'opérateur , d'un coté nous avons définis tous les risques et les effets et les maladies causées par le bruit et l'acoustique industrielle sur le corps humain ,d'un autre coté on a réaliser un étude de cas d'un probléme de l'acoustique sur un usine de blanchisserie industrielle et données les solutions .

- Dans la toisiéme chapitre s'est une approche sous le titre : les mesures de prévention et protection contre le bruit , nous présenterons toutes les mesures , méthodes et les moyens pour protéger l'opérateur ou réduire l'exposition .

- Le quatriéme chapitre intitulé : étude de cas d'impact acoustique industrielle , Nous avons étudié comment le bruit et l'acoustique affectent l'environnement autour de l'usine de blanchessrie et nous avons montré toutes les méthodes et les équipements pour controler ce phénoméne

Chapitre I : généralité sur le bruit et l'acoustique industrielle

I-1 : introduction :

Avant de connaître les problèmes et les maladies qui les causent Le bruit doit d'abord être défini Connaître les types et les caractéristiques du son et comment il se propage .

I-1-1 : Le son :

Le son est un phénomène physique qui correspond à une infime variation périodique de la pression atmosphérique en un point donné. Le son est produit par une mise en vibration des molécules qui composent l'air ; ce phénomène vibratoire est caractérisé par sa force, sa hauteur et sa durée

Dans l'échelle des intensités, l'oreille humaine est capable de percevoir des sons compris entre 0 dB correspondant à la plus petite variation de pression qu'elle peut détecter (20µPascal) et 120 dB correspondant au seuil de la douleur (20 Pascal).

Dans l'échelle des fréquences, les sons très graves, de fréquence inférieure à 20 Hz (infrasons) et les sons très aigus de fréquence supérieure à 20 KHz (ultrasons) ne sont pas perçus par l'oreille humaine.

I-1-2 : La catégorisation des sons :

On dit qu'un son est pur quand ses variations de pression ou amplitude en fonction du temps sont des fonctions sinusoïdales de type :

$P = P_{max} \times \cos(\omega t + \varphi)$ où :

- **La pulsation $\omega = 2\pi / T$ (en radians / secondes) ;**
- **La période $T = 2\pi / \omega$ (en secondes) ;**
- **La fréquence $f = 1 / T$ (en hertz, Hz) ;**
- **La longueur d'onde $= c\,T$;**

I-1-3 : Les sons musicaux : On dit qu'un son est musical lorsqu'il est la résultante de la superposition d'un son pur de fréquence f 0

dite fondamentale et de sons purs de fréquence n. f 0 dites harmoniques ou n est un entier 2, 3, 4, etc.

I-1-4 : PROPAGATION DU SON :

L'air dans lequel les sons se propagent est un milieu élastique. Grâce à cette élasticité, une molécule d'air qui vibre peut transmettre son énergie à toutes ses voisines et dans toutes les directions. Dans l'espace, la propagation du bruit peut être représentée par une onde.

L'onde est une compression suivie d'une décompression des particules d'air sur une distance donnée. Ce phénomène est représenté ci-contre. Dans la partie supérieure de la figure, il n'y a aucun son. Les particules d'air sont au "repos". Dans la partie inférieure de la figure, un son est produit et les particules transmettent leurs vibrations de proche en proche.

La vitesse de propagation du son dans l'air est constante et de l'ordre de 340 m/s, soit plus de 1.000 km/h. Le son peut également se propager dans l'eau ou dans un solide. Dans l'eau, sa vitesse de propagation est de 1425 m/s. Pour les solides, cela dépend de leur structure et de leur composition.

La plupart du temps, la vitesse du son augmente avec la densité du milieu traversé :

V son solide > V son liquide > V son gaz

I-1-5 :L'AMPLITUDE :

Le son est quantifié par une grandeur physique appelée "pression". L'unité de mesure de la pression est le Pascal, abrégé par Pa.

L'amplitude d'un son représente sa variation de pression maximale et est notée p. Le champ auditif humain, c'est-à-dire les variations de pression que l'oreille perçoit, s'étend d'environ 20 µPa (20 millionnièmes de Pascals) correspondant au "seuil d'audibilité" à quelques centaines de Pascals correspondant au "seuil de la douleur".

I-1-6 : LE DÉCIBEL :

Comme expliqué ci-contre, une échelle logarithmique s'avère utile pour exprimer et comparer facilement différentes amplitudes sonores.

On parle alors de niveau de pression acoustique, que l'on note Lp, et que l'on définit comme dix fois le logarithme en base 10 du rapport entre le carré de la pression acoustique p et le carré de la pression de référence p0 égale au seuil d'audibilité :

Lp = 10 log / p2 p20

Etant donné que pet p0 s'expriment en Pascals (Pa), le niveau de pression sonore Lp est une grandeur sans dimension. Elle est toutefois caractérisée par l'unité du "décibel", notée dB.

I-1-7 : LA FRÉQUENCE :

La fréquence est la grandeur qui caractérise la cadence des oscillations des molécules d'air. Plus cellesci vibrent rapidement, plus la fréquence du son est élevée.

La fréquence est exprimée en Hertz (Hz). Une fréquence de 1 Hz caractérise une cadence de une oscillation par seconde.

La gamme de fréquences audibles par l'homme s'étend de 20 Hz à 20.000 Hz. En deçà de 20 Hz, nous sommes en présence d'infrasons et au-delà de 20.000 Hz, il s'agit d'ultrasons. L'oreille humaine est surtout sensible aux fréquences moyennes comprises entre 500 et 2.000 Hz.

Les sons purs, composés d'une seule fréquence, sont rares dans la nature. Les sons sont le plus souvent composés d'une multitude de fréquences. Ils peuvent toutefois être décomposés en une série de sons purs, ce qui permet de les identifier. La connaissance du niveau acoustique pour chacune des fréquences définit ce que l'on appelle le "spectre fréquentiel". Celui-ci peut être divisé en plusieurs "bandes de fréquence".

I-2-1 :Le bruit :

Le bruit est une sensation qui correspond à une variation aléatoire de la pression acoustique. Certains bruits peuvent être plus ou moins musicaux, agréables, d'autres sont désagréables, voire douloureux.

Le bruit est dit stationnaire lorsque la valeur efficace est indépendante de l'instant t où on la mesure (bruit de cascade à débit constant, bruit de circulation régulière perçu à distance, bruit d'une machine en régime stationnaire, etc.). Le bruit stationnaire se caractérise par de faibles variations d'intensité en fonction du temps.

On parle de bruit pseudo-stationnaire lorsque la valeur efficace retrouve régulièrement des valeurs identiques en fonction du temps. L'intensité varie davantage que pour les bruits stationnaires (bruits de foule, bruit des outils à moteur thermique : tondeuses ou tronçonneuses, bruits de circulation même régulière, mais perçue de près, conversation humaine, etc.). On parle de bruit transitoire ou impulsif lorsque le bruit passe par une grande

intensité, à certains moments seulement, de façon régulière ou totalement aléatoire (bruits de marteaux, chocs, cris d'animaux, etc.).

La musique, la parole, le chant sont des signaux désirables le plus souvent, mais dont l'intensité pourtant varie davantage que celle des bruits pseudostationnaires et comporte même des bruits impulsifs. Il peut paraître assez légitime que ces bruits, lorsqu'ils sont imposés, puissent occasionner des gênes importantes pour ces raisons.

I-2-2 :Les types de bruit :

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

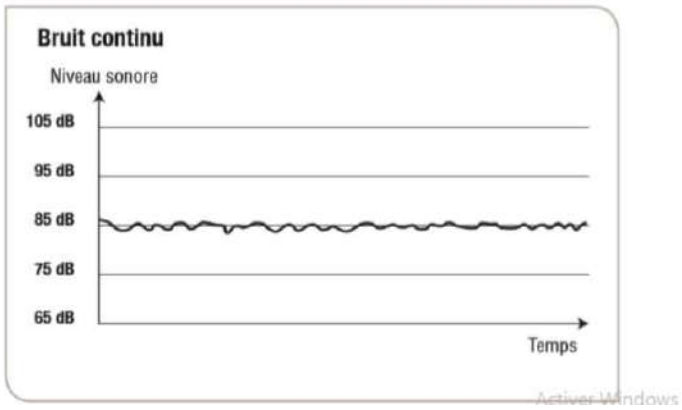


Figure I-1: bruit continu**[11]**

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

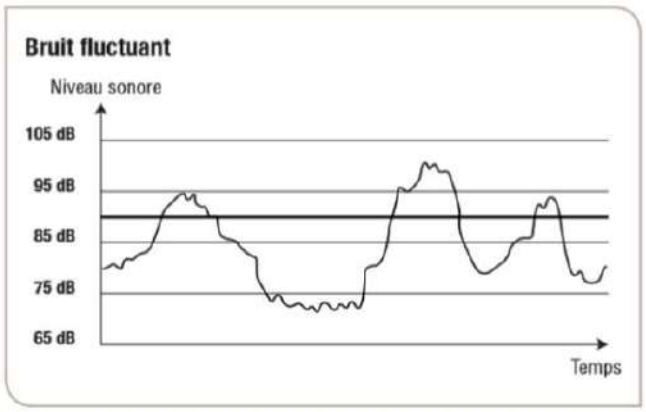
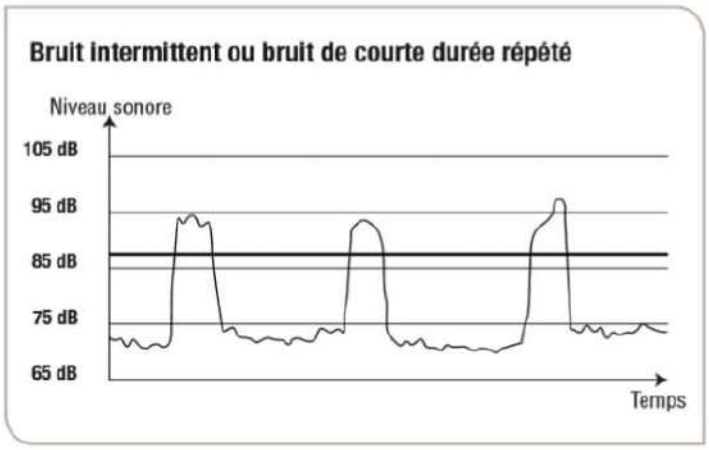


Figure I-2 : bruit fluctuant**[11]**

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



Activer Windov
Accédez aux param

Figure I-3 :bruit intermittent**[11]**

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

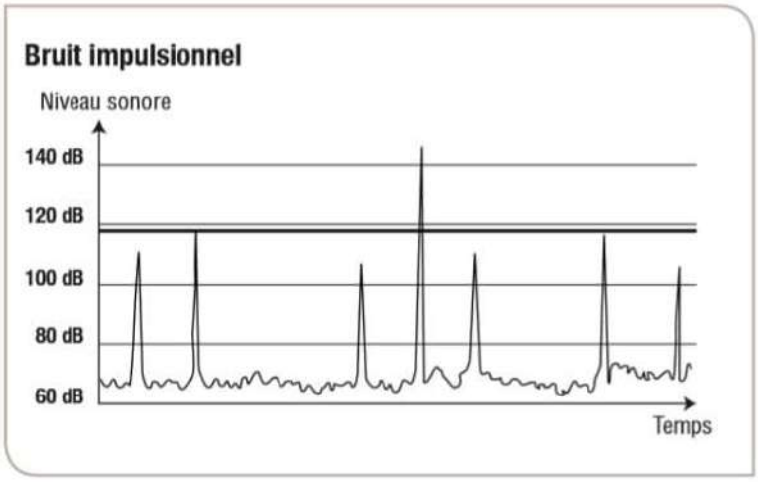


Figure I-4 : bruit impulsionnel**[11]**



Figure I-5: exemple de source de bruit**[11]**

I-3-1 : L'onde sonore :

L'onde sonore se définit comme la surface où tous ses points présentent le même niveau de pression acoustique instantanée d'une source sonore émettrice. Lorsque ces surfaces sont des plans perpendiculaires à la direction de propagation du son, on parle d'onde plane progressive. Lorsque ces surfaces sont des sphères centrées sur la source sonore et dont le rayon croît à la vitesse du son, on parle d'onde sphérique progressive. Lorsque le rayon r de la sphère est très grand, on considère que l'onde sphérique est plane.

I-3-2 : Notions d'acoustique :

NIVEAU de pression ACOUSTIQUE CONTINUE QUIVALENT $L_{p,A,eqT}$

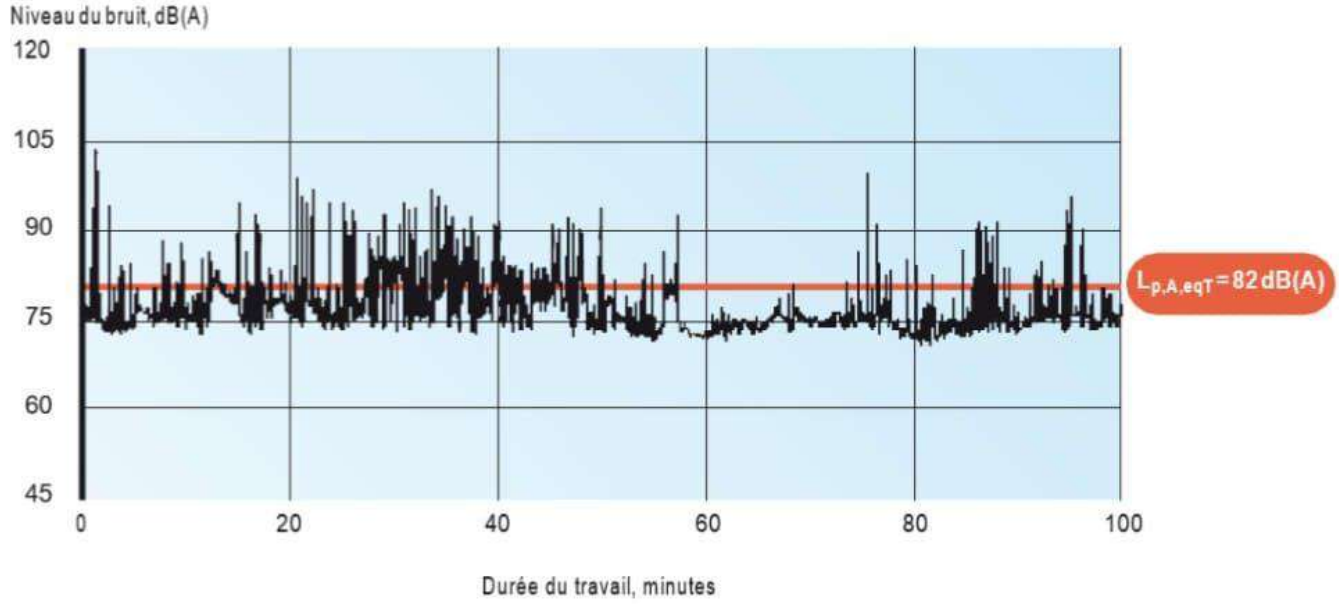
Le bruit se caractérise à chaque instant t par le niveau de pression acoustique instantané, $L_p(t)$, exprimé en décibels. Pour prendre en compte les variations de $L_p(t)$ durant le temps de travail, on définit une durée T (quelques minutes, une heure ou 8heures par exemple) et on évalue le niveau du bruit pendant T selon une moyenne enénergie. C'est ce qu'indique le niveau acoustique continu équivalent mesuré durant T, noté $L_{p,A,eqT}$*(voir en annexe 1les définitions et équations relatives aux niveaux debruit).*

La figure I-6 montre deux exemples très différents de bruit reçu par des opérateurs. Dans le premier cas, ils'agit d'un fraiseur dont le travail se déroule en poste fixe: il est exposé à un bruit qui varie relativement peu durant la période observée. Dans le second cas ,ils' agit d'un monteur dont les tâches habituelles sont très variées: le niveau de bruit reçu est très fluctuant; de plus la phase de travail présentée ici comprend 10minutes de rivetage ,tâche extrêmement bruyante qui apparaît nettement sur le diagramme.

Ces deux exemples montrent des séries chronologiques de bruit reçu pendant une durée de mesure T égale ici à 100 minutes. On en déduit le niveau acoustique continu équivalent calculé sur la durée T des mesures ,$L_{p,A,eqT}$, dont la valeur a été indiquée sur chaque exemple. La durée T est désignée par:

«durée d'intégration du bruit »car lemesurage d'un niveau de bruit $L_{p,A,eqT}$ s'effectue par intégration durant l'intervalle de temps T.

Dans le cas du mesurage de séries chronologiques de bruit (comme celles des exemples dela, une durée d'intégration élémentaire (notée dt) est fixée avant le début des mesures.



