

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA



جامعة باجبي مختار - عنابة

Année : 2017

Faculté : Sciences de L'Ingéniorat

Département : Électromécanique

## MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de: MASTER

# *STRATEGIE DES MOYENS DE PREVENTION CONTRE LES NUISANCES PHYSIQUES ASSOCIES INDUSTRIELLES*

**Domaine:** Sciences et Technologie

**Filière:** Electromécanique

**Spécialité:** Sécurité Industrielle

**Par :** Mr. KHEZZANE Adel Ibrahim

DEVANT LE JURY

Président :	Mr HEROUS L	U.B.M. Annaba
Directeur de mémoire :	Mr LAKEHAL A	U.B.M. Annaba
Examineur :	Mr ABDERREZAK H	U.B.M. Annaba
Examineur :	Mme DJEMAI M	U.B.M. Annaba

## REMERCIEMENT

je voudrai d'abord remercier:

Le grand remerciement revient à dieu .qui nous a donne la force et le courage de pouvoir fermier ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur **Mr LAKEHAL Ali** pour son soutien et son aide à l'élaboration de cette étude. Ainsi que Mr. **HADJADJ A.I.** et **Mr BERKANI M** et **Mr SAAD S** pour leurs conseils et surtout leur compréhension.

Toute le personnel département électromécanique, pour son aide.

Sans oublier tous ceux qui nous ont aidés et encouragés de prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

# **SOMMAIRE**

**Listes des Tableaux**

**Listes des Figures**

**Objectifs de la recherche**

**RESUM**

**INTRODUCTION GENERALE**

## **CHAPITRE I : Les Nuisances Physiques**

<b>I.1.INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2.LES NUISANCES PHYSIQUES .....</b>	<b>1</b>
<b>I.3. TYPE DES NUISANCES PHYSIQUES .....</b>	<b>1</b>
<b>3.1. Nuisance thermique - la chaleur et le froid.....</b>	<b>1</b>
<b>3.2 l'équilibre thermique humain .....</b>	<b>2</b>
<b>3.3 les risques liés au travail exposé au froid ou à la chaleur.....</b>	<b>2</b>
<b>3.4 température au thermomètre-globe mouillé.....</b>	<b>3</b>
<b>3.5 les limites d'exposition.....</b>	<b>3</b>
<b>3.6 Réglementations .....</b>	<b>6</b>
<b>3.7 les normes .....</b>	<b>8</b>
<b>4. LES RAYONNEMENTS IONISANTS.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 définition .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 sources de rayonnement .....</b>	<b>10</b>
<b>4.3 les conséquences des rayonnements ionisants au niveau de l'organisme ...</b>	<b>11</b>
<b>4.4 réglementation .....</b>	<b>12</b>
4.4.1 textes européens .....	12
4.4.2 réglementation française .....	12
4.4.3 réglementation algérienne .....	14
<b>4.5 les normes .....</b>	<b>19</b>
3.5.1 normes iso .....	19
3.5.2 normes algériennes.....	19
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>19</b>

## **CHAPITRE II : Bruit et vibration**

<b>II.1 INTRODUCTION</b> .....	20
<b>II.2 LE BRUIT</b> .....	20
<b>2.2 caractéristiques et grandeur de bruit</b> .....	20
<b>2.3. Les instruments de mesure</b> .....	22
<b>2.4 les différents types de bruit</b> .....	23
<b>2.5 propagation et transmission des ondes sonores</b> .....	23
<b>2.6. Sources de bruits dans les installations industrielles</b> .....	26
<b>2.7. Du bruit émis au bruit reçu</b> .....	26
<b>2.8. Génération du bruit</b> .....	27
<b>2.9. L'audition</b> .....	28
<b>2.10. Le niveau de bruit</b> .....	29
<b>2.11. Le niveau d'intensité sonore</b> .....	30
<b>2.12. Effet du bruit sur la sante</b> .....	31
<b>2.13. Les effets sur l'organisme</b> .....	33
<b>2.14 REGLEMENTATION ALGERIENNE POUR LA LUTTE CONTRE LE</b>	
<b>BRUIT</b> .....	34
<b>5.1. Les lois :</b> .....	34
<b>5.2. Les arrêtés</b> .....	34
<b>5.3. Les décrets exécutifs</b> .....	35
<b>5.4. Code de travail</b> .....	37
<b>2.15. LES NORMES - BRUIT</b> .....	38
<b>3. LES VIBRATIONS</b> .....	39
<b>3.1 définitions</b> .....	39
<b>3.2 : les caractéristiques des vibrations</b> .....	40
<b>3.3 classifications des mouvements vibratoires</b> .....	40
<b>3.4 : type et source de vibration industrie</b> .....	41
<b>3.5. La mesure des vibrations</b> .....	41
<b>3.6 : effet des vibrations sur l'homme</b> .....	42
<b>3.7. Règlementation</b> .....	45
<b>3.8 les normes</b> .....	47
<b>4.CONCLUSION</b> .....	49

## **CHAPITRE III : Norme et Réglementation**

<b>III.1 INTRODUCTION</b> .....	49
<b>III.2 DEFINITION DE LA REGLEMENTATION</b> .....	49
<b>III.3. DEFINITION DE LA NORME</b> .....	49
<b>3.1. TYPES DE NORMES</b> .....	50
<b>III.4. L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION(ISO)</b> .....	51
<b>4.1. Membres de l'ISO</b> .....	51
<b>III.5. L'IANOR (Institut Algérien De Normalisation)</b> .....	58
<b>III.6. CONCLUSION</b> .....	59