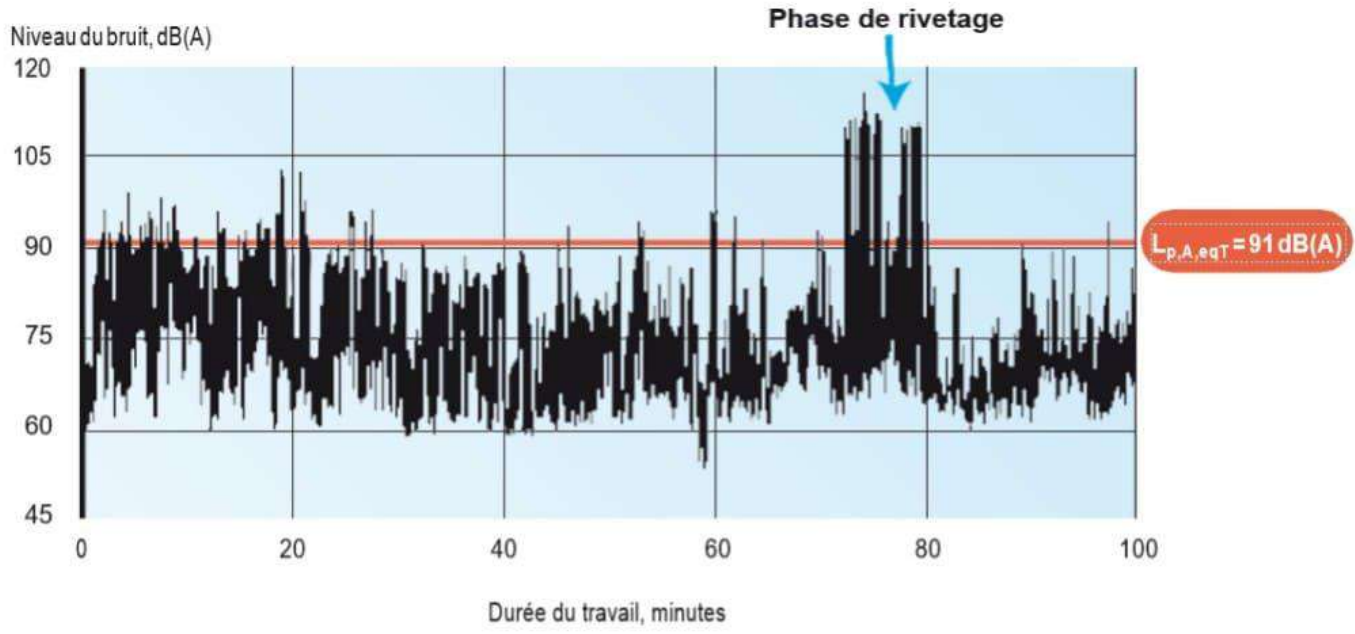


Figure I-6 : exemple de niveau de bruit réçu par deux travailleurs . lors d'une période de travail d'une durée de 1H40

- Le diagramme supérieur concerne le bruit reçu par un fraiseur , exposer à un niveau de bruit peu variable.
- Le diagramme inférieur concerne le bruit reçu par un monteur d'ensemble mécanique complexes , il montre une phase d'exposition à un niveau de bruit excédant 105 dB (A) durant 10 minute liée à une tache très bruyante , le rivetage .

I-3-3 : La règle des 3dB :

Addition de décibels : « 90 dB + 90 dB = 93 dB »

De par leur nature logarithmique ,les niveaux de bruit en décibels nes ajoutent pas linéairement .Ils sont combinés en sommant les énergies de chacun. Ce calcul donne la règle suivante: «Quand l'énergie acoustique est doublée ,le niveau augmente de 3dB.»

Ce critère s'applique aussi aux do ses quotidiennes de bruit ,définies par un niveau de bruit et une durée d'exposition. Dans ce cas, la règle peut s'énoncer ainsi:« Si le niveau du bruit est accru de 3dB, la dose de bruit reste inchangée si la durée d'exposition est réduite de moitié.»

Avec une dose de bruit spécifiée par le niveau de bruit de 80dB(A) et la durée de 8heures,on peut déduire de ce critère d'équivalence les valeurs dela *figure8(voir page suivante)*.Il montre que la dose de bruit correspondant au seuil d'action inférieur (soit80dB(A) pour 8heures) peut être attinte en 15 minutes si le niveau du bruit s'élève à 95dB(A).

Notez cependant que l'équivalence de la *figure 8* repose sur une hypothèse importante: en de hors de la durée d'exposition spécifiée ,la personne n'est pas exposée au bruit. L'intérêt de ce

tableau est defournir une durée maxiale d'exposition à un niveau de bruit spécifié pour rester conforme à un seuil d'action.

En général ,il faudra combiner différents niveaux de bruit et différentes durées d'exposition en vue d'estimer la dose totale de bruit. C'est précisément l'objet de la méthode des pointsd'exposition

Niveau sonore en dB(A)	Durée d'exposition maximale
80	8 h
83	4 h
86	2 h
89	1 h
92	30 min
95	15 min
98	7,5 min

TABLEAU I-1 : correspondance entre le niveau de bruit et la durée maximale d'exposition

I-3-4 : Réverbération :

La réflexion du son sur les parois constitue un phénomène qu'on appelle la réverbération du local. Dans un local, le champ direct est constitué des ondes qui se propagent directement de la source vers l'observateur, sans subir de réflexion sur les parois.

La réverbération d'une paroi représente sa capacité à absorber ou à réfléchir les ondes sonores dans un milieu donné. La performance d'absorption d'un matériau est définie parson coefficient d'absorption (symbole a). Ce coefficient est compris entre 0 et1.

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.

Our obtenir une bonne acoustique de l'atelier ,le choix de l'emplacement des matériaux sera également déterminant (aux murs ou au plafond).**[11]**

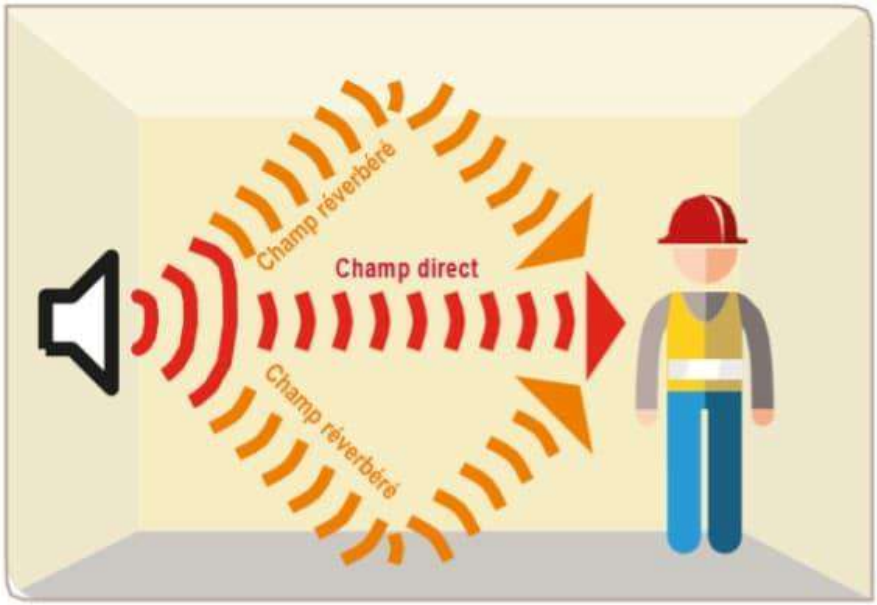


Figure I-7:phénoméne de réverbiration **[11]**

I-3-5 :Propagation des ondes acoustiques : On distingue plusieurs sortes de bruit.

Le bruit aérien est le bruit qui se propage librement dans l'air (par exemple : bruit de voix ou bruit de circulation).

Le bruit solidien est le bruit qui se propage dans les milieux solides; il comprend le bruit d'impact transmis par les éléments solides, ainsi que le bruit des équipements (chaufferie, ascenseurs, etc.).

Le bruit d'impact est le bruit transmis par une paroi mise en vibration par un choc (par exemple : bruit de pas, déplacement de meubles, chute d'objet, enfoncement d'un clou dans un mur, etc.).**[11]**



Figure I-8. Le « trajet sonore » se décompose en émission, propagation et réception.

La propagation des ondes acoustiques obéit aux mêmes lois quel a 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 .

Pour un point A de mesure sonore et de distance données, le niveau acoustique au point B, dont la distance à la source est connue, est défini par cette formule :

Niveau sonore B ⍇Niveau sonore A – 23 log (distance source à B/distance source à A)

Si la distance entre A et B est inférieure à 50 mètres, la formule sera légèrement différente :

Niveau sonore B ⍇ Niveau sonore A – 20 log (distance source à B/distance source à A)

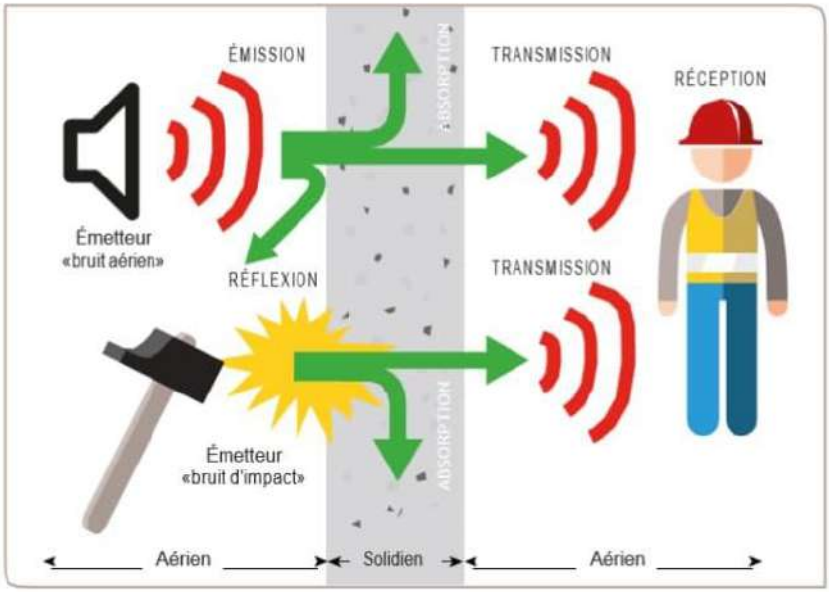


Figure I-9:propagation des ondes acoustiques**[11]**

Selon la loi de propagation acoustique, la décroissance du son dans l'espace est de 6 dB àchaquefoisqueladistanceàlasourcedouble.Celadémontrequelebruitneconcernepas uniquement la personne se trouvant à proximité de la source mais aussi toutes celles qui se trouvent dans un périmètre proche. Pour être globale, la démarche de prévention doit donc prendre en compte cette loi dephysique.

Décibel pondéré A :L'oreille n'est pas sensible de façon identique à toutes les plages fréquentielles des sons, la sensibilité maximale se situe entre 500 et 10000 Hz. La pondération A tient compte de la réponse fréquentielle de l'oreille.

I-3-6 : existe cinq types différents d'exposition sonore :

- Le bruit stable : les fluctuations n'excèdent pas 5dB sur une durée T.
- Le bruit stable par paliers.
- Le bruit fluctuant de façon répétitive : les fluctuations sont périodiques et de plus de 5dB.
- Bruit fluctuant de façon prévisible : il comporte des variations intenses et prévisibles, mais rares.
- Bruit fluctuant de façon imprévisible.

I-3-7 : La puissance sonore :

Pour caractériser la puissance d'un son, il est courant d'utiliser la **pression acoustique** *p*, amplitude maximale de la fluctuation locale de la pression atmosphérique. D'ordinaire, cette fluctuation est très faible. A titre d'exemple, une personne parlant normalement produit une pression acoustique de l'ordre de 0,01 pascal (Pa) à un mètre de distance, soit 10 millions de fois moins que la pression atmosphérique normale, voisine de 100000 Pa.

Cette pression acoustique est **proportionnelle à l'amplitude maximale** des vibrations montrées sur la figure 2. En réalité, la sensation perçue par l'oreille humaine est plutôt proportionnelle au logarithme [3] de la pression qu'à la pression elle-même. Ceci signifie qu'une pression acoustique 10 fois plus forte est ressentie comme un son 2 fois plus intense, une pression acoustique 100 fois plus forte comme un son 4 fois plus intense. La puissance transportée par une onde sonore étant proportionnelle au carré de la pression acoustique, ceci a conduit à caractériser la puissance d'un son par la quantité $10\ log_{10}(p^2/p^2_{réf})=20\ log_{10}(p/p_{réf})$, nommée **le *décibel***

- Atmosphère campagnarde calme : 40 dB ou $p=2 \times 10^{-8}$ fois la pression atmosphérique.
- Rue animée avec circulation automobile : 80 dB ou $p=2 \times 10^{-6}$ fois la pression atmosphérique.
- Aéroport avec avion au décollage : 120 dB ou $p=2 \times 10^{-4}$ fois la pression atmosphérique.
- Limite légale de sécurité pour une exposition brève : 135 dB ou un millième de la pression atmosphérique.

Chacun sait qu'il est nécessaire d'élever de plus en plus la voix pour appeler une personne qui s'éloigne. En se propageant, le son émis par une source quelconque perd en effet assez rapidement son intensité, pour deux raisons. Tout d'abord, puisque son énergie se répartit sur un front hémisphérique de plus en plus vaste au fur et à mesure que le front d'onde s'éloigne du lieu d'émission, son **intensité diminue en raison inverse** de l'aire de ce front, c'est à dire comme **l'inverse du carré de la distance** à la source. Par ailleurs, cette énergie initiale, faite de compressions et de détentes du gaz, est progressivement **dissipée en chaleur par la viscosité** (lire l'article Pression, température et chaleur).

I-4-1 : Conclusion :

Le bruit est une onde mécanique appelée onde sonore et particuliérement acoustique , lorsqu'elle est susceptible d'étre perçue par l'oreille de l'homme .Il est très important de connaître toutes les caractéristiques du son avant de commencer à connaître ses dangers et comment le contrôler .

Chapitre II : les risques et les effets provoquée par le bruit

II-1-1 : Introduction :

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 (cf. figure 1). 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 mediums (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 (cf. figure 2). 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.

II-2-1 :La physiologie de l'oreille :

A)Anatomie :

L'oreille comprend trois parties :

- **l'oreille externe**, composée du pavillon de l'oreille et du conduit auditif externe. Le pavillon,parsaforme,aide à localiser les sons de l'environnement. Le conduit auditif externe dirige les sons vers le tympan qui réagit aux variations de pression des ondes sonores tout comme la membrane d'unmicrophone.**[11]**

- **l'oreille moyenne**, au niveau de laquelle les oscillations du tympan sont amplifiées parlachaîneossiculairequiagitcommeunsystèmedeleviersàl'aidedetroispetits osselets. Ces osselets (marteau, enclume, étrier) sont les plus petits os du corps humain ; ce sont eux qui transmettent les sons vers l'oreilleinterne.**[11]**

- **l'oreille interne**, la partie terminale. Lorsque les vibrations du tympan atteignent la fenêtre ovale, les ondes sonores poursuivent leur voyage à l'intérieur de l'oreille interne. La cochlé capte, grâce aux cellules ciliées,ces ondes sonores. Les cellules ciliées sont les véritables cellules sensorielles de la cochlée; leur perte est irréversible.**[11]**

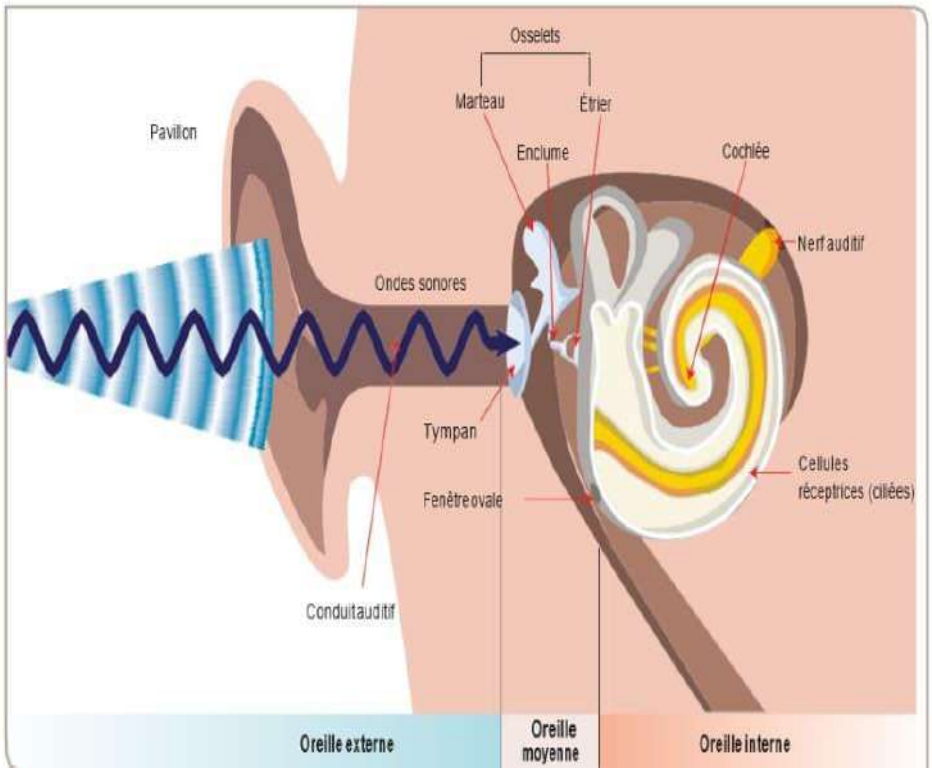


Figure II-1 : Schéma de l'oreille humaine

B) Physiologie.

La collection des sons par l'oreille externe :

L'oreille externe n'est pas indispensable à l'audition. Elle est simplement utile pour collecter les sons et permettre une meilleure localisation de leur provenance. Elle assure, en outre, un rôle de protection pour l'oreille moyenne.

La transmission du stimulus sonore à l'oreille moyenne :

Le conduit auditif externe dirige les ondes sonores vers l'oreille moyenne. Les vibrations imprimées à la membrane du tympan entraînent le déplacement de l'air qui remplit la caisse du tympan et celui des osselets qui le traversent.

Dans les conditions normales, la transmission des ondes sonores à l'oreille interne s'effectue essentiellement par les osselets au niveau de la fenêtre ovale dans laquelle s'engage la base de l'étrier. La périlymphe peut en suivre les vibrations, en dépit de son incompressibilité, grâce aux oscillations de sens inverse qu'effectue, sous la poussée du liquide, la membrane élastique fermant la fenêtre ronde.

L'extrême mobilité de la membrane du tympan lui permet de réagir à des ondes sonores dont l'amplitude est extrêmement faible. Dans la zone de fréquence où la sensibilité de l'oreille est maximale (1000 à 3000 Hz), la plus petite pression sonore perçue est de l'ordre de 2.10-4 dynes/cm2.

D'autre part, la chaîne des osselets assure la transmission difficile des vibrations de l'air de l'oreille moyenne à la périlymphe de l'oreille interne. Le rôle des osselets est confirmé par la forte élévation du seuil auditif qui fait suite à leur suppression fonctionnelle (- 30 dB).

Le marteau suit les mouvements du tympan auquel il est fixé par son manche et les transmet à l'enclume. Ces deux osselets étroitement emboîtés dans des conditions normales se comportent comme un seul. Leurs vibrations sont transmises à la base plane de l'étrier qui s'applique étroitement à la fenêtre ovale. Ces vibrations ne sont pas comparables à un mouvement de va-et-vient de piston, mais davantage à celui d'une porte qui tourne autour de ses gonds.

Les déplacements du tympan et de la base de l'étrier ont la même amplitude. La force exercée par la base de l'étrier sur la périlymphe est ainsi sensiblement la même que celle exercée sur le tympan. Mais la surface de la membrane ovale est 17 fois plus petite que celle du tympan. Il se produit donc un phénomène d'amplification.

La transmission se fait aussi, de façon solidienne, par l'intermédiaire des os du crâne, mais à la condition qu'il existe un contact du récepteur avec la source sonore, par exemple, sa propre voix. C'est la composition d'une transmission aérienne et solidienne qui fait que la perception de notre voix n'est pas la même quand on la réécoute à partir d'un enregistrement.

Le bon fonctionnement de l'oreille moyenne est associé à l'activité des muscles du tympan et de l'étrier, ainsi que de l'état de la trompe d'Eustache.

Les muscles ont surtout un rôle de protection. Ils limitent, par contraction réflexe, l'amplitude du mouvement du tympan et des osselets dans le cas de la perception de sons forts. Toutefois, compte tenu du temps de latence d'apparition de ce réflexe, la protection est sans effet dans le cas des sons impulsifs comme des coups de feu ou de canon, des explosions, des coups de tonnerre, des bruits impulsifs dans les ateliers ou dans l'environnement.

La trompe d'Eustache assure le maintien à la pression atmosphérique de la caisse du tympan. Normalement fermée, elle s'ouvre au moment des bâillements, des éternuements, des déglutitions, etc. Lorsqu'elle reste ouverte, les ondes sonores passent directement de la

bouche à l'oreille moyenne, provoquant des bourdonnements désagréables (voyage en montagne ou en avion).

C) Le fonctionnement de l'oreille interne :

Les vibrations de l'air communiquées à la membrane du tympan, puis transmises par la base de l'étrier à la fenêtre ovale, provoquent des oscillations périodiques de la périlymphe refoulée entre les fenêtres ovale et ronde, par les rampes vestibulaire et tympanique.

II-3-1 : Effets extra auditifs :

Les effets extra-auditifs du bruit peuvent se manifester lors d'expositions chroniques ou répétées à des niveaux sonores beaucoup plus faibles, comme c'est généralement le cas dans l'environnement. Les mécanismes d'action sont complexes. D'une part, une stimulation acoustique constitue une agression de l'organisme et engendre une réponse non spécifique, qui dépend des caractéristiques physiques du bruit (intensité, spectre en fréquence, durée). D'autre part, le bruit est une notion subjective et la réaction à une stimulation sonore est influencée par des représentations individuelles (utilité des sources, bruit choisi ou subi, contrôle des sources…). C'est pourquoi les effets extra-auditifs du bruit peuvent généralement être classés en deux catégories2 :**[10]**

- **Effets subjectifs :** pouvant entraîner une gêne, et donnant lieu à une perception individuelle.
- **Effets objectifs :** c'est-à-dire pouvant être mesurés selon des critères applicables à tous les individus :

- ❖ effets sur le sommeil
- ❖ effets sur le système endocrinien
- ❖ effets sur le système cardio-vasculaire
- ❖ effets sur le système immunitaire
- ❖ effets sur la cognition (données sur l'enfant)
- ❖ effets psychologiques.**[10]**

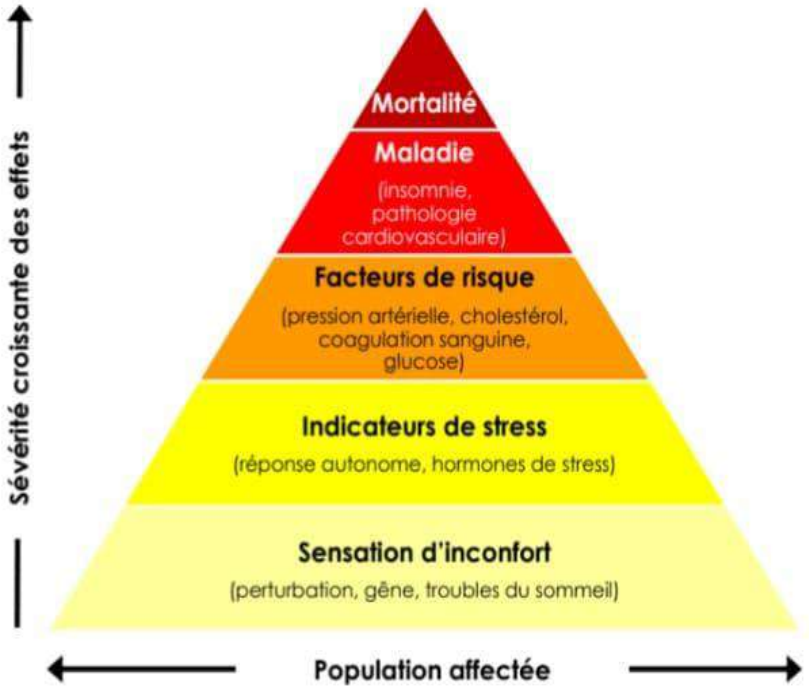


Figure II-2 : Schéma des effets extra auditifs du bruit selon W. Babish, 20023

Il est possible également de distinguer les effets selon qu'ils se manifestent à court terme ou à moyen/long terme. La gêne, les perturbations du sommeil et les difficultés de concentration sont considérées comme des effets de court terme car ils se manifestent immédiatement ou peu de temps à la suite de l'exposition au bruit. Les effets cardio-vasculaires et les effets sur les performances cognitives apparaissent dans le cadre d'une exposition chronique et sont donc considérés comme des effets de plus long terme.**[10]**

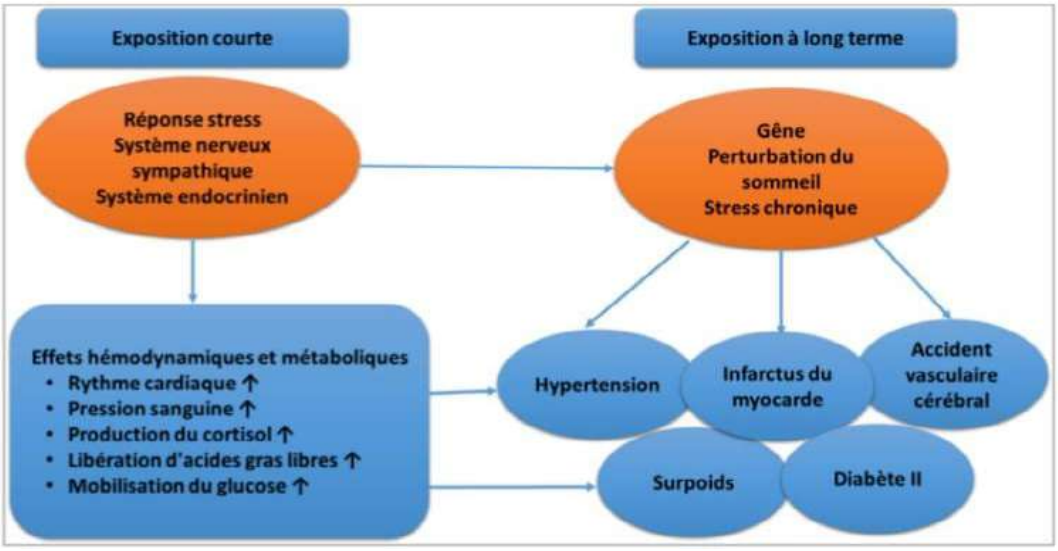


Figure II-3: Schéma des effets extra auditifs court et long terme selon l'OMS, 2017**[10]**

A) La fatigue auditive :

La fatigue auditive est caractéristiquement un de ces effets qui passe pour être réversible… Lorsque l'on est exposé longtemps à une ambiance bruyante, il arrive un moment où, revenu dans une pièce plus calme, les sensations auditives que l'on perçoit sont modifiées : notre voix nous semble lointaine, nos oreilles bourdonnent. Cela va durer un certain temps, quelques heures pour le moins avant que tout semble rentrer dans l'ordre. **[11]**

Lorsque les cellules auditives sont soumises à de fortes pressions acoustiques, elles se fatiguent. Cela se traduit par une perte temporaire d'audition et un relèvement du seuil d'audibilité. Ces effets ne portent pas seulement sur les cellules auditives puisque l'on remarque aisément que les sujets qui ont subi une exposition au bruit, se plaignent d'être aussi fatigués, d'avoir des difficultés à réfléchir, voire d'être totalement incapable de quelque travail intellectuel que ce soit comme lire ou écrire. Il est évident que ces troubles peuvent être responsables d'effets indirects sur les individus affectés. Les troubles de la communication pouvant entraîner des accidents au travail ou sur le trajet de retour, des situations conflictuelles, etc. **[11]**

On a calculé qu'un déficit d'audition de 40 dB lié à une seule fatigue auditive demandait 16 heures au moins de récupération. Il va de soi qu'un travailleur soumis tous les jours à de telles fatigues ne pourra jamais récupérer. Ses pertes temporaires d'audition ne tarderont pas à devenir des pertes définitives.

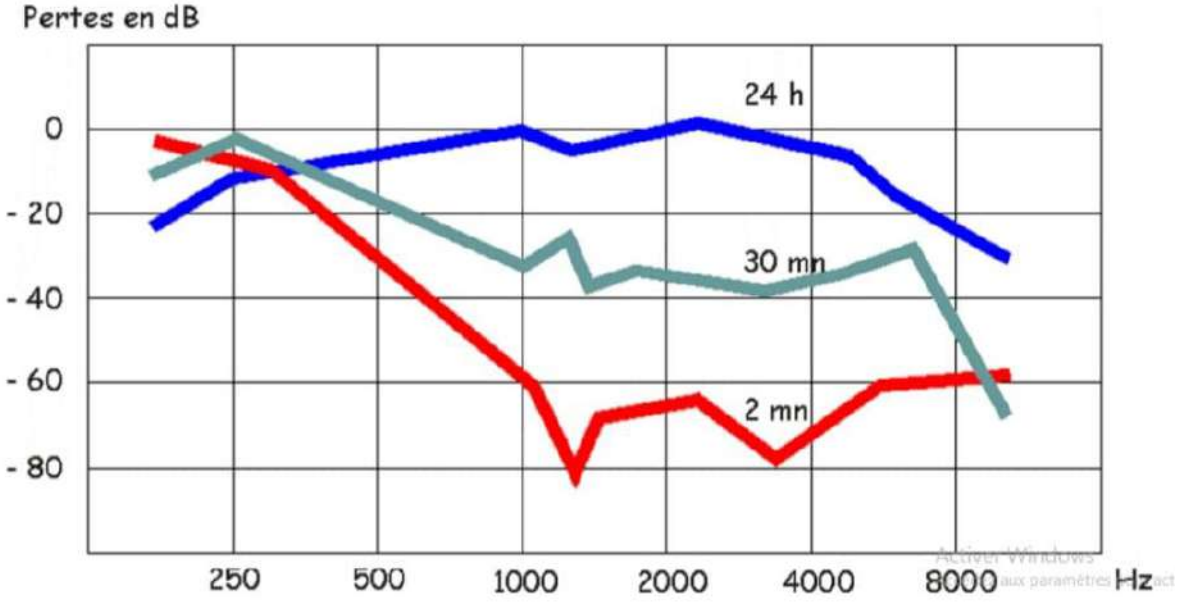


Figure II-4-A: Le graphique ci-dessus représente l'évolution de la récupération des pertes auditives subies après une exposition de 30 mn d'un bruit blanc1 de 130 dB allant de 300 à 4000 Hz.

B) Les effets sur le sommeil :

Le sommeil est une nécessité biologique pour maintenir le fonctionnement optimal du corps humain, son niveau de vigilance et le bien-être. Le bruit peut altérer tant la durée que la qualité du sommeil en générant différents troubles : retard à l'endormissement, augmentation du nombre et de la durée des éveils nocturnes conscients ou inconscients, réduction de la durée totale du sommeil, modifications des différentes phases du sommeil avec une diminution du sommeil lent profond qui est le plus réparateur et des phases de sommeil paradoxal

Les dernières études montrent que les pics de bruit générés par les différents modes de transports (rail, route, aérien) génèrent sensiblement les mêmes risques de perturbations du sommeil, pour un même niveau maximum atteint

Un sommeil de mauvaise qualité peut avoir à court terme de graves répercussions sur la vie quotidienne en entraînant somnolence, baisse de l'attention et des performances et en exposant ainsi les personnes à des risques plus importants d'avoir un accident de la route ou du travail. Mais il a également des répercussions importantes sur le long terme. En effet, l'exposition nocturne au bruit provoque des réactions physiologiques d'activation du système nerveux autonome se traduisant par une accélération de la fréquence cardiaque, l'augmentation de la pression artérielle, des perturbations endocrines et métaboliques (diminution de la tolérance au glucose, augmentation de l'appétit et du cortisol)7 . Ces anomalies aiguës peuvent, par leur répétition, avoir des conséquences chroniques sur le mécanisme métabolique (surpoids, diabète de type 2) ainsi que sur le système cardiovasculaire, et entraîner une élévation du risque de survenue d'infarctus du myocarde8,9 . Il est important de noter que sur le plan des réponses autonomes biologiques du corps, il n'existe pas de phénomène d'habituation au bruit avec le temps, et ce, quel que soit le type de bruit. Le stress physiologique perdure de manière répétitive, même pour les individus qui déclarent s'y être accoutumés (exemple : riverains d'une voie ferrée ou d'une autoroute qui disent « ne plus entendre les bruits » au bout de quelques semaines).

C) Les effets sur les systèmes endocrinien, cardiovasculaire et immunitaire :

Les nuisances sonores peuvent provoquer des réactions non spécifiques de stress physiologique qui entraînent la libération excessive d'hormones telles que le cortisol ou les catécholamines (adrénaline, dopamine) ainsi que d'acides gras libres. L'augmentation de ces

éléments entraîne à leur tour divers effets cardiovasculaires comme l'hypertension artérielle, le risque d'infarctus du myocarde, ainsi que des modifications du métabolisme pouvant engendrer des risques accrus de diabète de type 2 et d'obésité. Les effets à long terme de l'exposition chronique au bruit à des niveaux élevés ont été étudiés chez l'animal, montrant des changements permanents et des altérations vasculaires dans le muscle cardiaque, qui indiquent un risque accru de mortalité cardiovasculaire. Les études épidémiologiques menées sur l'exposition des travailleurs ont montré que les employés travaillant dans des environnements très bruyants ont un risque plus élevé d'avoir de l'hypertension et un infarctus du myocarde10,11. Ces études chez l'homme et l'animal sont concordantes et indiquent que l'élévation du taux nocturne de cortisol peut avoir des conséquences sur le système cardio-vasculaire, telles que l'élévation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, ou encore des troubles du rythme cardiaque. Des études épidémiologiques en population générale (cf. figure 10) ont également montré que le risque de développer une hypertension artérielle est augmenté par une exposition importante aux bruits du trafic routier ou du trafic aérien12,13. A noter que peu d'études en la matière ont été réalisées sur des populations soumises au bruit du trafic ferroviaire.**[10]**

D) La surdité professionnelle :

La surdité professionnelle est une atteinte irréversible puisqu'elle s'accompagne de la destruction des cellules auditives ciliée de l'organe de Corti. Il faut plusieurs dizaines d'années d'exposition à des bruits forts pour constater une surdité professionnelle très prononcée, pourtant le diagnostic d'une surdité professionnelle peut être posé précocement à partir des audiogrammes quand ils se manifestent par une perte auditive, peu perceptible pour le sujet atteint, centrée sur les fréquences 4000 Hz (2 à 8000 HZ).

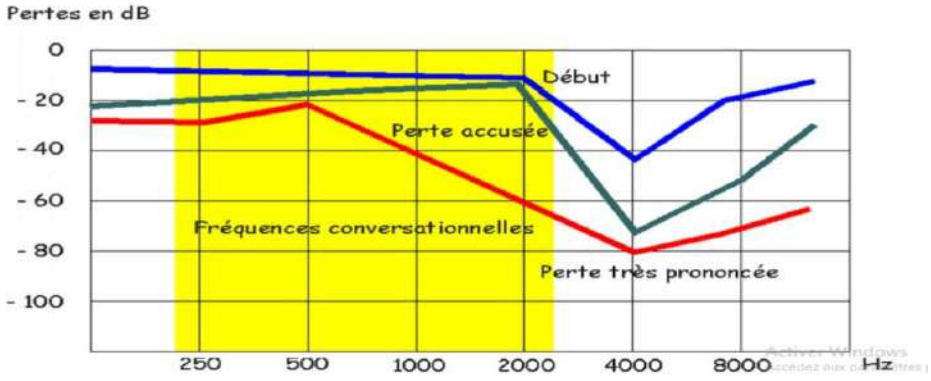


Figure II-4-B: les pertes soient très prononcées pour que les déficits audiométriques touchent aussi les fréquences conversationnelles.