## **CHAPITRE IV : Parte Expérimentale**

<b>IV.1.INTRODUCTION</b> .....	60
<b>IV.2.METHODE DE CORRÉLATION</b> .....	60
<b>2.1. Représentation graphique</b> .....	60
<b>2.2. Covariance</b> .....	61
<b>2.3. Estimation de la covariance</b> .....	61
<b>2.4. Coefficient de corrélation linéaire</b> .....	61
<b>2.5. Interprétation du coefficient de corrélation linéaire</b> .....	62
<b>2.6. Test de coefficient de corrélation</b> .....	63
<b>IV.3.L'APPAREIL QUI MESURE LAPRESSION ACOUSTIQUE</b> .....	65
<b>3.1.Présentation de sonomètre</b> .....	65
<b>3.2. Principe de fonctionnement</b> .....	65
<b>IV.4.L'APPAREIL QUI MESURE LA VIBRATION</b> .....	66
<b>4.1.Mesures et traitements du signal entraîné par la vibration</b> .....	66
<b>4.2.Chaîne de mesure</b> .....	66
<b>4.3.Transformation de la vibration mécanique en un signal électrique</b> .....	67
<b>4.4.Description de l'appareil PT 500.04</b> .....	67
<b>IV.5. MONTAGE EXPERIMENTALE</b> .....	70
<b>5.1. Etape d'Observation</b> .....	70
<b>5.2. Etape Mesure Acoustique</b> .....	70
<b>5.3. Etape Mesure vibration</b> .....	71
<b>5.4. Etape l'application de la méthode statistique « corrélation »</b> .....	72
5.4.1. Représentation graphique des couples de résultats .....	72
5.4.2. Interprétation visuelle d'un nuage de points .....	73

5.4.3. Mesure de la liaison entre deux variables quantitatives bruit et vibration .....	73
5.4.4. Recherche de la droite des moindres carres .....	73
5.4.5. Calcule de la Coefficient Corrélation.....	73
5.4.6. Teste	
<b>IV.6.CONCLUSION</b> .....	<b>76</b>
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>ANNEXE</b>	

## Listes des figures

Figure 2.1 : Propagation d'une onde sonore	24
Figure 2.2 : Schéma - L'oreille	28
Figure 2.3 : Les intensités sonores et les niveaux d'intensité sonores de différente source	31
Figure 2.4 : échelle montre en fonction du niveau sonore la durée maximale d'exposition	32
Figure 2.5 : exemple de vibration	39
Figure. 2.6 l'ensemble du corps entier	43
Chapitre III	
Figure 3.1 : catégories de membres ISO	48
Chapitre III	
Figure : 4.1 Le sonomètre utilisé.	64
Figure 4.2 : Chaîne de mesure	65
Figure 4.3 : différent composant de la chaîne de mesure	66
Figure 4.4 : Structure du système de mesure	67
Figure 4.5 : Capteur avec adaptateur	68
Figure 4.6 : Amplificateur de mesure[35]	68
Figure 4.7 : Synoptique des signaux enregistrés au niv .du labo	70
Figure 4.8 : Représentation graphique des couples de résultats	72
Figure 4.9 : Représentation graphique des résultats	73
Figure 4.10 : Représentation graphique des résultats de Matlab	76

## LISTES DES TABLEAUX

Chapitre I	
Tableau 1.1 : Critères d'exposition au stress thermique	4
Tableau 1.2 : Indice humidex et confort thermique	5
Tableau 1.3 : Valeur Limite d'exposition	6
Tableau 1.4 : Limites françaises	13
Chapitre II	
Tableau 2.1 : Indications sur le choix d'un instrument de mesure Le Sonomètre	22
Tableau 2.2 : vitesse de propagation dépend la nature du milieu	25
Tableau 2.3 : La vitesse de propagation dépend de la température ambiante	25
Tableau 2.4 : Les effets du bruit sur la santé	31
Tableau 2.5 : Stades de la surdité	33
Tableau 2.6 Exemples d'exposition professionnelle aux vibrations	41
Tableau 2.7 : Valeur seuils d'exposition aux vibrations	46
Chapitre III	
Tableau 3.1 : Les membres d'ISO	52
Chapitre IV	
Tableau 4.1 : Constante de temps ou pondération temporelle	65
Tableau 4.2 : Pressions acoustiques pour le convoyeur à bande	69
Tableau 4.3 : vibration émis par le convoyeur à bande	70
Tableau 4.4 : résultats de mesure réalisée au laboratoire c15	71

## **ABSTRACT**

In this work we have explored the area of pollution in general and that of noise and vibration in particular.

The study of standardization and their respect by managers and workers was the main tool for raising awareness

The establishment of the correlation between the said nuisances was carried out theoretically and experimentally.

The improvement of the survey questionnaire was proposed.

## ملخص

في هذا العمل قمنا باستكشاف مجال إزعاج البدني بشكل عام و الضوضاء و الاهتزاز على وجه الخصوص. وكانت دراسة التقييس واحترامها من جانب المديرين والعمال الأداة الرئيسية لزيادة الوعي. تم إنشاء العلاقة بين المضايقات المذكورة نظريا وتجريبيا. واقترح تحسين استبيان الاستقصاء.

## **RESUME**

Dans ce travail, on a exploré le domaine de nuisance en général et celles du bruit et de vibration en particulier.

L'étude des standardisations et leur respect par les responsables, les travailleurs doit être l'outil principal de sensibilisation ;

L'établissement de la corrélation entre les dites nuisances a été réalisé par les méthodes théorique et expérimentale.

L'amélioration d'un questionnaire d'enquête a été proposée.

## **Objectifs de la recherche**

Le objectifs de recherche est de contribuer à la sensibilisation des responsables du secteur industriel et d'établir théoriquement et expérimentalement la forte corrélation entre les nuisances Bruit- Vibration qui aura des retombées diverses sur les différents partenaires sociaux économiques.

## **INTRODUCTION GENERALE**

Le rappel des notions clés du domaine de sécurité est essentiel dans tout projet traitant des nuisances dont souffre le travailleur. L'identification de ces nuisances est primordiale pour toutes recherches de solutions aux problèmes de sécurité.

De la panoplie des nuisances, on va accentuer notre effort s'orienter principalement vers le bruit et la vibration et leurs étude sous différents angles.

Bien que la nuisance bruit est souvent omise dans les travaux relevant du domaine de sécurité, elle sera étudiée, dans ce mémoire sur ses trois plans organisationnel, réglementaire et normatif.

Le double problème émanant de la combinaison de la vibration et du bruit, et son traitement expérimentale sera une partie importante du présent projet. Une corrélation recherchée entre ces deux nuisances sera établie à partir des données expérimentales.

## **I.1. INTRODUCTION**

Vu notre formation en sécurité industrielle il est impératif de débiter chaque projet de prévention et de protection par leur mise en évidence ainsi que les théories recommandables des différents nuisances que connaît le travailleur dans les différents sites industriels. Ce rappel est indispensable pour l'identification des principales nuisances afin de les identifier selon les différents aspects du projet.