L'apparition des surdités professionnelles est relativement peu perceptible, pendant un temps relativement long, pour la raison essentielle que les atteintes affectent surtout des fréquences peu usitées. Sur le graphique ci-dessus, on voit bien qu'il faut attendre que les pertes soient très prononcées pour que les déficits audiométriques touchent aussi les fréquences conversationnelles.

E) Les effets indirects :

Les effets des bruits sur les individus ne se cantonnent pas aux seules atteintes aux fonctions auditives. Les bruits, consciemment ou inconsciemment, insupportables provoquent des gênes, des troubles ou des affections nombreuses… La musique, quand elle empêche de dormir, n'adoucit pas les mœurs ! …Les effets indirects notables dus aux bruits sont une montée du stress avec des troubles de la régulation de la tension artérielle, des troubles digestifs, des troubles de l'équilibration et de troubles musculaires ; auxquels on peut ajouter une augmentation de la fatigue générale ressentie, de la fatigue nerveuse, de l'agressivité, de l'anxiété et des troubles du sommeil. Sur le plan professionnel, le bruit crée des conditions d'augmentation de la charge de travail, particulièrement du fait de la pénibilité et de la fatigue éprouvées, de l'augmentation de la charge mentale, des troubles de l'attention et de la mémoire, des gênes en matière de communication, de la sensation d'isolement (surdité ou ports des EPI), des risques accrus d'accident du travail ou de trajet, de la dégradation des relations sociales au travail, en famille ou dans la vie quotidienne, plus largement.

II-4-1 : AUTRES PERTURBATIONS NON AUDITIVES : Outre les modifications cardiovasculaires, hormonales et comportementales classiques, le bruit peut entraîner des perturbations spécifiques très variées. Parmi les plus couramment étudiés, citons les effets sur :

- l'oreille interne : nausées, perte d'équilibre ;
- la vision : accroissement du diamètre pupillaire, réduction du champ de vision (largeur, profondeur, contraste, reliefs...), vitesse d'accommodation, adaptation à l'obscurité ;
- les fonctions immunitaires : réduction de la synthèse d'anticorps et d'interféron, vitesse d'évolution de certains cancers induits chimiquement (rat, souris).

Conclusion :

Le bruit constitue une nuisance très répandue sur les lieux de travail. Il peut provoquer des surdités mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, peuvent avoir des conséquences sur la santé du salarié et la qualité de son travail.

Chapitre III : les mesures de prévention et protection contre le bruit

III-1 : Introduction :

C'est également dans ce contexte que le bruit a été identifié par la loi du 9 novembre 2010 qui a défini le dispositif initial de la prévention de la pénibilité. Les acteurs du BTP se sont saisis de ce facteur dans l'accord BTP du 20 décembre 2011 relatif à la prévention de la pénibilité, afin de faciliter l'évaluation de l'exposition au bruit des salariés par les entreprises de la branche et de leur proposer des solutions de prévention.

Le bruit au travail n'est plus une fatalité. Les parties prenantes sont de plus en plus mobilisées sur cette problématique et conscientes de son impact à long et à moyen terme.

Cet ouvrage présente les différentes solutions de prévention à mettre en œuvre afin d'améliorer les conditions de travail des salariés et de réduire le nombre d'accidents et de maladies professionnelles.

III-2 : Evaluation de risques :

L'employeur est tenu d'évaluer le risque d'exposition au bruit, et si nécessaire de mesurer le niveau de bruit auquel les travailleurs sont exposés. L'employeur procède à une nouvelle estimation et, si besoin est, à un nouveau mesurage tous les trois ans et lors d'une modification des installations ou des modes de travail.

Une fois l'évaluation des risques réalisée, l'employeur doit déterminer, en fonction des résultats obtenus, les mesures à prendre.**[5]**

III-2-1 : Détermination des risques :

Les méthodes et appareillages utilisés doivent être adaptés aux conditions existantes (caractéristiques du bruit à mesurer, durée d'exposition, facteurs ambiants…)
Les méthodes utilisées peuvent comporter un échantillonnage représentatif de l'exposition du travailleur.
L'évaluation du résultat des mesures prend en compte l'incertitude de mesure déterminée conformément aux pratiques de la métrologie.**[5]**

III-2-2 : Disposition visant à éviter ou à réduire l'exposition :

En tenant compte du progrès technique, les risques résultant de l'exposition au bruit sont supprimés à leur source ou réduits au minimum notamment en prenant en considération :

- D'autres méthodes de travail
- Le choix d'équipements émettant le moins de bruit possible

- La conception et l'agencement des lieux et postes de travail
- L'information et la formation des travailleurs afin d'utiliser correctement les équipements de travail

La réduction du bruit:

- Aérien (écran, capotage…)
- De structure (isolation, amortisseur…)
- Des programmes de maintenance des équipements
- L'organisation du travail par la limitation de l'exposition.

Sur la base de l'évaluation des risques, l'employeur, lorsque les valeurs d'exposition supérieures déclanchant l'action sont dépassées, établit ou met en œuvre :

- un programme de mesures techniques et/ou organisationnelles visant à réduire l'exposition au bruit
- une signalisation des zones à risques
- une limitation de l'accès à ces zones (si techniquement réalisable)
- la mise à disposition de zones de repos à niveau de bruit réduit.**[5]**

III-2-3 : Information et formation des travailleurs :

Les travailleurs exposés à un niveau égal ou supérieur aux valeurs d'exposition déclenchant l'action, reçoivent une information et une formation sur les risques, notamment sur:

- sa nature
- les mesures prises pour réduire les risques au minimum
- les résultats des évaluations et des mesures réalisées
- l'utilisation des protections individuelles
- le dépistage et la surveillance médicale
- les pratiques professionnelles afin de réduire le bruit.**[5]**

III-2-4 : Surveillance de la santé : Les travailleurs exposés à un niveau égal ou supérieur aux valeurs d'exposition déclenchant l'action :

- ont le droit de bénéficier d'un contrôle de leur ouïe
- font l'objet d'une surveillance spéciale, avec l'établissement d'un dossier médical.

En cas où la surveillance fait apparaître une altération de l'ouïe le travailleur doit être informé.

L'employeur est tenu de :

- revoir l'évaluation des risques
- revoir les mesures prévues pour réduire le bruit
- mettre en œuvre les mesures pour supprimer ou réduire le bruit
- affecter éventuellement le travailleur à un autre poste sans risque d'exposition
- organiser une surveillance systématique de la santé et prend des mesures pour les autres travailleurs ayant subi une exposition semblable.**[5]**

III-3 : MESURE DU BRUIT EN MILIEU DETRAVAIL :

La mesure des niveaux sonores et des bruits auxquels les travailleurs sont exposés est la partie la plus importante d'un programme de lutte contre le bruit, car elle permet de découvrir quels sont les postes de travail où le bruit est excessif, quels sont les employés les plus exposés.**[4]**

III-3-1 :Comment mesure-t-on le bruit en milieu de travail :

En hygiène professionnelle, on mesure le niveau de pression acoustique pour découvrir l'importance de l'exposition au bruit. Des techniques et des instruments divers peuvent servir à cette fin. Le choix dépend du genre de bruit à mesurer et des données qu'il faut recueillir. La première étape consiste à découvrir si le bruit pose un problème dans un milieu de travail particulier.**[5]**

III-3-2 : Comment savoir si le bruit pose un problème sur les lieux de travail?

Il faut commencer par observer si le bruit semble poser un problème en faisant le tour des locaux à la recherche des signes suivants:

- bruits plus forts que celui d'une circulation routière intense
- nécessité d'élever la voix pour se faire entendre à un mètre de distance
- employés qui doivent monter le volume ordinaire de la radio pour bien l'entendre après un quart de travail
- après quelques années de travail, l'employé trouve difficile de communiquer en public où il y a des voix et des sons divers.

Les mesures de bruit prises dans des études sur des situations semblables sont très utiles pour évaluer le risque occasionné par le bruit dans une situation particulière. La base de données Niveaux de bruit du CCHST renferme une collection des mesures de bruit prises dans une gamme étendue de situations de travail.**[5]**

III-4 : Que faut-il considérer en planifiant la mesure du bruit?

Avant de prendre des mesures, le responsable doit savoir quel est le genre d'information nécessaire :

- l'objet de la prise de mesure : conformité aux règlements sur le bruit, prévention de perte auditive, lutte contre le bruit, égards pour l'entourage ,etc.
- les sources du bruit et à quels moments elles produisent ce bruit
- l'aspect temporel du bruit :soutenu ,varié, intermittent, impulsif
- l'emplacement des personnes exposées

Il faut ensuite établir quels sont les niveaux d'exposition, c'est-à-dire la quantitéde bruit à laquelle chaque employé est exposé. Si l'exposition est constante, les données qui existent sur des lieux de travail semblables peuvent servir pour établir les niveaux d'exposition. Si les niveaux de bruit varient au cours de la journée ou si l'employé se déplace moyennement, il faut faire appel à la dosimétrie.**[5]**

III-5 :Les instruments servant à évaluer le bruit :

Les instruments les plus courants pour mesurer le bruit sont le sonomètre, l'audiodosimètre et le sonomètre intégrateur. Il est important de comprendre le calibrage, le fonctionnement et la lecture des instruments que vous utilisez. À cette fin, le guide d'utilisation du fabricant donne la plupart des renseignements nécessaires.**[5]**

Indications sur le choix d'un instrument de mesure

Genre de mesure	Instruments appropriés (par ordre de préférence)	Résultats	Remarques
Exposition personnelle au bruit	1) Dosimètre	Dose ou niveau sonore équivalent	Le plus précis pour mesurer l'exposition personnelle au bruit
	2) Sonomètre intégrateur	Niveau sonore équivalent	Si le travailleur se déplace, il peut être difficile de mesurer son exposition personnelle, à moins que ses diverses tâches ne soient très distinctes
	3) Sonomètre	dB(A)	Si les niveaux de bruit varient beaucoup, il est difficile d'établir une exposition moyenne. Cet instrument n'est utile que lorsque le travail se divise en tâches distinctes et que les niveaux sonores sont stables en tout temps
Niveaux sonores ayant une même source	1) Sonomètre	dB(A)	Prendre les mesures à une distance de 1 à 3 mètres de la source.
	2) Sonomètre intégrateur	Niveau sonore équivalent en dB(A)	Particulièrement utile pour les bruits variables; obtient un niveau sonore équivalent sur une très courte durée (1 minute)

Relevé de niveaux sonores	1) Sonomètre	dB(A)	Produit la carte sonore d'une zone; prend des mesures à la grille
	2) Sonomètre intégrateur	Niveau sonore équivalent en dB(A)	Pour les bruits très variables
Sons impulsifs	1) Sonomètre à impulsion	Pression de pointe en dB(A)	Mesure les pointes de chaque impulsion.

Tableau III-1 :indicateur sur le choix d'un instrument de mesure**[5]**

III-5-1 : Le sonomètre :

Le sonomètre se compose d'un microphone, de circuits électroniques et d'un affichage. Après avoir été captées par le microphone, les petites variations de pression d'air produites par le son sont transformées en signaux électriques, qui sont alors traités dans le circuit électronique de l'instrument et qui s'affichent en décibels de niveau sonore. Cet instrument mesure le niveau de pression acoustique à un moment donné dans un en droit particulier.

La personne qui prend les mesures tient le sonomètre à bout de bras, à la hauteur des oreilles de ceux qui sont exposés au bruit. Dans la plupart des cas, l'orientation du microphone par rapport à la source de bruit importe peu. La façon de tenir le microphone est expliquée dans le guide d'utilisation de l'instrument. Le calibrage du sonomètre doit être vérifié avant et après chaque utilisation, également expliqué dans le guide d'utilisation.

Le sonomètre ordinaire ne prend que des mesures ponctuelles, ce qui suffit dans les lieux de travail où le niveau de bruit est uniforme, mais qui ne permet pas d'établir une moyenne d'exposition sur la durée de travail lorsque les bruits sont impulsifs, intermittents ou variables. Dans de tels milieux, un audiodosimètre peut être utile.**[5]**



Figure III-1 :sonométre

III-5-2 : L'audiodosimètre :

L'audiodosimètre est un petit appareil léger qui se porte à la ceinture et qui est relié à un petit microphone qui s'attache au col, près de l'oreille du porteur. Cet appareil enregistre les niveaux sonores, dont il calcule la moyenne. Il est très utile dans un milieu où la durée et l'intensité des bruits varient et où le travailleur se déplace. Au préalable, 3 valeurs doivent être fixées. Le niveau de référence (limite d'exposition pour 8 heures par jour, 5 jours par semaine), le taux d'échange (précisé dans les règlements sur le bruit) et le seuil d'enregistrement (niveau sonore minimum enregistré).

En portant l'audiodosimètre, on obtient la moyenne et la dose d'exposition au bruit. La moyenne se rapporte ordinairement à l'exposition maximale permise. Lorsqu'on dit qu'un travailleur a reçu une dose sonore de 100%, cela signifie qu'il a été exposé en moyenne au maximum permis. Par exemple, si le niveau de référence est fixé à 90 dB(A) et le taux d'échange à 3 dB(A), une exposition de 8 heures à 90 dB(A) donne une dose de 100%. Une exposition de 4 heures à 93 dB(A) donne aussi une dose de 100%, alors qu'une exposition de 8 heures à 93 dB(A) donne une dose de200%.**[5]**

III-5-3 : Le sonomètreintégrateur :

Le sonomètre intégrateur ressemble à l'audiodosimètre. Il établit un niveau sonore équivalent sur une période d'enregistrement des bruits. La principale différence est qu'il ne marque pas l'exposition personnelle, puisqu'il est tenu à la main plutôt que d'être porté sur soi.

Le sonomètre intégrateur établit les niveaux sonores équivalents en un endroit précis, sur un bruit donné, même si le niveau sonore réel de ce bruit varie continuellement.**[5]**

III-6 : Réalisation d'une enquête sur le bruit :

L'enquête sur le bruit consiste à prendre des mesures de niveaux sonores dans toutes les parties d'une entreprise ou d'un secteur de travail à la recherche des sources de bruit et de renseignements utiles qui permettront de cerner :

- les zones où les travailleurs risquent d'être exposés à des niveaux de bruit nuisibles et où il convient de mesurer les doses d'exposition personnelle
- les machines et équipements qui produisent des niveaux sonores nuisibles
- l'exposition à des niveaux sonore sin acceptables
- les mesures de lutte contre le bruit capables de réduire l'exposition des travailleurs

L'enquête se fait ordinairement à l'aide d'un sonomètre et d'une carte permettant d'indiquer avec une exactitude raisonnable les endroits où les travailleurs sont exposés à des sources de bruits ainsi que la nature de ces bruits. Les mesures prises en divers points de la zone bruyante s'inscrivent sur la carte. Une carte sonore pourra alors être dessinée en traçant une ligne qui relie les points de niveau sonore égal. Les cartes de relevé du bruit donnent des informations très utiles en indiquant clairement quelles sont les zones où le bruit présente un danger.**[5]**

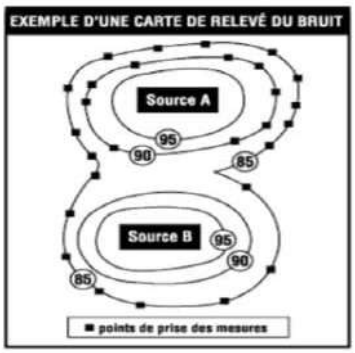


Figure III-2 exemple d'une carte de relevé du bruit**[5]**

III-7 : REDUCTION DUBRUIT :

III-7 -1 : Analyser la situation :

Les résultats du mesurage de l'exposition des salariés une fois interprétés, il s'agit maintenant de conduire la démarche de réduction du bruit. L'analyse préalable du lieu de travail s'impose, à la fois pour analyser la contribution des différentes sources de bruit et le comportement du local.

III-7-2 : Etablir un bilan de l'émission sonore :

Repérer l'origine des bruits :

Le plus souvent, dans un atelier, les sources sonores sont multiples et complexes (présence de nombreuses machines très différentes, bruit de ventilation, …).

Faire le bilan de l'émission sonore est nécessaire pour bien connaître la situation d'un atelier. Ceci nécessite d'identifier les sources sonores une par une. Le service entretien, qui connaît bien les machines, leur mode d'utilisation, leur état, leurs défauts, est tout désigné pour participer à ce bilan et guider le professionnel de l'acoustique industriel dans cette tâche .