Dans ce chapitre nous traiterons les différentes nuisances d'une manière générale.

## **I.2. les nuisances physiques**

La nuisance caractérise généralement un fait (une source) perceptible, provoquant une souffrance vécue et subie. Le bruit et la vibration sont les premières sources de plaintes dans des nombreux pays. D'autres nuisances communes sont l'exposition à la poussière, à des fumées, à l'éclairage nocturne indésirable ou intrusif [1].

La nuisance désigne tout facteur de la vie urbaine ou industrielle qui constitue une gêne, un préjudice, un danger pour la santé, pour l'environnement.

Autrement, une nuisance c'est tout élément préjudiciable à la santé de l'homme et à l'environnement.

Est désigné nuisance, toute modification de l'environnement qui sans produire de perturbation ayant des conséquences écologiques ou réellement pathologiques.

Trois types de nuisances affectent les principaux sens : sonore, olfactive et visuelle (esthétique). Le bruit incontrôlé à l'intérieur et/ou extérieur des habitations cause des lésions physiologiques correspondant à une nuisance. Les dégagements de mauvaises odeurs correspondent à une nuisance olfactive [2].

## **I.3. TYPE DES NUISANCES PHYSIQUES**

### **3.1. Nuisance thermique (la chaleur et le froid)**

Durant toute son existence, l'être humain vit dans une gamme très étroite et fortement protégée de températures centrales. Les limites maximales de tolérance pour les cellules vivantes vont approximativement de 0 °C (formation des cristaux de glace) à 45 °C (coagulation thermique des protéines intracellulaires); toutefois, il peut tolérer des températures centrales inférieures à 35 °C ou supérieures à 41 °C, mais seulement durant de très courtes périodes. Afin de maintenir la température interne dans ces limites, il a développé des réponses physiologiques très efficaces et, dans certains cas, spécialisées, à la contrainte thermique aiguë. Ces réponses conçues pour permettre la conservation, la production ou l'élimination de la chaleur du corps impliquent la coordination de plusieurs systèmes de l'organisme.

### 3.2. L'équilibre thermique humain

La source de loin la plus importante de chaleur fournie au corps provient de la production métabolique de chaleur (M). Même au pic de l'efficacité mécanique, 75 à 80% de l'énergie intervenant dans l'effort musculaire sont libérés sous forme de chaleur. Au repos, un taux métabolique de 300 ml d'O<sub>2</sub> par minute crée une charge thermique d'approximativement 100 W. Durant l'effort à l'état d'équilibre, à une consommation d'oxygène de 1 litre/min, ce sont environ 350 W de chaleur qui est produits moins toute l'énergie liée au travail externe (W). Même à cette intensité faible à modérée de l'effort, la température centrale du corps s'élèverait d'approximativement 1 °C toutes les 15 minutes s'il n'était un moyen efficace de dissipation thermique. En réalité, les sujets en parfaite condition physique peuvent produire plus de 1 200 W de chaleur pendant 1 à 3 heures sans en subir d'effets néfastes.

La chaleur peut aussi être fournie par l'environnement soit par rayonnement (**R**), soit par convection (C) lorsque la température à la surface du globe (mesure de la chaleur radiante) et celle de l'air (thermomètre sec) sont l'une ou l'autre supérieures à la température de la peau. Normalement, ces voies d'apport thermique sont faibles par rapport à M et deviennent en fait des voies de déperdition de chaleur lorsque le gradient de température peau-air est inversé. L'ultime voie de déperdition thermique l'évaporation (E) est, elle aussi, la plus importante normalement étant donné que la chaleur latente de la vaporisation de la sueur est élevée la sueur s'évaporant à raison d'environ 680 Wh/litre [3].

### 3.3. Les risques liés au travail exposé au froid ou à la chaleur

En un mot comme en cent, les températures très hautes ou très basses peuvent être dangereuses pour la santé. L'exposition à une température excessivement haute s'appelle « stress dû à la chaleur » (ou stress thermique) et l'exposition à une température excessivement basse « stress dû au froid ».

Dans un milieu ambiant où la température est très élevée, la menace la plus sérieuse est celle du coup de chaleur qui peut être fatal s'il ne fait pas immédiatement l'objet de soins médicaux. L'épuisement par la chaleur et l'évanouissement (syncope) représentent un danger moindre, mais peuvent réduire la capacité qu'à un individu de travailler.

Dans un milieu ambiant où la température est très basse, la menace la plus sérieuse est le risque d'hypothermie, qui est l'abaissement au-dessous de la normale de la température du corps. Autre effet sérieux de l'exposition excessive au froid : la gelure, une lésion très grave de la peau des extrémités (doigts, orteils, nez et lobe des oreilles). L'hypothermie pourra être fatale si elle n'est pas traitée immédiatement [4].

### **3.4. Température au thermomètre-globe mouillé**

L'indice de Température au thermomètre globe mouillé, de son nom originel Wet Bulb Globe Température (WBGT), est un indice composite de température utilisé pour estimer les effets de la température, de l'humidité, et du rayonnement solaire sur l'homme. Il est le seul indice de température ressentie à tenir compte du rayonnement solaire, contrairement à l'Indice de chaleur (Heat Index) utilisé par le National Weather Service ou à l'Indice humidex utilisé par le Service météorologique du Canada.

L'indice WBGT a été élaboré par le United States Marine Corps à Paris Island en 1956 pour réduire le risque de traumatismes liés au stress thermique chez les nouvelles recrues et a été révisé à plusieurs reprises. Il est utilisé en hygiène industrielle, mais aussi par les athlètes et les militaires pour déterminer les niveaux d'exposition à des températures élevées [5].

### **3.5. LES LIMITES D'EXPOSITION**

#### **3.5.1. Les limites d'exposition à la chaleur sur le lieu de travail**

Deux types de limite d'exposition au travail sont souvent utilisés : la limite de la dose professionnelle et la limite de confort thermique. Ces limites servent à protéger les travailleurs des usines contre les problèmes de santé entraînés par la chaleur. Les limites de confort thermique prévues pour les bureaux visent à assurer la productivité et la qualité du travail.

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) recommande des valeurs limites d'exposition (VLE) pour le travail à la chaleur. Ces limites sont fondées sur l'unité de température au thermomètre-globe mouillé exprimée en degrés Celsius (°C). La température au thermomètre-globe mouillé tient compte de facteurs environnementaux, notamment de la température de l'air, de l'humidité et des mouvements de l'air, qui font partie de ce qui constitue la chaleur pour les gens. Sur certains lieux de travail, la charge solaire (chaleur provenant des sources de rayonnement) est aussi prise en compte lorsque la température est prise au thermomètre-globe mouillé. Certaines autorités canadiennes ont adopté ces valeurs comme limites d'exposition au travail et d'autres s'en servent comme indication pour prévenir le stress dû à la chaleur sur les lieux de travail.

**Tableau 1.1 : Critères d'exposition au stress thermique**

Critères d'exposition au stress thermique de l'ACGIH (indice WBGT en °C) pour une semaine de travail de cinq jours à raison de huit heures par Jour avec des pauses conventionnelles								
Répartition du travail dans un cycle travail/repos	VLE				Limite d'activité			
	lège	modéré	lourd	Très lourd	lège	modéré	lourd	Très lourd
75 à 100 %	31,0	29,0	-	-	28,0	25,0	-	-
50 à 75 %	31,0	29,0	27,5	-	28,5	26,0	24,5	-
25 à 50 %	32,0	30,0	29,0	29,0	29,5	27,0	25,5	24,0
0 à 25 %	32,5	31,5	30,5	30,0	30,0	29,0	28,0	27,5

Ce tableau a été conçu pour servir d'outil de sélection en vue de déterminer s'il y a stress dû à la chaleur

On suppose une semaine de travail de cinq jours à raison de huit heures par jour avec des pauses conventionnelles.

Les valeurs limites d'exposition tiennent compte du fait que les travailleurs exposés à ces conditions s'hydratent adéquatement, ne prennent aucun médicament, portent des vêtements légers et sont généralement en bonne santé.

Bien des règlements sur la santé et la sécurité au travail du Canada précisent les limites de température tant hautes que basses pour le travail fait à l'intérieur d'immeubles normalement chauffés.

Le service d'information sur la météo d'Environnement Canada se sert de l'indice humidex pour informer le public sur le climat chaud. L'indice humidex calcule le degré d'inconfort qu'entraîne pour l'être humain la chaleur qu'il éprouve en tenant compte de l'effet de la température de l'air et de l'humidité relative. L'indice humidex grimpe pour une température donnée à mesure que l'humidité relative (teneur en eau) de l'air augmente. Le tableau suivant présente les taux d'humidité pour divers degrés d'effet thermique sur l'être humain.

Tableau 1.2 : Indice humidex et confort thermique

INDICE HUMIDEX ET CONFORT THERMIQUE	
Valeur de l'indice humidex (°C)	Degré de confort
20 à 29	Confortable
30 à 39	Inconfortable à divers degrés
40 à 45	Inconfortable
46 et plus	Les activités doivent être restreintes dans de nombreux domaines de travail

### 3.5.2. Les limites d'exposition au froid au travail

L'ACGIH a adopté les lignes directrices que le Saskatchewan Labour a élaborées pour le travail à l'extérieur par temps froid. Ces lignes directrices recommandent le port de vêtements protecteurs et limitent le temps d'exposition

Les temps d'exposition recommandés ont été établis à l'aide du facteur de refroidissement éolien, échelle qui tient compte de la température de l'air et de la vitesse du vent. Le temps d'exposition est un horaire qui s'applique à toute période de quatre heures de travail, que l'activité soit intense ou moyenne. Les périodes de réchauffement sont de 10 minutes dans un endroit chauffé et elles ont normalement lieu à toutes les deux heures. Une longue pause est prévue à la fin de la période de quatre heures (pause-déjeuner, etc.); il est recommandé de prendre cette pause dans un endroit chauffé [4].

**Tableau 1.3 : Valeur Limite d'exposition [4]**

Valeurs limites d'exposition / horaire de réchauffement pour une période de travail de quatre heures											
Température de l'air (temps ensoleillé)		Vent non perceptible		Vent de 8 km / h (5 mi. / h)		Vent de 16 km / h (10 mi. / h)		Vent de 24 km / h (15 mi. / h)		Vent de 32 km / h (20 mi. / h)	
°C (approx.)	°F (approx.)	Période max. de travail	Nombre de pauses **	Période max. de travail	Nombre de pauses	Période max. de travail	Nombre de pauses	Période max. de travail	Nombre de pauses	Période max. de travail	Nombre de pauses
-26° à -28°	-15° à -19°	(Pauses normales) 1		(Pauses normales) 1		75 min	2	55 min	3	40 min	4
-29° à -31°	-20° à -24°	(Pauses normales) 1		75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5
-32° à -34°	-25° à -29°	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5	Cessation du travail non urgent	
-35° à -37°	-30° à -34°	55 min	3	40 min	4	30 min	5	Cessation du travail non urgent			
-38° à -39°	-35° à -39°	40 min	4	30 min	5	Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent			
-40° à -42°	-40° à -44°	30 min	5	Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent			
-43° et moins	-45° et moins	Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent		Cessation du travail non urgent	

### I.3.6. RÉGLEMENTATIONS

#### 3.6.1. La Réglementation Française

Les caractéristiques thermiques des bâtiments et de leurs équipements sont fixées par le décret n°88-355 du 12 avril 1988 (Code de la Construction, art. R. 111-20 à R.111-22), par l'arrêté du 13 avril 1988 pour les bâtiments à usage de bureaux ou de commerce et les bâtiments à usage industriel et par l'arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RT 2000).

✚ Les locaux fermés affectés au travail doivent être chauffés pendant la saison froide. La circulaire DRT n°95-07 du 14 avril 1995 a apporté des précisions concernant les locaux fermés.

✚ Les caractéristiques requises en matière d'isolation thermique des bâtiments sont déterminées par le décret n°88-355 du 12 avril 1988 (CC, art. R. 111-20 à R. 111-22) et son arrêté d'application (arrêté du 13 avril 1988).

✚ Les articles R 235-2-9 et R 235-2-10 du code du travail imposent que les équipements et caractéristiques des locaux de travail et locaux annexes doivent permettre d'adapter la température à l'organisme humain pendant le temps de travail compte tenu des méthodes et contraintes physiques supportées par les travailleurs [6].