- Déterminer l'émission sonore des machines :

Hormis une estimation par mesurage in situ conduite par un professionnel, le meilleur moyen de déterminer l'émission sonore des machines consiste à se servir des notices du constructeur. Cette action peut être conduite par le chargé de sécurité et/ou le bureau d'études de l'entreprise. Elle consiste à consulter les sociétés ayant fourni les machines en service et à leur demander de communiquer l'information dont elles disposent sur l'émission sonore des machines utilisées .**[5]**

III-7-3 : Etudier le comportement acoustique d'un local :

Le bruit émis par une machine peut parvenir à un opérateur par différents cheminements :

- ✓ **Champ direct** : bruit propagé directement depuis la machine
- ✓ **Champ réfléchi** ou **réverbéré** : bruit parvenant à l'opérateur après réflexion sur les parois et l'encombrement du local

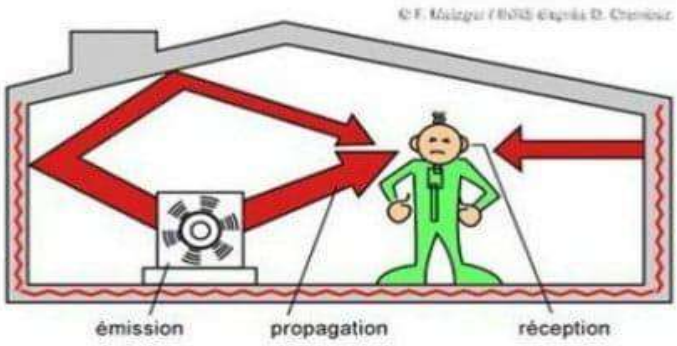


Figure III-3 : Champ réfléchiou réverbéré

Le bruit reçu en un point ne dépend donc pas que des sources sonores présentes et de la distance à ces sources. Il est la somme du champ direct et du champ réfléchi (qui peut être plus puissant que le champ direct) et dépend aussi du local (durée de réverbération et décroissance sonore spatiale).

Afin d'encourager la conception de locaux de travail moins bruyants, l'article R.235-2-11 du Code du travail et l'arrêté du 30 août 1990 fixent les obligations des maîtres d'ouvrage pour les locaux où doivent être installées des machines susceptibles d'exposer les travailleurs à un niveau d'exposition sonore quotidienne supérieure à 85 dB(A).**[5]**

III-7-4 : Réduire le bruit à la source :

- **Supprimer les chocs ou les amortir :**

  Les chocs sont associés à des variations brutales de vitesse. La solution la plus générale consiste à réduire l'amplitude et la soudaineté de la variation de vitesse, ou, à la conception, à utiliser des processus ne générant pas de chocs. On peut également éviter l'entrechoquement bruyant de pièces contre les côtés d'un conteneur par le traitement des parois ou freiner les chutes et en réduire les hauteurs.**[4]**

- **Modifier les outillages et les techniques :**

  Remplacer une technique bruyante par une technique plus silencieuse constitue bien sûr la solution la plus efficace. On peut ainsi remplacer une opération de poinçonnage sur une tôle par un découpage au rayon laser. Mais, plus simplement, des modifications d'outils, faciles à mettre en œuvre et peu onéreuses peuvent permettre de réduire le bruit.

- **Eviter les variations brutales depression** :

  Les opérations de soufflage et les échappements d'air comprimé s'accompagnent de

variations brutales de pression du circuit d'air comprimé et sont donc souvent extrêmement bruyantes. Des détendeurs limitent efficacement la pression. Il existe également des buses silencieuses qui permettent une variation continue de pression. On peut ainsi poser des silencieux en sortie de vérins, prévoir la collecte des échappements vers un silencieux à cartouche filtrante.

Les outils pneumatiques seront avantageusement remplacés par des outils électriques.

- **Découpler les machines de leur environnement :**

Cette opération est quelquefois complexe, pour les presses par exemple. Néanmoins, dans certains cas, on peut obtenir des résultats appréciables en posant la machine sur des suspensions amorties : ressorts amortis, plots de caoutchouc, matelas élastiques …

- **Agir sur la propagation des ondes sonores :**

Pour limiter la propagation des ondes sonores, on a donc le choix entre deux solutions :

- ✓ **Absorber les ondes sonores**, c'est-à-dire rendre le local plus sourd et moins sonore en modifiant l'état des surfaces et des parois,
- ✓ **Assurer l'isolation acoustique du local**, c'est-à-dire empêcher, par un obstacle, les ondes de se transmettre du local vers un autre.**[5]**

- **Absorber les bruits produits à l'intérieur du local :**

Le traitement acoustique du local consiste à recouvrir les parois de matériaux absorbants. Généralement, on traite en priorité les plafonds, puis si nécessaire, la partie haute des parois verticales. On réduit ainsi le champ sonore réverbéré apporté par toutes les sources de bruit.

- ✓ **Les matériaux absorbants**:

Ils sont employés pour empêcher la réflexion du son par les parois d'une salle. On les utilise pour réduire le bruit dans la pièce où se trouvent les sources de bruit.

En revanche, si vous recouvrez vos murs d'un matériau absorbant acoustique, vous ne serez pas isolé du bruit provenant d'un autre local. Le matériau absorbant n'empêchera pas le son de traverser les cloisons. Pour cela il faut un matériau isolant.

Les plus efficaces sont les matériaux poreux ou fibreux. En général une faible épaisseur de ces matériaux est efficace dans les fréquences aigues. Cette efficacité augmente avec l'épaisseur du matériau dans les fréquences moyennes, et pour certains, dans les fréquences graves.

Les **matériaux poreux** sont constitués de cellules ouvertes, donc communicantes : l'énergie

acoustique pénètre dans les cellules et est ensuite dégradée en chaleur par friction des molécules d'air.

Parmi ces absorbants, il y a les mousses (matériaux souples tels que mousse synthétique, polyéthylène, polyuréthane à pore ouvert, minéraux expansés rigides tels que la mousse d'argile)

Les **matériaux fibreux** dissipent l'énergie acoustique de la même façon. Ce sont les laines de verre, les laines de roche, les matériaux à fibres végétales, animales ou synthétique. L'absorption des basses fréquences est améliorée par un espace libre derrière la matière absorbante.

Les **matériaux à cellules fermées** (polystyrène expansé, certaines mousses rigides à pores fermés) sont quand à eux, très peu absorbants. Ils peuvent même dégrader les performances en absorption de la paroi qu'ils recouvrent.

- ✓ **Les techniques absorbantes** :

L'assemblage de matériaux « non absorbants » peut présenter des qualités d'absorption intéressantes si leur mode de fixation ou leur structure est adéquat.

Les résonateurs plans ou panneaux fléchissant : ces panneaux, fixés sur tasseaux ou ossature indépendante et espacés de la paroi à traiter par une lame d'air, se déforment sous la pression des ondes sonores. Une fraction de l'énergie est alors transformée en énergie vibratoire puis dégradée en chaleur par amortissement. L'absorption est maximale dans les basses fréquences.

- ✓ **Les résonateurs perforés ou à cavités** : ce sont essentiellement des plaques, des panneaux de matériaux divers qui ont été perforés, fixés comme les panneaux fléchissant, ou des briques creuses, des agglomérés creux de béton. Grâce à leur structure, ils fonctionnent comme des résonateurs.

Pour certaines fréquences, généralement situées dans les moyennes, ce système devient résonant et son pouvoir d'absorption est maximal.

Le plus souvent, pour obtenir une efficacité accrue couvrant une gamme de fréquences plus large, on combine technique et matériau absorbant. On utilise alors les propriétés absorbantes du matériau dans les hautes fréquences et la technique de montage lui permet de fonctionner en panneau fléchissant, donc d'être plus absorbant dans les basses fréquences.



Figure III-4 :panneau fléchissant**[5]**

Dans certain cas, et notamment pour les locaux industriels de grande hauteur, on utilise des baffles : ce sont des assemblages de panneaux absorbants, suspendus au plafond. En fonction de leur nombre par unité de surface, de l'épaisseur, de leur disposition et de leur hauteur, les résultas sont améliorés en particulier pour les fréquences au delà de 400 hertz.

L'application de matériaux absorbants en plafond, soit en baffles suspendues, soit en faux-plafond, et sur les parois verticales s'avère être une solution intéressante dans de nombreux cas. L'amélioration apportée se situe généralement entre 3 et 9 dB(a).**[5]**

III-7-5 : Isoler le local des bruits extérieurs :

Pour isoler un local, il faut interposer un obstacle à la propagation des ondes sonores de l'extérieur vers l'intérieur : un mur ou une cloison par exemple.

L'isolation ainsi obtenue dépend de la masse surfacique de l'élément et de la fréquence des sons considérés.**[5]**

- **L'encoffrement de la source** :

l'encoffrement d'une machine permet de réduire le niveau sonore apporté par cette machine en tout point du local et notamment à proximité. Il s'agit d'empêcher la propagation du bruit émis par la machine. Dans ce but, on enferme la machine dans une boite appelée encoffrement oucapotage.**[5]**

n distingue 3 types d'encoffrements :

Les encoffrements intégrés ou capotages spécifiques qui sont réalisés au plus prés de la machine. Leur intégration est prise en compte dés la conception : ils contribuent en partie à la structure de la machine. Leur mise en œuvre s'apparente à une action de réduction à la source.**[5]**





Figure III-5 : les encoffrements

Les encoffrements complets de type modulaire, ce sont les plus couramment utilisés au stade de la correction acoustique. La plupart sont constitués d'un ensemble de panneaux munis de portes d'accès, de vitrages, de panneaux pré- équipés ; ces éléments préfabriqués s'assemblent et réalisent un capotage qui assure une certaine étanchéité acoustique. Ils peuvent être conçus et réalisés par l'entreprise ou sous-traités à une entreprise spécialisée.

Les encoffrements partiels, il s'agit d'un ensemble d'écrans entourant une source sur plusieurs cotés. Ils sont utilisés lorsqu'il est impossible de réaliser un encoffrement complet pour des raisons techniques : accessibilité, ventilation, refroidissement …Lorsque les impératifs d'accès et de fonctionnement de la machine le permettent, l'encoffrement intégral de la machine est à privilégier. Un bon encoffrement du commerce peur apporter un affaiblissement de l'ordre de 15 à 20 dB(A).

Les encoffrements ouverts sont peu efficaces. La présence d'ouvertures fonctionnelles, de fentes, de défauts d'étanchéité diminue considérablement l'efficacité d'un encoffrement.**[5]**

Laine de verre		absorbant
Laine de roche		absorbant
Matériaux à fibres végétales		absorbant
Marbre	isolant	
Béton	isolant	
fibres textiles		absorbant
mousse synthétique		absorbant
verre	isolant	

Tableau III-2: isolants et absorbants de bruit**[4]**

III-7-6 : Organiser le travail :

❖ **Isoler les salariés des sources de bruit : cela peut être possible par** :

Les écrans simples : ils sont utilisés pour protéger un poste de travail d'une machine bruyante. Ils présentent l'avantage de pouvoir être déplacés facilement pour s'adapter aux exigences d'un poste de travail. Ce type d'écran est efficace pour éliminer le champ direct apporté par une machine dans une direction.

Seulement un écran ne sera efficace que si le local a été traité acoustiquement. Dans un local réverbérant, le bruit se propageant en voie directe serait effectivement arrêté, mais le bruit transmis par réflexion est presque intégralement transmis. Et si également la source est proche du récepteur ou le récepteur proche de l'écran.

Les dimensions doivent être suffisantes pour être un réel obstacle, sans pour autant constituer une gêne, en réduisant la visibilité par exemple

Les parois de séparation partielle, elles sont fixes et font partie intégrante du local. Elles sont utilisées pour protéger un certain nombre de poste de travail dans une partie du local contre le bruit émanant d'autres postes de travail, sans pour autant obstruer les voies de passage, ou gêner le fonctionnement des installations communes (ventilation, éclairage…)

Les cabines ou box. Lorsque l'isolation acoustique des machines par encoffrement intégral ne peut être envisagée, l'isolation du personnel en cabine ou en box insonorisé peut être conseillée. C'est le cas notamment des salles de commandes de bancs d'essai ou des postes de surveillance de chaînes acoustiques.

❖ **Eloigner les hommes des machines bruyantes** :

La séparation des machines bruyantes et des postes de travail silencieux est à rechercher dans la mesure où l'organisation du travail, la circulation des hommes et des produits le permettent. Pour que ce moyen soit efficace, il faut que l'éloignement soit important. Les zones de stockage pourront par exemple être disposées de telle sorte qu'elles créent des espaces tampons entre zones de travail, limitant ainsi l'addition des bruits et facilitant la mise en place d'écrans. Des locaux spécifiques seront prévus pour les pompes, moteurs, compresseurs, broyeurs ou autres machines bruyantes.

❖ **Limiter la durée de l'exposition** :

Réduire le temps pendant lequel les salariés sont exposés au bruit peut être un moyen de diminuer les niveaux d'exposition sonore quotidienne. A condition toutefois que cette

réduction soit importante ; la division du temps d'exposition par deux conduit à une diminution du niveau d'exposition sonore quotidienne de 3 dB(A) : il faudrait réduire par dix le temps d'exposition pour aboutir à une diminution du niveau d'exposition sonore quotidienne de 10 dB(A) et par cent pour le réduire de 20dB(A).

Pour ce faire, des aménagements peuvent être instaurés dans l'entreprise, notamment par la rotation du personnel aux postes les plusexposés.

Calcul des durées maximales d'exposition sonore quotidienne à ne pas dépasser :

III-8 : Equipement de protection individuelle contre le bruit :

Pour palier à l'impossibilité de mettre en œuvre des moyens de protection collective, l'employeur peut mettre à disposition de ses employés des équipements de protection individuelle contre le bruit.

Il en existe plusieurs types :
-Bouchons d'oreille en mousse ou silicone,
-Bouchons moulés, façonnés à l'oreille de l'utilisateur,
-Casques antibruit.

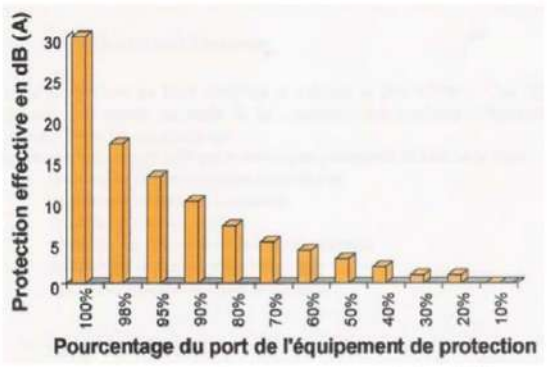


Figure III-6: pourcentage du port de l'équipment de protection

III-8-1 : Les bouchons d'oreilles anti-bruit :

Ce type de **protection contre le bruit** est peu encombrant. Mais il nécessite par contre le respect de certaines précautions d'hygiènes. Il se décline en **plusieurs modèles** :

- **Les bouchons d'oreilles en cire**, tels que les fameuses boules Quies, qui sont non réutilisables.
- **Les bouchons d'oreilles à façonner** par l'utilisateur, avant d'être insérés dans ses conduits auditifs. À usage unique, ils sont fabriqués dans un matériau compressible tel que la mousse ou la fibre.

- **Les bouchons d'oreilles préformés** : fabriqués en silicone ou en caoutchouc, ils sont disponibles en plusieurs tailles, afin de pouvoir s'adapter à différentes morphologies de conduits auditifs. Lavables et à réutilisation limitée, ils sont à nettoyer régulièrement.

❖ **Les bouchons antibruit avec arceau** : à façonner ou déjà préformés, ces bouchons, qui se positionnent à l'entrée ou à l'intérieur du conduit auditif, ont la particularité d'être reliés entre eux par un arceau en plastique rigide afin d'en assurer le maintien.

❖ **Les bouchons antibruit moulés sur mesure** : ils sont fabriqués à partir d'une empreinte d'oreilles du futur utilisateur, réalisée par un audioprothésiste. Fiable en toutes circonstances, ce type de protection anti-bruit épouse parfaitement la morphologie des conduits auditifs du porteur. Afin d'optimiser leur capacité d'atténuation sonore, les bouchons sur mesure possèdent des filtres anti-bruit. Imperméables à la poussière et aux bactéries, ils offrent également une bonne protection en matière sanitaire.



FigureIII-7 : Les bouchons d'oreilles anti-bruit

III-8-2 : Les casques anti-bruit :

Généralement plus efficace que les bouchons d'oreilles, le casque anti-bruit, aussi appelé serre-tête à coquilles, est composé de :

- **Deux coquilles dotées de coussinets** (remplaçables ou non) remplis de mousse et éventuellement de liquide, recouvrant totalement les oreilles.
- **Un arceau central ajustable**, destiné à relier les coquilles entre elles et à les maintenir bien plaquées sur les oreilles de l'utilisateur afin d'en optimiser le pouvoir de protection anti-bruit.



Figure III-8 : casque anti-bruit



Figure III-9 : les différents types de PICB**[11]**

III-8-3 : Normalisation :

Les protecteurs individuels contre le bruit (PICB) sont régis par la série des normes NF EN 352 - « Exigences générales ».

NFEN352-1-Partie1:serre-tête :

Cette norme spécifie les exigences en matière de construction, de conception, de performances et de marquage des serre-tête, ainsi que les informations destinées à l'utilisateur. Elle prescrit en particulier que l'affaiblissement acoustique des serre-tête est mesuré conformément à la norme NF EN 24869-1 « Acoustique ».

NF EN 352-2 - Partie 2 : bouchons d'oreille :

Cette norme établit les exigences en matière de construction, de conception, de performances et de marquage des bouchons d'oreille ainsi quel es informations des tinées à l'utilisateur. Elle impose, en particulier, une déclaration de l'affaiblissement acoustique des bouchons d'oreille, mesuré conformément à la norme NF EN24869-1 «Acoustique».

NF EN 352-3 - Partie 3 : serre-tête monté sur casque de protection :

Cette norme spécifie les exigences en matière de construction ,de conception, de performances et de marquage des serre-tête montés sur casque de sécurité industriel, conformément à la normeNFEN397«Casques»,ainsi quel es informations des tinées à l'utilisateur .Du faitqu 'un même modèle de serre-tête peut être monté sur différents modèles ou tailles de casque, la présente partie de la norme définit une série d'exigences physiques et acoustiques en fonction du modèle ou de la taille de casque sur le quelle serre tête est monté. Les exigences s'appliquent en totalité à la combinaison de base, c'est-à-dire aux serre-tête montés sur l'un des modèles ou l'une des tailles de casque spécifiés, et en partie seulement à la combinaison supplémentaire, c'est-à-dire aux serre-tête du même modèle, mais montés sur des casques de modèle ou de taille autre que ceux qui sont spécifiés.