### **3.6.2. La Réglementation Algérienne**

**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE, ALGERIENNE N° 06 12**  
**Rabie Ethani 1435 12 février 2014**

#### ✚ **CHAPITRE 2 : DES PRESCRIPTIONS ARCHITECTURALES ET TECHNIQUES**

##### Section 1 De la conception des constructions

**Art. 11.** Les parois extérieures de toutes les constructions doivent être conçues et réalisées pour recevoir un ensoleillement minimal, réduire les déperditions thermiques, exploiter l'éclairage naturel et assurer le confort, notamment acoustique et l'aération.

##### Section 3 Du type d'ouverture

**Art. 25.** L'utilisation du double vitrage est recommandée tout en assurant de ses caractéristiques, notamment celles liées au coefficient de transmission thermique, le facteur solaire, les transmissions et réflexion lumineuses.

**Art. 26.** La menuiserie doit être exécutée avec des matériaux qui répondent aux exigences techniques (résistance, comportement, durabilité, étanchéité, performances thermiques et acoustiques).

##### Section 4 De l'enveloppe extérieure

#### **Art. 27**

- La réduction des ponts thermiques (ou déperditions linéiques)
- ;

- l'augmentation de la résistance thermique des parois, en plaçant des isolants à l'extérieur, pour supprimer les déperditions linéiques et protéger les parois des chocs thermiques ;



**CHAPITRE 3 : DISPOSITIONS TECHNIQUES DE CONSTRUCTION**

Section 1 : Des systèmes constructifs et de l'utilisation des matériaux locaux

**Art. 38.** Quels que soient les choix arrêtés, le système adopté et les matériaux utilisés doivent répondre parfaitement aux normes et règlements en vigueur en matière de sécurité, stabilité, résistance, durabilité et aux conditions de confort thermique et acoustique [7].

**I.3.7. Les Normes**

**3.7.1. Les normes Algériens [8]**

INDICE	TITRES	SOURCES
NA 2661	Ambiances thermiques - Appareils et méthodes de mesure des grandeurs physiques	ISO 7726 1985
NA 4828	Gants de protection contre les risques thermiques (chaleur et/ou feu)	EN 407:1994 - NF S 75-503
NA 9091	Évaluation et classification thermique de l'isolation électrique	CEI 85
NA 9949	Méthodes d'essai des fils de bobinage - Propriétés thermiques	CEI 851-61985
NA 9516	Détecteurs thermiques et auxiliaires de commande utilisés dans les dispositifs de protection thermique	CEI 34-11-2 1984
NA 9517	Règles générales concernant les protections thermiques utilisées dans les dispositifs de protection thermique	CEI 34-11-3 1984

**Liste Des Projets De Normes Adoptées Par Divisions (Année 2015) [8]**

INDICE	TITRES	SOURCES
NA17549	Ambiances chaudes -- Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)	ISO 7243:1989
NA17551	Ergonomie des ambiances thermiques -- Appareils de mesure des grandeurs physiques	ISO 7726:1998

## 3.7.2. Les normes ISO [9]

INDICE	TITRES
ISO 11399:1995	Ergonomie des ambiances thermiques -- Principes et application des Normes internationales pertinentes
ISO 13731:2001	Ergonomie des ambiances thermiques -- Vocabulaire et symboles
150 12894:2001	Ergonomie des ambiances thermiques -- Surveillance médicale des personnes exposées à la chaleur ou au froid extrêmes
ISO 13787:2003	Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles -- Détermination de la conductivité thermique
ISO 15743:2008	Ergonomie des ambiances thermiques -- Lieux de travail dans le froid -- Évaluation et management des risques
ISO 7730:2005	Ergonomie des ambiances thermiques -- Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et
ISO 230-3 :2007	Code d'essai des machines-outils -- Partie 3: Évaluation des effets thermiques
ISO 9920:2007	Ergonomie des ambiances thermiques -- Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire
ISO 10791-10:2007	Conditions d'essai des centres d'usinage -- Partie 10: Évaluation des déformations thermiques
ISO 6145-7:2009	Analyse des gaz -- Préparation des mélanges de gaz pour étalonnage à l'aide de méthodes volumétriques dynamiques -- Partie 7: Régulateurs thermiques de débit massique
ISO 20349:2010	Équipement de protection individuelle -- Chaussures de protection contre les risques thermiques et les projections de métal fondu comme
ISO 12211:2012	Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel -- Échangeurs thermiques à plaques en spirale
ISO 14188:2012	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques -- Méthodes d'essai pour mesurer la résistance au cyclage thermique et la
ISO/TS 16976-5	Dispositifs de protection respiratoire -- Facteurs humains -- Partie 5:

2013	Effets thermiques
ISO 7243:1989	Ambiances chaudes -- Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de
ISO 2790:2004	Transmissions par courroies – Courroies trapézoïdales pour la construction automobile et poulies correspondantes — Dimensions
ISO 12241:2008	Isolation thermique des équipements de bâtiments et des installations industrielles -- Méthodes de calcul
ISO 14924:2005	Projection thermique -- Traitement et finition des revêtements obtenus par projection thermique

## I.4. LES RAYONNEMENTS IONISANTS

### 4.1. Définition

Les rayonnements ionisants sont une forme d'énergie libérée par les atomes qui se propage par le biais d'ondes électromagnétiques (rayons gamma ou X) ou de particules (neutrons, particules bêta ou alpha). La désintégration spontanée des atomes est appelée radioactivité et l'énergie en excès est émise sous forme de rayonnements ionisants. Les éléments instables qui se désintègrent en émettant des rayonnements ionisants sont appelés radionucléides.

Tous les radionucléides sont identifiés de façon unique par le type de rayonnement qu'ils émettent, l'énergie de ce rayonnement et leur demi-vie.

L'activité qui mesure la quantité de radionucléide présente est exprimée dans une unité appelée le becquerel (Bq) : un becquerel correspond à une désintégration par seconde. La demi-vie est le temps nécessaire pour que l'activité d'un radionucléide diminue de moitié par rapport à sa valeur initiale. C'est aussi le temps requis pour que la moitié des atomes qu'il contient se désintègrent. La demi-vie peut varier d'une simple fraction de seconde à des millions d'années (l'iode 131 par exemple a une demi-vie de 8 jours, tandis que le carbone 14 a une demi-vie de 5730 ans).