NF EN 352-4 - Partie 4 : serre-tête à atténuation dépendante du niveau :

Cette norme européenne est applicable aux serre-tête à atténuation dépendante du niveau. Elle spécifie les exigences en matière de construction, de conception, de performances, de méthodes d'essai et de marquage, ainsi que les informations destinées à l'utilisateur concernant l'incorporation du dispositif d'atténuation dépendante du niveau.

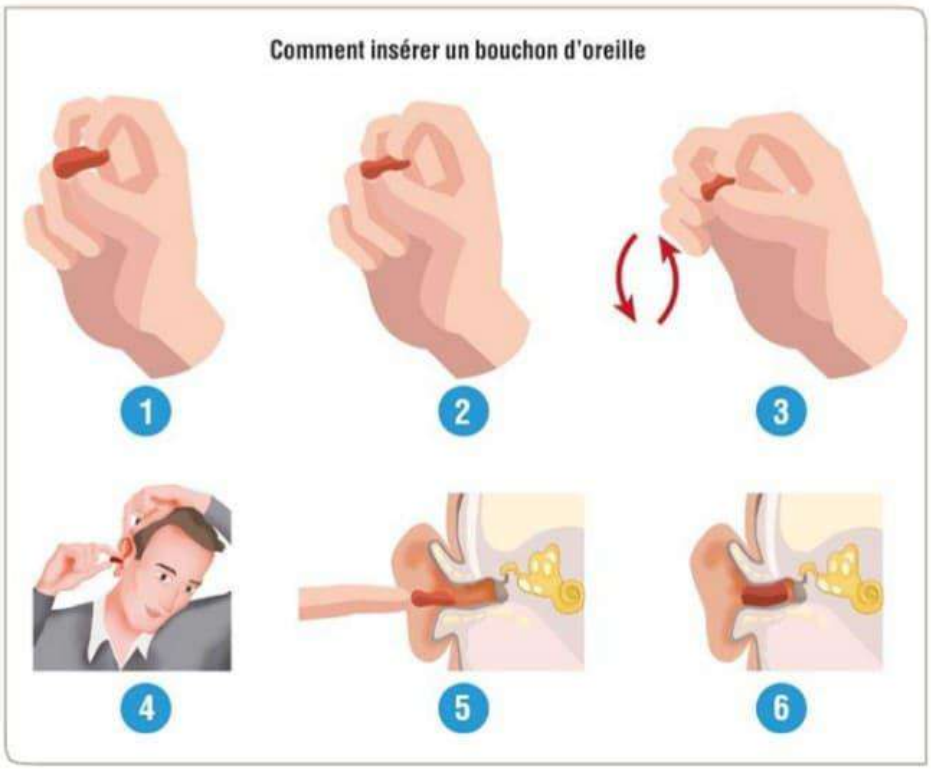
III-8-4 : Instructions et formation

La formation à la mise en place du PICB ainsi quel a sensibilisation auris que bruit sont nécessaires à la bonne utilisation et donc à l'efficacité du PICB. En effet, les salariés devant porter des EPI doivent être informés «des risques contre lesquels l'EPIl esprotège» et des conditions d'utilisation. Ainsi, le chef d'entreprise est tenu de fournir suffisamment d'informations et de dispenser une formation appropriée à toutes les personnes devant porter des protecteurs individuels contre le bruit.

Par exemple, en cas d'utilisation de bouchons d'oreille, les principaux problèmes proviennent d'une manipulation ou d'une insertion incorrectes:

1) un façonnage ou une compression insuffisant(e) des bouchons d'oreille formables;

2) une insertion pas assez profonde des bouchons d'oreille dans le conduit auditif;
3) une période de maintien avec le doigt insuffisante lors de l'insertion des bouchons d'oreille dans le conduit auditif;
4) une taille inappropriée des bouchons d'oreille.



FigureIII-10 : comment insérer un bouchon d'oreille[11]

III-8-5 : Aide au choix des PICB selon les facteurs environnementaux

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

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour

Tableau III-3 : les types de PICB parapporta l'environnement de travail**[11]**

III-8-6 : Innovations et Smart EPI :

Voici les propositions les plus innovantes qui méritent une évaluation.

- **Les PICB communicants.** Ce type de protecteur assure une communication claire dans un environnement bruyant (radio et Bluetooth).
- **Les PICB dynamiques.** Ce type de protecteur est capable de mesurer le bruit en temps réel et adapte l'atténuation du filtre en conséquence.
- **Les PICB à commande vocale.** Ce type de protecteur permet de déclencher vocalement des commandes ; pour le moment, cet appareil est un produit militaire.**[11]**

III-8-7 : Sur le plan de l'information des salariés :

Lorsque les niveaux atteignent ou dépassent les 80 dBA, il est fortement conseillé d'avertir les travailleurs, à l'aide de pictogrammes. En revanche, ils deviennent obligatoires dès que les niveaux sonores dépassent 85 dBA ou que le niveau de pression acoustique dépasse 140 Pa.



Figure III-11 : panneaux de sensibilisation contre le bruit

Lorsque le Lex,T est supérieur à 105 dBA, l'accès au poste de travail est interdit aux travailleurs non autorisés. Il est alors impératif de le signaler à l'entrée à l'entrée du local par ce pictogramme d'interdiction :

Ces indications doivent s'accompagner d'une session d'information - sensibilisation du personnel aux risques liés au bruit. Celle-ci peut-être réalisée soit directement par le préventeur de l'entreprise, par un organisme spécialisé dans la formation – conseil en milieu ou tout autre intervenant en prévention des risques professionnels (IPRP), conformément au décret du 24 juin 2004.

L'INRS propose également tout un panel d'affiches ayant pour objectif de rappeler quotidiennement aux employés les risques qu'ils encourent et la nécessité des protections

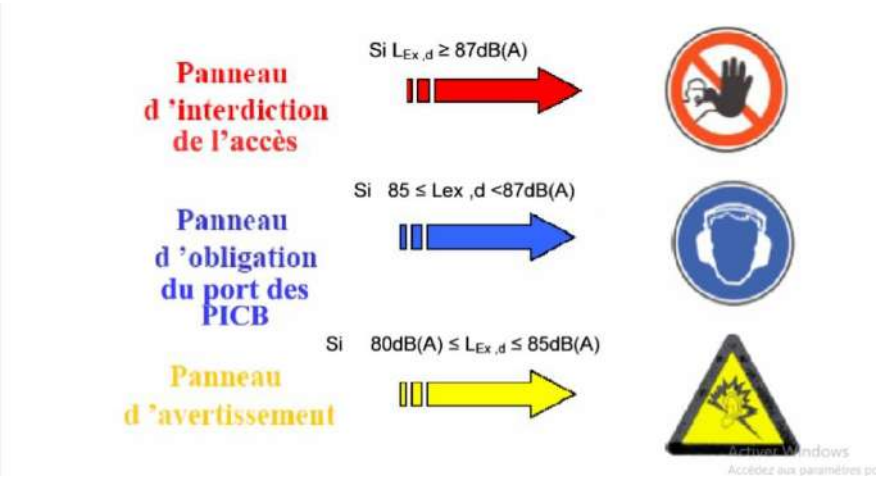


Figure III-12 : les panneaux de sensibilisation contre les dangers de bruit

III-8-8 : Principes de la prévention médicale :

Le rôle du médecin du travail est primordial dans la prévention de la SP. Cette prévention peut se décliner en trois niveaux : Primaire, Secondaire et Tertiaire.

- **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. À ce niveau de la prévention, le rôle du médecin du travail consiste à :

- ❖ dépister, parmi les sujets candidats aux postes exposant au bruit, ceux qui présentent une contre-indication à l'exposition à ce risque,
- ❖ fournir des éléments de référence pour suivre l'état de santé et la fonction auditive du sujet qu'il faut conserver dans le dossier médical du travailleur,
- ❖ informer le salarié sur les risques liés au bruit, et sur les moyens de prévention conformément à l'article 152-2 du code du travail et
- ❖ s'assurer lors du tiers temps que les mesures préventives préconisées sont appliquées.

- **En cas d'atteinte auditive :**

La surdité, quelle que soit son origine, constitue une cause d'inaptitude dans les métiers où la sécurité individuelle ou collective repose sur la perception auditive de signaux sonores et dans ceux pour lesquels les relations vocales sont essentielles**.**

- **Quelle visite médicale périodique :**

Une fois le salarié est embauché à un poste exposant au bruit, le médecin du travail doit assurer une surveillance médicale spéciale (Décret N°68-83 du 23 Mars 1968).
Ce contrôle périodique a pour objectifs :

- ✓ Le dépistage précoce de tout déficit auditif à son début,
- ✓ Le renforcement de l'information sur les risques inhérents à l'exposition au bruit,
- ✓ L'incitation à l'utilisation correcte des PICB

Cependant, il faut noter l'importance de la première visite périodique (1 an après l'embauche) qui doit rechercher une éventuelle susceptibilité individuelle au bruit.
La périodicité de la surveillance audiométrique est modulée selon le niveau d'exposition. En effet, elle doit être :

- ✓ renforcée et réduite à six mois si LEx,d est 105 dBA ou plus,
- ✓ maintenue tous les ans si LEx,d est entre 95 et 105 dBA et/ou Lpc est de 140

dB ou plus,

- ✓ élargie à deux ans si LEx,d est entre 85 et 95 dBA et/ou Lpc est entre 135 et 140dB,
- ✓ non exigée si LEx,d n'atteint pas les 85 dBA,
- ✓ **systématique à la reprise du travail après** :
- ❖ maladie intercurrente avec l'audition,
- ❖ accident de travail pouvant atteindre l'audition (traumatisme du rocher, blast, ...),
- ❖ prise médicamenteuse ototoxiques,
- ❖ altération de la fonction auditive

conclusion :

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. Des mesures, souvent simples à appliquer, permettent de diminuer l'exposition des travailleurs

Chapitre IV : étude de cas d'impacte d'acoustique industrielle

IV -1 : Introduction :

Le projet sera localisé sur une nouvelle zone d'activités en cours de création. Le site pourra donc être principalement entouré de bâtiments d'activités non construits à l'heure actuelle. Sur un périmètre plus éloigné, le site est entouré de zones d'habitations déjà existantes, notamment au Nord-Est, à l'Est et au Sud de la parcelle

IV-2 : Etude de cas d'impact acoustique :

- **Activité de l'établissement :**

Le projet prévoit la création d'une blanchisserie industrielle destinée au secteur nucléaire qui sera située au sein de la zone d'activité de la Joinchère sur la commune de Suzannecourt (52).

- **Horaires de fonctionnement :**

Le site fonctionnera du lundi au vendredi, de 7h à 22h. Néanmoins certains équipements techniques seront amenés à fonctionner de manière continue, 24h/24. Les mesures, l'analyse des résultats et l'étude d'impact prévisionnelle portent donc sur les périodes diurne et nocturne. **[4]**

- **Implantation de l'établissement dans son environnement :**

Le plan ci-dessous indique la localisation du site dans son environnement.



Figure IV-1: localisation du site dans son environnement

L'illustration ci-dessous présente le plan masse du projet .



Figure IV-2: plan de masse de projet **[4]**

Le projet abritera plusieurs zones de laverie (en fonction du type de contamination à nettoyer), une zone technique, des zones de stockage, des bureaux et des vestiaires. Les sources de bruit principales du projet seront les équipements techniques liés au fonctionnement du site.



Figure IV-3: (orientation Ouest) Vue 3D du projet **[4]**

- **Les sources de bruits potentielles du projet sont les suivantes :**

  - ❖ Trafic routier des véhicules employés et des poids-lourds sur le site (impact faible) ;
  - ❖ Equipements techniques destinés au chauffage, à la ventilation et à la climatisation des locaux, installés en toiture du bâtiment (impact modéré à fort). **[4]**

L'objectif de cette étude est donc de définir l'impact acoustique lié aux activités du futur établissement après implantation et de contrôler le respect des dispositions prévues par la réglementation applicable en termes de nuisance sonore, compte tenu des sources de bruit potentielles identifiées. **[4]**

Le logiciel utilisé pour cette étude est le logiciel CADNAA de la société DATAKUSTIC.

Ce logiciel de propagation environnementale est un logiciel d'acoustique prévisionnelle basé sur des modélisations des sources et des sites de propagation et est destiné à décrire quantitativement des répartitions sonores pour des classes de situations données.

CADNAA permet de modéliser la propagation acoustique en extérieur de tout type de sources de bruit en tenant compte des paramètres les plus influents, tels que la topographie, le bâti, les écrans, la nature du sol ou encore les conditions météorologiques. Ce logiciel répond aux exigences de la norme ISO 9613-1 et 9613-2. **[4]**

IV-2-1 : Modélisation :

La modélisation sous le logiciel d'acoustique environnementale CADNAA a été réalisée en tenant compte de différents paramètres :

- ❖ implantation potentielle des bâtiments concernés par les nuisances ;
- ❖ environnement immédiat ;
- ❖ topographie ;
- ❖ conditions météorologiques en vent portant ;
- ❖ la puissance acoustique des différentes sources potentielles de bruit ;
- ❖ la méthode de calcul de propagation sonore environnementale ISO 9613-1/9613-2. **[4]**

IV-2-2 : Principe appliqué :

Afin de simuler l'impact sonore dans l'environnement des sources de bruit situées à l'intérieur du bâtiment, le protocole appliqué est le suivant :

- détermination des niveaux de bruit rayonnés sur les parois intérieures des locaux par ces sources ;
- estimations des niveaux sonores transmis par l'enveloppe du bâtiment en introduisant les indices d'affaiblissement acoustiques correspondants à la constitution des parois (murs, toiture, portes, vitrages, grilles...) ;
- modélisation de sources de bruit à l'extérieur du bâtiment prenant ainsi en compte tous les paramètres influents (dimensions, position dans la paroi, coefficient d'absorption et indice d'affaiblissement acoustique).) **[4]**

IV-2-3 : Données acoustiques équipements :

Les équipements techniques installés à l'intérieur du bâtiment seront les suivants : les CTA et les extracteurs dont les entrées d'air neuf et rejet ont déjà été décrites dans le paragraphe précédents, des machines à laver, des sèchelinges, deux compresseurs et deux chaudières. **[4]**

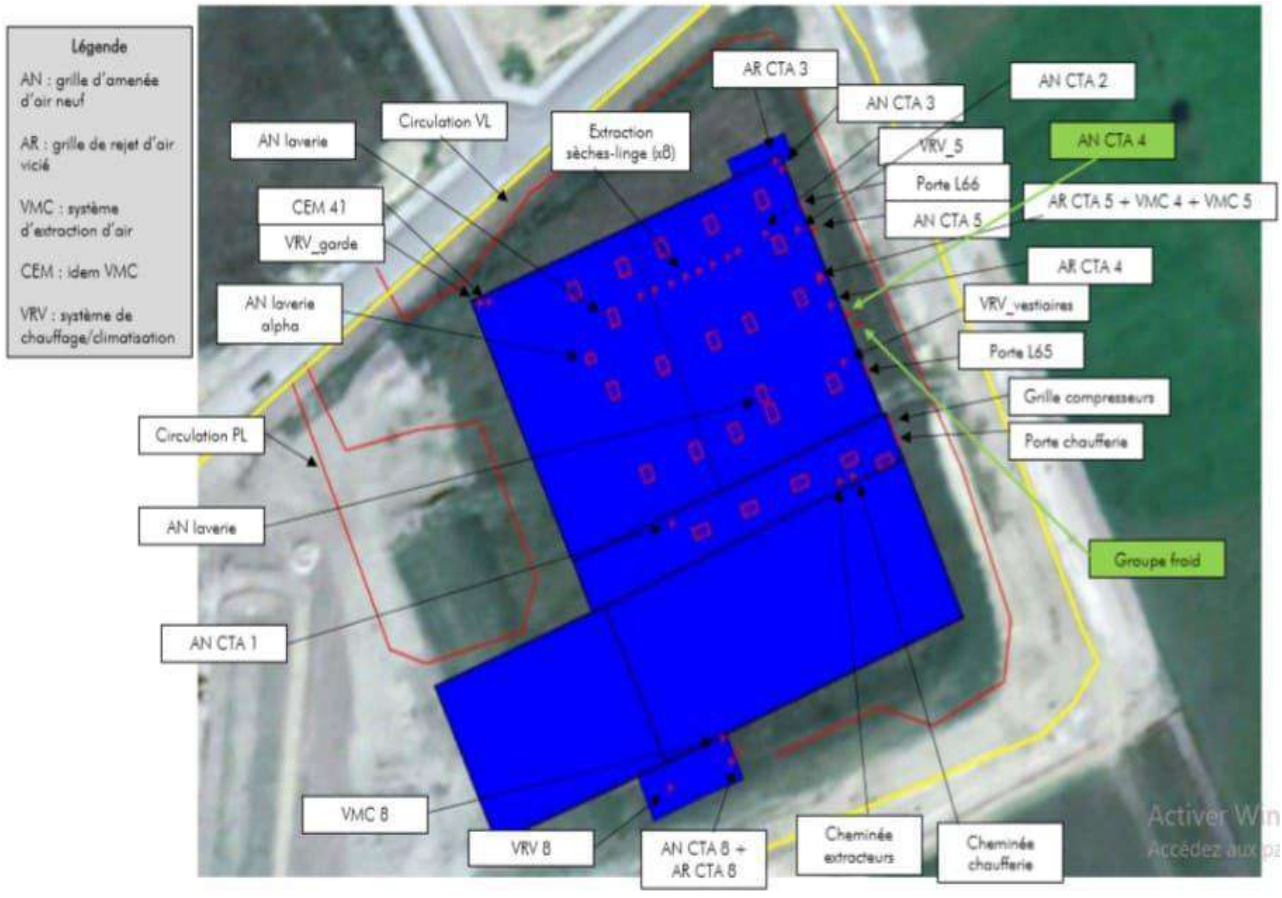


Figure IV-4: L'ensemble des sources modélisées est repris sur l'illustration ci-dessous (les rectangles rouges non références correspondent aux lanterneaux) **[4]**

Equipment	Niveau global Lw en dBA
Groupe froid	92.0
Compresseurs (x2)*	72
Chaudière (x 2)	81.4
CTA 1	57
CTA 2	57
CTA 3	58
Extracteur CEX11 (x2	93.0
Extracteur CEX21 (x3)	86.1
Extracteur CEM22 (x3)	79.6
Extracteur CEM23 (x3)	96.3
Extracteur CEM24 (x2)	73.9
Machine à laver 20kg*	80.3
Machine à laver 60kg*	85.3
Machine à laver 110kg*	85.3
Sèche-linge 20 kg*	83.0
Sèche-linge 60 kg*	83.0
Sèche-linge 110 kg*	85
ABV**	72

Tableau IV-1 : les donnée acoustique des équipements **[4]**

IV-2-4 : Localisation des points d'étude :

Afin d'évaluer l'impact sonore en différents lieux, plusieurs points de réception ont été placés dans le modèle acoustique du site auprès des habitations les plus proches du projet :



Figure IV-5: Localisation des points d'étude **[4]**

- **Remarque :**

Les points Z1, Z2 et Z3 correspondent aux habitations à proximité desquelles les mesures d'état sonore initial ont été réalisées.