### 4.2 .Sources de rayonnement

Les êtres humains sont exposés quotidiennement à des rayonnements ionisants d'origine naturelle. Ceux-ci proviennent de nombreuses sources parmi lesquelles plus de 60 radioéléments naturellement présents dans le sol, l'air et l'eau. Le radon, un gaz d'origine naturelle, s'échappe des roches et du sol et constitue la principale source de rayonnements naturelle. Chaque jour, les êtres humains inhalent et ingèrent des radionucléides provenant de l'air, des aliments et de l'eau.

Les êtres humains sont également exposés aux rayonnements naturels d'origine cosmique, en particulier à haute altitude. En moyenne, 80% de la dose annuelle de rayonnement de fond que reçoit une personne provient de sources de rayonnements terrestres et cosmiques. Les niveaux de rayonnements de fond varient en fonction de facteurs géologiques. Dans certaines zones, l'exposition peut être 200 fois plus intense que la valeur moyenne.

L'exposition humaine aux rayonnements provient aussi de sources artificielles allant des installations produisant de l'énergie nucléaire aux usages médicaux des rayonnements pour le diagnostic ou le traitement. Aujourd'hui, les sources artificielles les plus courantes de rayonnements ionisants sont les appareils de radiographie X et autres dispositifs médicaux [10].

### **4. 3. Les conséquences des rayonnements ionisants au niveau de l'organisme**

L'énergie générée par les rayonnements ionisants peut entraîner des modifications de la matière vivante, au niveau cellulaire où ces rayonnements induisent des lésions.

Deux approches sont utilisées pour étudier leurs différents effets biologiques : l'épidémiologie et l'expérimentation sur des cellules d'organismes vivants. Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction de la dose reçue et de différents facteurs : la source (activité ou intensité de fonctionnement, nature, énergie...), le mode d'exposition (temps, débit...) et la cible (tissus ou organes touchés, âge de l'individu...).

Il existe deux types d'effets biologiques :

- les effets immédiats (ou déterministes) : une forte irradiation par des rayonnements ionisants provoque des effets immédiats sur les organismes vivants comme, par exemple, des brûlures plus ou moins importantes. En fonction de la dose et selon l'organe touché, le délai d'apparition des symptômes varie de quelques heures (nausées, radiodermite) à plusieurs mois. Des effets secondaires peuvent même être observés des années après une irradiation (fibroses, cataracte) ;
- les effets à long terme (effets aléatoires ou stochastiques) : les expositions à des doses plus ou moins élevées de rayonnements ionisants peuvent avoir des effets à long terme sous la forme de cancers et de leucémies. La probabilité d'apparition de l'effet augmente avec la dose. Le délai d'apparition après l'exposition est de plusieurs années. Une pathologie radio-induite n'a pas de signature particulière : il n'existe pas de marqueur biologique permettant de différencier, par exemple, un cancer pulmonaire dû au tabac, d'un cancer pulmonaire radio-induit [11].

## **4.4. Réglementation**

### **4.4.1. Textes européens**

Plusieurs directives existent au niveau de l'Union européenne en matière de radioprotection :

- Directive 90/641/EURATOM du 4 décembre 1990, concernant la protection opérationnelle des travailleurs extérieurs exposés à un risque de rayonnements ionisants au cours de leur intervention en zone contrôlée ;
- Directive 96/29/EURATOM du 13 mai 1996, fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants
- Directive 97/43/EURATOM du 30 juin 1997, relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales (remplaçant la directive 84/466/EURATOM).
- Directive 2003/122/EURATOM du 22 décembre 2003 relative au contrôle des sources radioactives scellées de haute activité et des sources orphelines.

La Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM) a été instituée par un traité communautaire signé en 1957. Ce traité constitue le fondement sur lequel sont adoptées ces directives « Euratom ».

### **4.4.2. Règlements français**

Les textes fondamentaux portant sur la radioprotection, que les décideurs doivent prendre en compte sont :

- Le Code de la santé publique,
- Le Code du travail.

Ces textes résultent de la transposition des directives EURATOM 90/641, 96/29 et 97/43 et 2003/122.

Il existe 4 volets dans la réglementation française pour la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants :

- Protection des travailleurs (y compris les travailleurs non-salariés) ;
- Protection du public et de l'environnement ;
- Protection des patients ;

- Protection des personnels des unités d'intervention d'urgence.

**Travailleur exposé : valeurs limites d'exposition**

La notion de « travailleur exposé », à la base du dispositif réglementaire concernant les travailleurs, est définie par le Code du travail (article R. 4421-1 dans le respect des principes énoncés par l'article L. 1333-1 du Code de la santé publique) : « tout travailleur, salarié ou non, soumis dans le cadre de son activité professionnelle à une exposition aux rayonnements ionisants susceptible d'entraîner des doses supérieures à l'un quelconque des niveaux de doses égaux aux limites de dose fixées pour les personnes du public ».

L'exposition « environnementale » de la population générale, du fait des activités humaines impliquant la radioactivité, ne doit pas dépasser la dose efficace de 1 milli Sievert par an (mSv/an), ou des doses équivalentes de 15 mSv/an au cristallin et de 50 mSv/an en valeur moyenne pour tout cm<sup>2</sup> de peau exposé (doses fixées pour les personnes du public aux termes de l'article R. 1333-8 du Code de la santé publique).

En application du principe de limitation des doses, des valeurs limites réglementaires sont établies pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants (articles R. 4451-12 et R. 4151-13 du Code du travail). Dans toutes les circonstances (hormis les situations d'urgence et les expositions durables), ces valeurs « absolues » sont des limites à ne pas dépasser : leur respect impératif est apprécié au vu des doses effectivement reçues par chaque travailleur.

**Tableau 1.4 : Limites françaises [12]**

<b>Limite française e milli sievert/an (msv sur 12mois consécutifs)</b>				
	<b>Corps entier (dos efficace)</b>	<b>Mais avant bras pieds cheville (dos équivalente)</b>	<b>Peau (dos équivalent sur ou cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Cristallin (dos équivalente)</b>
<b>Travailleurs</b>	20 mSv	500 mSv	500 mSv	150 mSv
<b>Jeunestravailleurs (entre 16 et 18 ans sous réserve d'y êtres autorisés pour les besoins de leur formation)</b>	6 mSv	150 mSv	150 mSv	45 mSv
<b>Femmes enceintes</b>	inferieure a 1 mSv (dose équivalente au fœtus de la déclaration de la grossesse a l'accouchement)			
<b>Femme allaitant</b>	Interdiction de les maintenir ou les affecter à un poste entraînant un risque d'exposition interne			

### 4.4.3. Règlementation Algérienne

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 27 4 Rabie  
El Aouel 1426 13 avril 2005

➤ Décret présidentiel n° 05-117 du 2 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les rayonnements ionisants.

➤ Vu le décret n° 86-132 du 27 mai 1986 fixant les règles de protection des travailleurs contre les risques de rayonnements ionisants ainsi que celles relatives au contrôle de la détention et de l'utilisation des substances radioactives et des appareils émettant des rayonnements ionisants

#### CHAPITRE I CHAMP D'APPLICATION

**Art. 1.** Le présent décret a pour objet de fixer :

les règles générales de protection contre les risques des rayonnements ionisants, en particulier lors des opérations d'importation, de transit, de fabrication, de transformation, d'utilisation, de manipulation, de transport, d'entreposage, de stockage, d'évacuation et d'élimination des substances radioactives et de toute autre pratique qui implique un risque résultant des :

- expositions professionnelles ;
- expositions potentielles ;
- expositions médicales ;
- expositions du public ;
- situations d'exposition d'urgence ;

Les règles d'autorisation de la détention et de l'utilisation des substances naturelles ou artificielles et des appareils émettant des rayonnements ionisants destinés à des fins industrielles, agricoles, médicales et scientifiques.

**Art. 2.** Les conditions et les modalités particulières relatives à la détention et à l'utilisation de sources de rayonnements ionisants à des fins médicales ainsi qu'à des fins industrielles notamment la radiographie industrielle sont déterminées par arrêté ministériel ou conjoint, selon le cas, par les ministres chargés de la santé, du travail et de la sécurité sociale, de l'énergie et des mines et de l'industrie.

**Art. 3.** La détention et l'utilisation des sources de rayonnements ionisants sont soumises au régime de l'autorisation à l'exception de celles qui satisfont aux conditions d'exemption prévues ci-après et qui ne nécessitent qu'une déclaration au commissariat à l'énergie atomique.

Sont exemptés :

Les sources radioactives dont l'activité est inférieure aux limites d'exemption fixées en annexe I du présent décret,

les appareils émettant des rayonnements ionisants et contenant des substances radioactives en quantité supérieure aux dites limites d'exemption, à condition qu'elles soient d'un type agréé, ou qu'elles soient sous forme de sources scellées assurant une protection efficace contre tout contact avec les substances radioactives et contre toute fuite de celles-ci et ne présenter en aucun point situé à 0,1 mètre de la surface de l'appareil et dans les conditions de fonctionnement normal, un débit d'équivalent de dose supérieur à 1  $\mu$ Sv (un micro sievert) par heure,

Les générateurs de rayonnements ionisants d'un type agréé, et à condition :

- qu'ils ne présentent en aucun point situé à 0,1 mètre de la surface de l'appareil, et dans les conditions de fonctionnement normal, un débit d'équivalent de dose supérieur à 1  $\mu$ Sv (un micro sievert) par heure ;
- que l'énergie maximale du rayonnement produit ne soit pas supérieure à 5 keV

les pratiques et la source associée à une pratique vérifiant dans toutes les situations possibles que la dose efficace que devrait recevoir en un an toute personne du public du fait de cette pratique ou de cette source est de l'ordre de 10  $\mu$ Sv (dix micro sievert) au moins.

## CHAPITRE II CONDITIONS DE DETENTION ET D'UTILISATION DES SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS

**Art. 6.** Toute personne physique ou morale détenant ou devant utiliser une source de rayonnements ionisants dont l'activité est supérieure aux limites d'exemption prévues à l'article 3 ci-dessus, doit solliciter une autorisation auprès du commissariat à l'énergie atomique.

**Art. 15.** L'utilisateur prend toutes les mesures nécessaires pour informer et instruire les travailleurs manipulant des sources de rayonnements ionisants sur :

- les risques d'exposition ou de contamination ;

- les précautions à prendre pour éviter ces risques ;
- les méthodes de travail offrant les meilleures garanties de sécurité ;
- l'obligation de se conformer aux consignes de sécurité et aux prescriptions médicales.

### CHAPITRE III EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES

**Art. 17.** Est interdit l'emploi à des travaux sous rayonnements ionisants de personnes âgées de moins de dix-huit (18) ans, à l'exclusion des travaux à des fins de formation pratique ou d'apprentissage, pouvant être entrepris à partir de l'âge de seize (16) ans.

#### Section 1 (Limites de dose)

**Art. 18.** L'exposition professionnelle de tout travailleur doit être maîtrisée de sorte que les limites ci-après ne soient pas dépassées :

- a) dose efficace de 20 mSv (vingt milli sievert) par an en moyenne sur cinq années consécutives ;
- b) dose efficace de 50 mSv (cinquante milli sievert) en une seule année ;
- c) dose équivalente au cristallin de 150 mSv (cent cinquante milli sievert) en un an ;
- d) dose équivalente aux extrémités (mains et pieds) ou à la peau de 500 mSv (cinq cent milli sievert) en un an.

Pour les apprentis âgés de 16 à 18 ans qui suivent une formation à un emploi comportant une exposition aux rayonnements ionisants et pour les étudiants âgés de 16 à 18 ans qui doivent utiliser des sources au cours de leurs études, l'exposition professionnelle doit être maîtrisée de sorte que les limites ci-après ne soient pas dépassées :

- a) dose efficace de 6 mSv (six milli sievert) en un an ;
- b) dose équivalente au cristallin de 50 mSv (cinquante milli sievert) en un an ;
- c) dose équivalente aux extrémités (mains et pieds) ou à la peau de 150 mSv (cent cinquante milli sievert) en un an.

Les limites de dose efficace fixées ci-dessus s'appliquent à la somme des doses pertinentes résultant d'une exposition externe pendant la période spécifiée, et des doses engagées pertinentes résultant d'une contamination interne pendant la même période. La

période de calcul de la dose engagée est de 50 ans pour les adultes et 70 ans pour les enfants.