Les points Z1b, Z1t, Z2b, Z2t, Z2q et Z3b correspondent à des habitations (ou à des locaux commerciaux où des personnes résident une grande partie de la journée) pour lesquelles il semblait opportun d'estimer l'impact du site également. Pour ces points le niveau résiduel retenu dans les calculs correspond au point de mesure auxquels ils sont rattachés. **[4]**

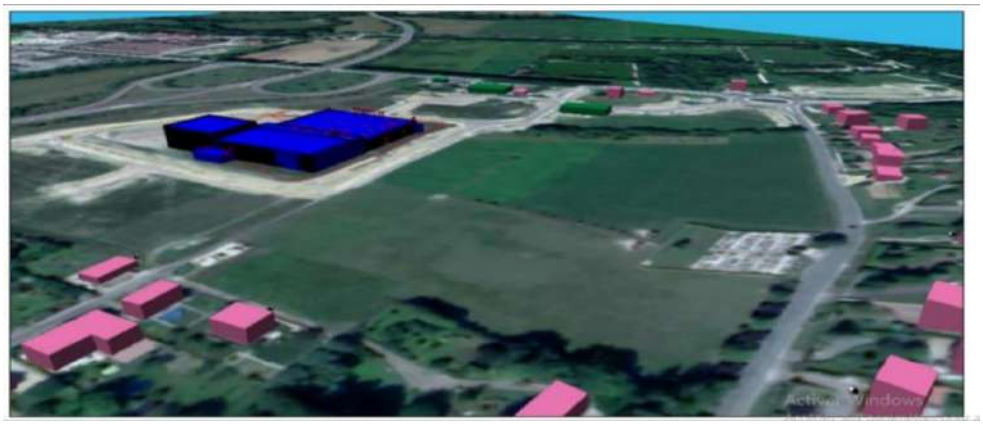


Figure IV-6: Vue 3D du modèle numérique (orientation Nord-Ouest) **[4]**

IV-2-5 : Résultats aux points d'étude :

ZER-periode diurne		
Points récepteurs	**Niveau de bruit en dBA**	**Conformité (Oui/Non)**
ZER 1	56.8	oui
ZER 1b	57,5	oui
ZER 1t	60,0	non
ZER 2	54,9	oui
ZER 2b	55,6	oui
ZER 2t	55,0	oui
ZER 2q	54,7	oui
ZER 3	60,3	non
ZER 3b	58,9	non

Tableau IV-2 : Résultats aux points d'étude (Période diurne) **[4]**

ZER-periode nocturne		
Points récepteurs	Niveau de bruit en dBA	Conformité (Oui/Non)
ZER 1b	57,2	non
ZER 1t	59,8	non
ZER 2	54,7	non
ZER 2b	55,6	non
ZER 2t	54,9	non
ZER 2q	54,6	non
ZER 3	60,3	non
ZER 3b	58,9	non
ZER 1	56.6	non

Tableau IV-3: Résultats aux points d'étude (Période nocturne) **[4]**

Commentaires :

En période diurne, selon les hypothèses retenues et sans aucune préconisation acoustique, on relève des dépassements des seuils réglementaires importants sur les points ZER 1t, ZER 3 et ZER 3b. Les autres points sont conformes.

En période nocturne, selon les hypothèses retenues et sans aucune préconisation acoustique, on relève des dépassements des seuils réglementaires importants sur l'ensemble des points d'étude.

IV-2-6 : Cartes de bruit :

Les cartographies sonores du niveau de bruit particulier (bruit de l'établissement seul) en périodes jour et nuit sont illustrées sur les figures ci-après.

Ces cartographies sonores sont obtenues en considérant l'ensemble des sources modélisées en fonctionnement simultané.

Ces cartes de bruit sont calculées à une hauteur de 2m par rapport au sol. **[4]**

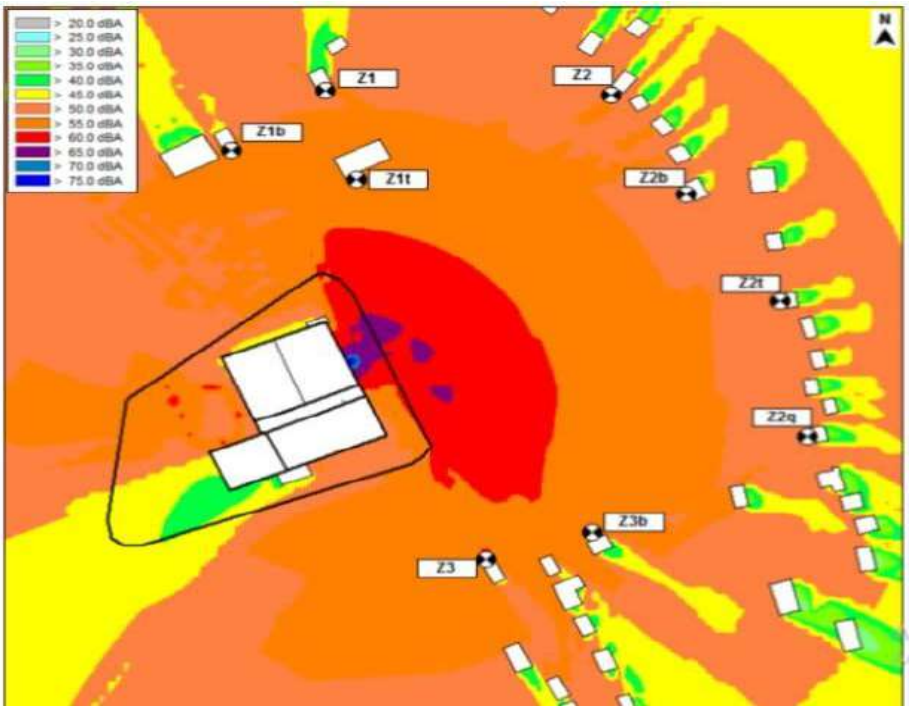


Figure IV-7: Cartes de bruit **[4]**

IV-2-7 : Analyse des contributions sonores des sources par zone d'étude :

A partir du modèle numérique, il est possible d'évaluer l'impact sonore de chaque source au niveau des zones d'étude.

Les figures suivantes présentent les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z1t, Z2b et Z3 (points les plus impactés pour chaque zone). **[4]**

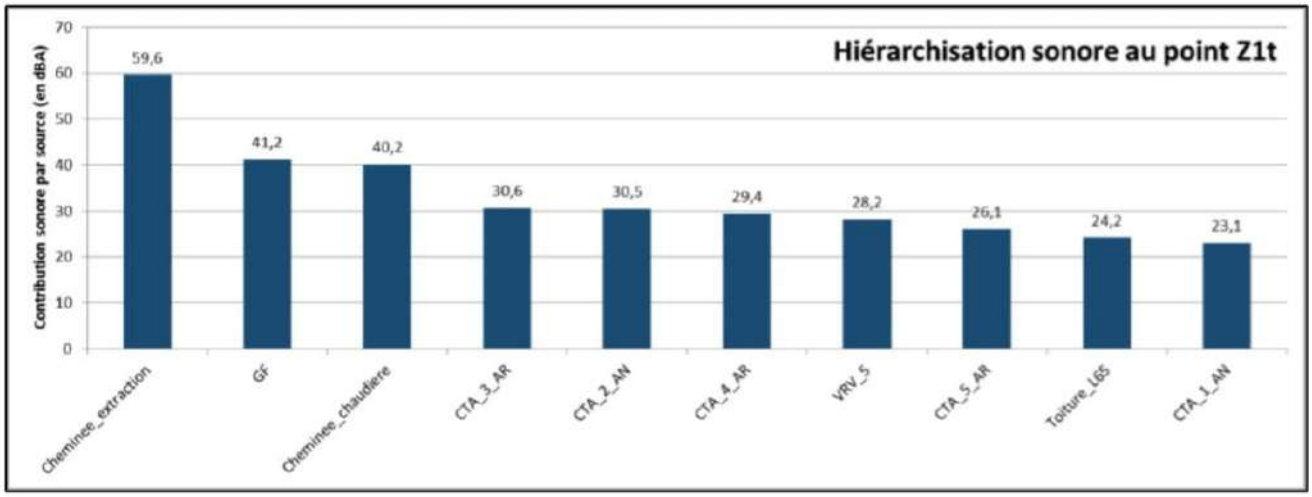


Figure IV-8 : les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z1t **[4]**

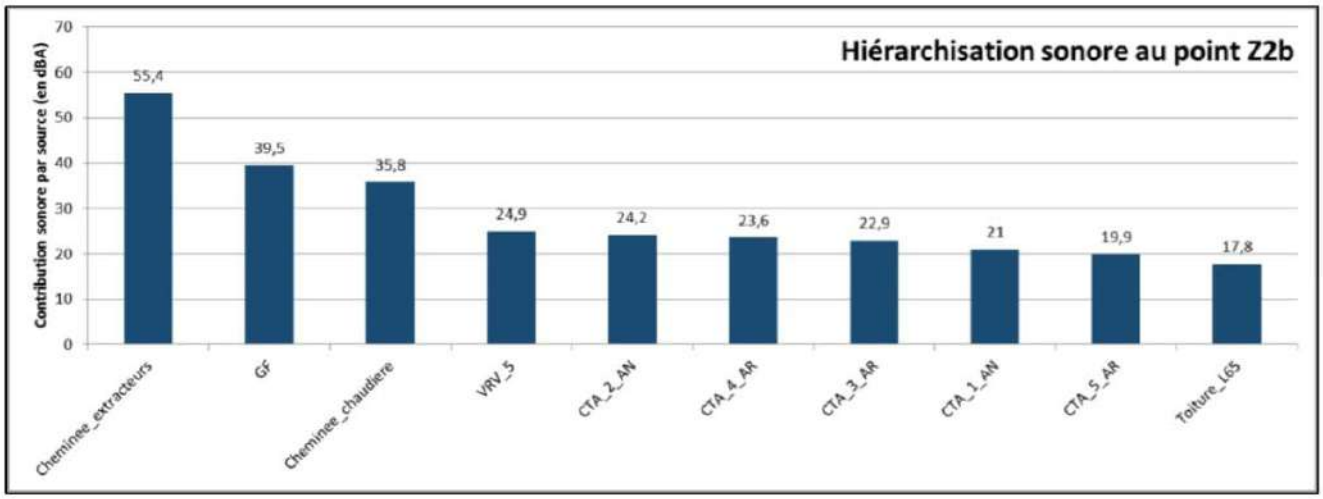


Figure IV-9: les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z2b **[4]**

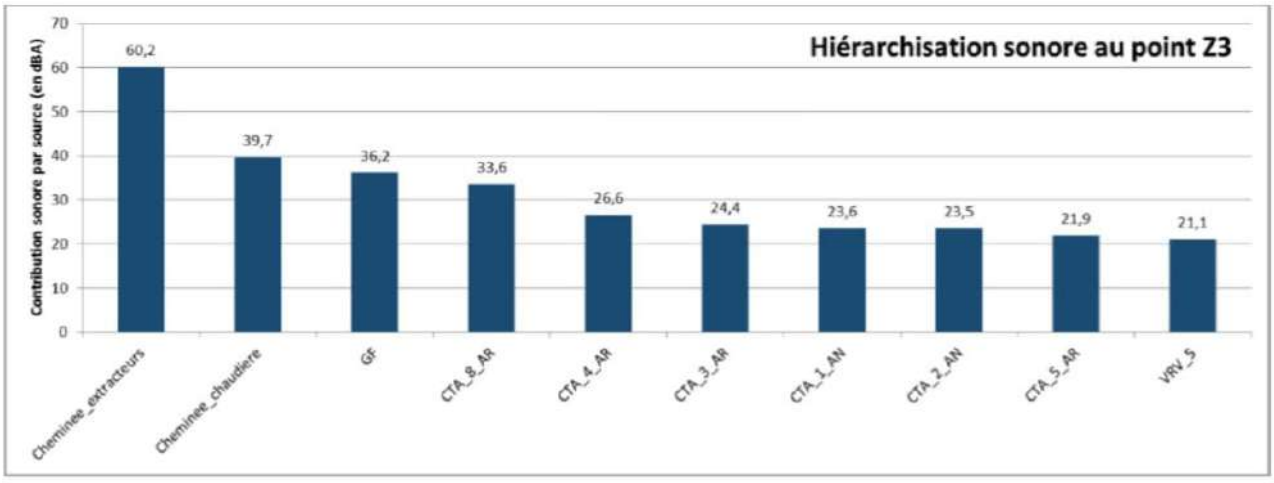


Figure IV-10: les contributions sonores des sources les plus bruyantes pour les points Z3 **[4]**

IV-3 : PRECONISATIONS ACOUSTIQUES :

IV-3-1 : Solutions à mettre en œuvre :

A partir des résultats de la simulation réalisée, il apparait comme nécessaire de traiter les sources de bruit suivantes :

- La cheminée d'extraction des extracteurs particuliers (CEX11, CEX21, CEM22, CEM23 et CEM24) ainsi que la cheminée d'extraction de la chaufferie pour les points en ZER ;
- Le groupe froid pour la limite de propriété. **[4]**

IV-3-2 : Cheminée d'extraction des extracteurs :

Comme précisé précédemment, cette cheminée est utilisée pour l'extraction de plusieurs extracteurs de rejet d'air vicié des différents locaux laverie. Pour réduire le bruit de la cheminée, il est donc nécessaire de réduire le bruit de chaque extracteur par la mise en place de silencieux. **[4]**

IV-3-3 : Extracteur CEX 11 (x 2) :

Par exemple, le silencieux de chez **TROX et de type MSA 200, longueur 2000mm**, **épaisseur baffle 100mm et écartement entre baffles de 100mm** pourrait convenir (ou tout autre produit présentant des caractéristiques acoustiques équivalentes). **[4]**

IV-3-4 : Extracteur CEM 23 (x 3) :

le silencieux de chez TROX et de type MSA 200, longueur 2500mm, épaisseur baffle 100mm et écartement entre baffles de 100mm pourrait convenir (ou tout autre produit présentant des caractéristiques acoustiques équivalentes). **[4]**

IV-3-5: Autres extracteurs (x 11) :

le silencieux de chez TROX et de type MSA 200, longueur 2000mm, épaisseur baffle 200mm et écartement entre baffles de 160mm pourrait convenir (ou tout autre produit présentant des caractéristiques acoustiques équivalentes). **[4]**



Figure IV-11: Silencieux à baflles, version MSA-100 , MSA-200

IV-3-6: Cheminée d'extraction chaufferie :

La solution proposée consiste en la mise en place d'un silencieux de type silencieux cylindrique au niveau du système d'échappement.

le silencieux de chez BOET et de type SM30P pourrait convenir (ou tout autre produit présentant des caractéristiques acoustiques équivalentes). **[4]**



Figure IV-12: BOET et de type SM30

SM30P

Disponibles SM15P-SM25P/SM40P/SMC :

Nos silencieux sont conçus pour atténuer les bruits d'échappement des moteurs à combustion interne de tous types (essence, diesel ou gaz).

La définition acoustique de nos silencieux SM a été optimisée par notre département Recherche et Développement. Nos silencieux SM30P sont basés sur un dispositif réactif couplé à un dispositif d'absorption. Après avoir choisi le type de silencieux, en fonction de l'atténuation souhaitée, utiliser l'abaque au verso pour définir le diamètre nominal de raccordement.

IV-3-7: Groupe froid :

Pour le groupe froid, son impact est principalement ressenti en limite de propriété Est du site. La solution proposée consiste en la mise en place d'un écran acoustique autour du groupe froid.

Pour être suffisamment efficace, cet écran devra être installé sur les faces Nord, Sud et Est (cette solution permettra également de protéger les points Z3 et Z3b de l'impact du groupe froid).

Compte tenu des dimensions du groupe froid, la hauteur minimale de l'écran est fixée à 3m. **[4]**

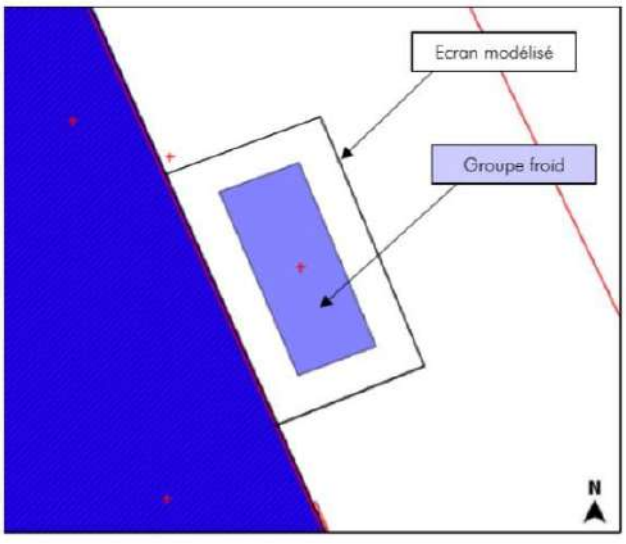


Figure IV-13: un écran acoustique modélisé

Afin de limiter la propagation du bruit des équipements en toiture, cet écran devra être muni d'un matériau absorbant sur sa face intérieure.

IV-3-8 : Résultats après mise en place des solutions :

Les tableaux suivants présentent les résultats aux points d'étude après mise en place des solutions proposées.

Points récepteurs	Niveau de bruit en dBA	Conformité (Oui/Non)
ZER 1b	45.2	oui
ZER 1t	47.9	oui
ZER 2	41.2	oui
ZER 2b	40.9	oui
ZER 2t	40.6	oui
ZER 2q	39.9	oui
ZER 3	41.2	oui
ZER 3b	41.9	oui
ZER 1	44.5	oui
ZER – Période diurne		

Tableau IV-4: Résultats aux points d'étude après mise en place des solutions (Période diurne)

Points récepteurs	Niveau de bruit en dBA	Conformité (Oui/Non)
ZER 1b	36.9	oui
ZER 1t	43.1	oui
ZER 2	36.6	oui
ZER 2b	36.6	oui
ZER 2t	35.9	oui
ZER 2q	35.6	oui
ZER 3	38.1	oui
ZER 3b	38.1	oui
ZER 1	39.1	oui
ZER – Période nocturne		

Tableau IV-5: Résultats aux points d'étude après mise en place des solutions (Période nocturne)

Commentaires :

En période diurne, selon les hypothèses retenues et avec les préconisations acoustiques, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est relevé sur l'ensemble des points. En période nocturne, selon les hypothèses retenues et avec les préconisations acoustiques, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est relevé sur l'ensemble des points. Le cas d'un fonctionnement maximum en période nocturne (fonctionnement identique à celui de la période diurne) a également été simulé. Là encore, selon les hypothèses retenues et avec les préconisations acoustiques, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est relevé sur l'ensemble des points.

IV-3-9: Cartes de bruit :

Les cartographies sonores du niveau de bruit particulier (bruit de l'établissement seul) après mise en place des préconisations en périodes jour et nuit sont illustrées sur les figures ci-après. Ces cartographies sonores sont obtenues en considérant l'ensemble des sources modélisées en fonctionnement simultané.

Ces cartes de bruit sont calculées à une hauteur de 2m par rapport au sol. Elles sont présentées avec et sans fond de plan de type vue satellite. **[4]**

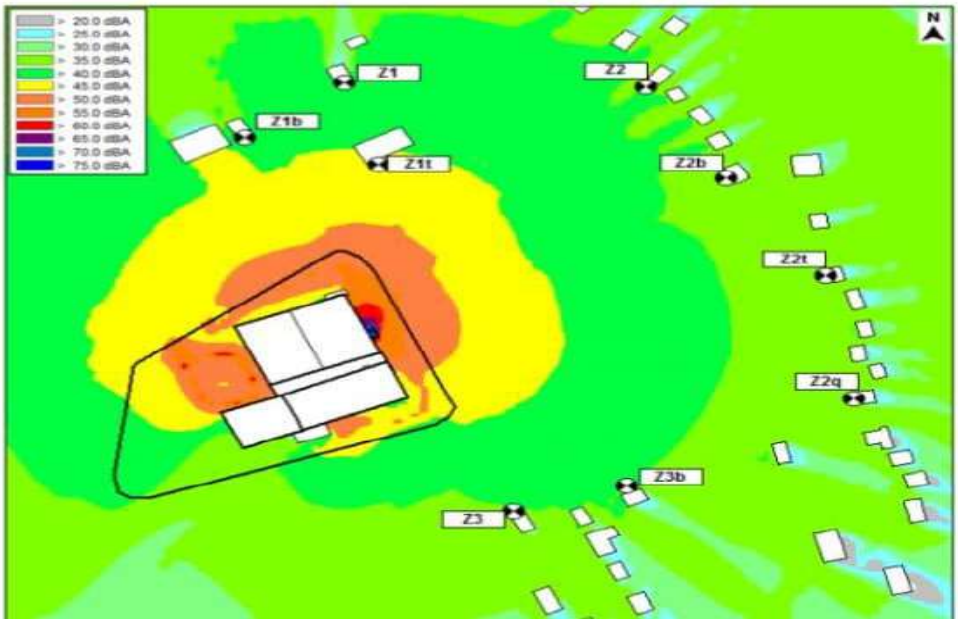


Figure IV-14:carte de bruit après mise en place des préconisations en périodes jour et nuit

IV-4 : CONCLUSION :

Cette étude rend compte de l'étude d'impact acoustique du projet de construction d'une blanchisserie industrielle pour la société UNITECH sur la commune de Suzannecourt (52).

A ce titre, une modélisation du site dans sa configuration future a été réalisée de manière à déterminer l'impact acoustique prévisionnel du site. Selon les hypothèses retenues, des dépassements des seuils réglementaires à l'état actuel sont relevés sur plusieurs points d'étude en ZER et en limite de propriété pour les périodes diurne et nocturne.

Dans ce contexte, des préconisations acoustiques ont été proposées en concertation avec la maitrise d'ouvrage. Ces préconisations consistent en la mise en place de pièges à son sur les systèmes de ventilations les plus bruyants ainsi la mise en place d'un écran acoustique autour du groupe froid.

Il est rappelé que les résultats présentés dans ce rapport tiennent compte :

d'une part des niveaux de bruit mesurés in situ aux points spécifiés dans le rapport dans les conditions du jour de mesure (trafic routier, conditions météorologiques, évènements sonores ponctuels, etc). Un autre jour, dans des conditions différentes, et a fortiori en une localisation différente, les résultats peuvent être différents. **[4]**

d'autre part des hypothèses sur les sources de bruit fournies par le client (trafic estimé, type d'équipements techniques, position des sources...). Si les hypothèses finales du projet étaient différentes, les résultats pourraient l'être également.

Cependant, compte tenu des incertitudes existantes présentées ci-dessus, il est conseillé de réaliser des mesures de de contrôle après implantation du site. Le cas échéant, si des non-conformités sont relevées, il sera alors nécessaire d'engager des pistes afin de réduire l'impact du site sur le voisinage. **[4]**

Conclusion générale

Notre étude sur les risques professionnel dus a (l'acoustique industrielle) sur l'opérateur et les moyens pour le protéger pour cela on montre que :

- l'exposition réguliére d'un opérateur (Dans tous les secteurs d'activité industrielle) à des bas ou hauts niveaux de bruit , provoque des maladies professionnelles sur la santé humain plus ou moins grave .

- l'évaluation de ce phénoméne (acoustique industrielle) consiste de connaitre les émissions et la propagation de son et le bruit sur l'opérateur , tous les types et caractéristiques de bruit et présente tous les risques et les dangers liés a l'acoustique .

- la responsabilité de l'employeur consiste a protéger les opérateurs contre le bruit , il doit prendre tous les mesures et les moyens et des équipments de sécurité contre le bruit , et il doit réspecter tous les normes de sécurité et suivi médicale périodiquement

Annexe :

Réglementation :

Réglementation française :

1.1 Le code du travail, loi du 31 décembre 1991 :

Le code du travail fixe neuf principes généraux de prévention, applicables à tous les domaines de travail et à tous les types de situations à caractère dangereux pour la santé et la sécurité des travailleurs. L'employeur doit mettre en œuvre tous les moyens dont il dispose pour :

1. Eviter les risques.
2. Evaluer les risques.
3. Combattre les risques à la source.
4. Adapter le travail à l'homme.
5. Tenir compte de l'état d'évolution de la technique.
6. Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux.
7. Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants.
8. Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protections individuelles.
9. Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

Les mesures ainsi prises par le chef d'entreprise, visant à protéger ses employés contre les risques liés aux ambiances bruyantes, doivent suivre le fil de ces neuf principes.

Le décret n° 88-405 du 21 avril 1988 et sa circulaire d'application du 6 mai 1988 seront abrogés lors de la retranscription en droit français de la directive 2003/10/CE (ci-après).

1.2 Décret n°92-767 du 29 juillet 1992, concernant la réduction du bruit des machines.

Il a introduit dans le code du travail l'article R.233-84 qui concerne les règles techniques applicables lors de la conception et de la construction des machines. Deux clauses concernent l'émission du bruit des machines :

- Concevoir et fabriquer des machines moins bruyantes.
- Fournir des informations dans une notice d'instructions et dans la notice commerciale sur le bruit émis par la machine. **[4]**

REGLEMENTATION ALGERIENNE POUR LA LUTTE CONTRE LE BRUIT :

Les lois :

Loi n° 83-03 du 05 février .1983 relative à la protection de l'environnement.

Dans son chapitre 5 relatif à la protection contre les nuisances du bruit, l'article 119 rend responsable toute personne physique ou morale lorsqu'il y a émission de bruit susceptible de causer une gêne à autrui en les obligeant dans son article 120 à mettre en œuvre toutes les dispositions utiles pour les supprimer. L'article 121 stipule que des décrets prendront en charge les prescriptions visées aux articles 119 et 120.

Loi n° 01-20 du 12 décembre 2001, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.

Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 portant sur la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, formule dans son titre 4- chapitre II des prescriptions de protection contre les nuisances sonores dans les articles 72 et 75.

Les arrêtés :

Arrêté du 25 février 1964, relatif à la lutte contre le bruit excessif, vise à sensibiliser les personnes à la lutte contre le bruit sur les lieux publics (voie publique) et sur les lieux de travail, d'interdire toute utilisation et emploi de dispositifs émettant du bruit, qui sont susceptibles de troubler le repos et la tranquillité des habitants, ainsi que l'interdiction des bruits produits à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitation qui peuvent empêcher et gêner la tranquillité du voisinage.

Arrêté du 13 avril 1972, relatif à la mesure du bruit produit par les véhicules automobiles et aux conditions imposées aux dispositifs dits silencieux, fixe les mesures et les dispositifs à respecter pour le bruit causés par les véhicules automobiles et les moyens de transport, qui sont considérés comme la première source de bruit dans l'environnement.

Arrêté du 17 octobre 2004, portant approbation du cahier des charges fixant les normes de surface et de confort applicables aux logements destinés à la location-vente. La

réglementation phonique exige que le niveau sonore ne doit pas dépasser 38 dB(A) pour les pièces habitables et 45 dB(A) pour les pièces de service pour des niveaux de bruit d'émission ne dépassant pas : o 86 dB(A) pour les locaux d'habitation ; o 76 dB(A) pour les circulations communes ; o 91 dB(A) pour les locaux à usage autres que ceux cités précédemment. Pour les bruits d'environnement extérieurs aux bâtiments à usage d'habitation et conformément au décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 on prendra 76 dB(A) pour la période diurne et 51 dB(A) pour la période nocturne. **[4]**

Arrêté du 12 janvier 2006 modifiant l'arrêté du 13 avril 1972, relatif au bruit des véhicules automobiles.

Code de travail :

Règles générales en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail :

Art. 5 - Les établissements, les locaux affectés au travail, leurs dépendances et leurs annexes visés à l'article 4 ci-dessus, doivent être conçus, aménagés et entretenus de manière à garantir la sécurité des travailleurs.

Ils doivent, notamment, répondre aux nécessités suivantes :

- garantir la protection contre les fumées, vapeurs dangereuses, gaz toxiques et bruits, et toute autre nuisance ; **ANNEXE Les travaux comportant l'exposition aux risques physiques suivants** :
- travaux exposant à un niveau de bruit supérieur à 85 décibels. **[4]**

Les normes : acoustique industrielle

INDICE	TITRES	SOURCES
NA 13158	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Méthode subjective de mesurage de l'affaiblissement acoustique	**ISO/TR 4869-1:1990**
NA 13159	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit	**ISO/TR 4869-2:1994**
NA 13160	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Méthode simplifiée de mesurage de l'affaiblissement acoustique des protecteurs du type serre-tête destinée au contrôle de qualité	**ISO/TR 4869-3:1989**
NA 13161	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Mesurage des niveaux effectifs de pression acoustique des serre-têtes destinés à la restitution du son	**ISO/TR 4869-4:1998**
NA 9110	Machines électriques tournantes - Limites du bruit	**CEI 34-9:1990**

Références bibliographiques

[1] : « Bruit, Son, Musique… Quelles conséquences sur notre audition ? », *Alterre Bourgogne, ARS Bourgogne, GIP FTLV De Bourgogne, IREPS Bourgogne*, 2013-09, 17 p.

[2] : BRUITS EN LOCAUX DE TRAVAIL Frédéric LACROIX – Benoît VINCENS 2004 – 2005

[3] : Plan National de la Prévention des Accidents de Travail et des Maladies Professionnelles Guide de Prévention N°4

[4] Rapport d'étude acoustique n° 17-17-60-1022-01-E-SGA http://www.haute-marne.gouv.fr/content/download/13629/92702/file/Annexe%2051%20%C3%89tude%20d'impact%20acoustique%20E.pdf

[5] le bruit en milieu du travail estéve amandine , ferré simon, hube marie-caroline 2006/2007 http://www.master-prnt.com/qse_dd/pdf/2007/rapport_bruit.pdf

[6] *Bruit et santé*, CIDB, 2013, 24 p. www.bruit.fr.

[7] CAMPO Pierre, « Les ototoxiques exacerbent les surdités induites par le bruit », *Environnement risques & santé*, vol. 14 n° 2, 2015-03, pp. 125-134 www.jle.com

[8] CAMBON Gérard, GAMBA René, MEISSER Mathias, « Analyse bibliographique des travaux français et européens. Le coût social des pollutions sonores », *CNB, ADEME*, n° 2966, 2016-05, 59 p. www.bruit.fr

[9] Acoustique des locaux industriels Informations pour projeteurs, architectes et ingénieurs Auteur: Walter Lips, secteur physique

[10] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) Lignes directrices concernant le bruit dans l'environnement pour la Région Europe. OMS. 2018

[11] Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET). Effets biologiques et sanitaires du bruit. Comment lutter contre le bruit ? MaisonsAlfort 2004.

[12] les effets sanitaire de bruit :https://www.bruit.fr/images/stories/pdf/CNB_Effets_Sanitaires_Bruit-Septembre-2017.pdf

[13] Le bruit risques et protections : https://www.preventionbtp.fr/content/download/1567269/17928177/file/N6558_Bruit_brochure_BAT_web_all.pdf

Abréviations et concepts

Acoustique : Science et technologie des sons.

Amplitude : Paramètre fondamental du son, l'amplitude est la valeur de l'élongation maximale, positive ou négative, d'une onde sonore par rapport à sa position moyenne. L'amplitude du son s'exprime en décibels.

Bruit : Généralement défini comme du son non désiré.

Crête : Valeur maximale de l'amplitude de l'onde d'un signal audio.

Décibel : Unité de mesure de l'amplitude du son (mesure objective) et de l'intensité sonore (mesure subjective). Le décibel correspond à la dixième partie d'un bel et son symbole est le dB.

Durée : Temps que perdure un son. La durée s'exprime en secondes et son symbole est sec.

EN : Norme européenne.

Fréquence : Paramètre fondamental du son, la fréquence indique le nombre de fois qu'une onde acoustique effectue un cycle complet dans une seconde. Une augmentation ou une diminution de la fréquence du son correspond, dans la vie de tous les jours, à la sensation de hauteur. Elle s'exprime en Hertz et son symbole est Hz.

Hertz : Unité de mesure de la fréquence d'un signal audio et de la hauteur d'un son. Le nombre de Hertz se calcule par seconde et son symbole est Hz.

Intensité : Sensation auditive associée à l'amplitude du son. L'augmentation de l'amplitude du son provoque une augmentation de l'intensité sonore perçue. Toutefois, les mesures quantitatives de l'ampli- tude du son et de la sensation auditive ne sont pas équivalentes.

Période : Temps que met une onde à parcourir un cycle complet.

Réverbération : Effet sonore qui laisse entendre la résonance d'un son après l'arrêt de son émission. L'effet de réverbération est nettement audible dans les gymnases ou les églises, par exemple.

Son : Variations de la pression dans un médium élastique, tel que l'air, qui sont capables de stimuler la sensation auditive.

Sonomètre : Appareil servant à mesurer l'amplitude du son. Décibelmètre est son synonyme.

PICB : protection individuelle contre le bruit

EPI : Equipement de protection individuelle