Les doses efficaces engagées par unité d'incorporation par ingestion et par inhalation seront précisées par arrêté du ministre chargé de la santé. Les facteurs de pondération radiologique et tissulaire figurent en annexe **III** du présent décret.

**Art. 19.** Les travailleurs dont l'exposition est susceptible de dépasser les limites de dose admises pour les personnes du public données par l'article 84 ci-dessous sont classés par l'employeur dans l'une des catégories suivantes :

✓ **catégorie A :** travailleurs dont les conditions habituelles de travail sont susceptibles d'entraîner le dépassement des trois dixièmes (3/10) des limites annuelles de dose, visées à l'article 18 ci-dessus ;

✓ **catégorie B :** travailleurs non susceptibles de recevoir, dans les conditions habituelles de travail, des doses supérieures à trois dixièmes (3/10) des limites annuelles de dose visées à l'article 18 ci-dessus.

### **Section 2 (Limites de dose dans des circonstances particulières)**

**Art. 20.** Lorsqu'en raison de circonstances particulières, les expositions sont supérieures aux limites de dose admises et que par ailleurs ces expositions revêtent un caractère exceptionnel et temporaire, le commissariat à l'énergie atomique peut déroger à titre exceptionnel et temporaire aux limites de dose définies à l'article 18 ci-dessus, après accord des services compétents des ministères chargés de la santé et du travail, sur rapport du médecin du travail concerné.

**Art. 21.** La demande de modification temporaire de la limite de dose introduite par le détenteur de l'autorisation doit comprendre :

- a) la description des circonstances particulières justifiant la modification temporaire de la limite de dose ;
- b) la présentation des documents prouvant :
  - qu'un programme d'optimisation a bien été mis en œuvre ;
  - que toutes les mesures ont été prises pour améliorer les conditions radiologiques de travail de façon que les limites de dose fixées à l'article 18 ci-dessus puissent être observées ;
  - que le suivi dosimétrique et l'enregistrement des doses de chaque travailleur sont respectés et susceptibles de faciliter le transfert des dossiers dosimétriques entre employeurs.

**Art. 22.** Toute modification temporaire relative à la limitation des doses :

- a) doit être en conformité avec les limites de dose pour les circonstances particulières qui figurent à l'article 23 ci-dessous ;
- b) ne peut s'appliquer que pendant une période limitée ;
- c) doit être reconsidérée tous les ans ;
- d) ne peut faire l'objet d'un renouvellement ;
- e) ne peut s'appliquer qu'à des zones de travail déterminées.

**Art. 23.** — Lorsque, dans des circonstances particulières, le commissariat à l'énergie atomique accorde une autorisation de modification temporaire, les conditions suivantes sont applicables

a) la période à prendre en considération dans le calcul des doses moyennes peut, exceptionnellement, aller jusqu'à dix années consécutives, la dose efficace pour tout travailleur ne dépassant pas 20mSv (vingt milli sievert) par an en moyenne sur cette période et 50 mSv (cinquante milli sievert) en une seule année ; néanmoins, les circonstances sont réexaminées lorsque la dose totale reçue par un travailleur depuis le début de la période prolongée de calcul des doses moyennes atteint 100 mSv (cent milli sievert)

➤ L'adaptation temporaire de la limitation des doses ne dépasse pas 50 mSv (cinquante milli sievert) en un an, et la période de validité de la modification temporaire ne dépasse pas cinq (5) ans [12].

## 4.5. LES NORMES

### 4.5.1. Normes ISO [12]

INDICE	TITRES
ISO 9404-1:1991	Enceintes pour la protection contre les rayonnements ionisants -- Éléments de blindage en plomb pour murs de 150 mm, 200 mm et 250 mm d'épaisseur -- Partie 1: Éléments à chevrons de 150 mm et 200 mm d'épaisseur
ISO21482:2007	Avertissement pour rayonnements ionisants – Symbole supplémentaire
ISO11929:2010	Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants-- Principes fondamentaux et
ISO 11933-1:1997	Composants pour enceintes de confinement -- Partie I: Ronds de gant et de sac obturateurs de ronds de gant et de sac,, bagues d'enceintes et éléments interchangeables à distance
ISO15384:2003	Vêtements de protection pour sapeurs-pompiers -- Méthodes d'essai en laboratoire et exigences de performance pour vêtements portés pendant la lutte contre les feux d'espaces naturels
ISO 361:1975	Symbole de base pour les rayonnements ionisants
ISO7212:1986	Enceintes pour la protection contre les rayonnements ionisants -- Éléments de blindage en plomb pour murs de 50 mm et 100 mm d'épaisseur

### 4.5.2. Normes Algériennes [8]

INDICE	TITRES	SOURCES
NA 01-10	Grandeurs et unités de réactions nucléaires et de rayonnements ionisants	ISO 31-10:1980
NA 475	Symbole de base pour les rayonnements ionisants	ISO 361:1975
NA 1537	Vocabulaire Electrotechnique International - Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants	CEI 50(391):1975

## 5. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les plus importantes nuisances que subit le travailler dans le milieu industriel. Il est montré que toutes ces nuisances doivent être étudiées scientifiquement pour permettre à ce travailleur d'opérer dans des conditions favorables, règlementaire, normatif ainsi que pour son bien être, afin d'améliorer le rendement de sa fonction en industrie.

## **II. 1. INTRODUCTION**

Parmi les nuisances citées d'une manière générale, dans le premier chapitre, nous avons choisi pour notre projet les nuisances de bruit et de vibration. Ces nuisances seront étudiées selon leur aspect physique, physiologique et réglementaire. Et ce par la caractérisation et le paramétrage de ces nuisances.

## **II.2. LE BRUIT**

### **2.1. DEFINITION**

#### **Le Bruit :**

Est un son complexe produit par des vibrations aléatoires des molécules d'air. Il est un phénomène à la fois physique, physiologique et psychologique [13].

#### **Le Son :**

Peut être défini de deux manières :

D'une manière objective : c'est le phénomène physique d'origine mécanique consistant en une variation de pression, qui se propage en donnant ainsi naissance à une onde acoustique.

D'une manière subjective : il s'agit de la sensation procurée par cette onde, qui est reçue par l'oreille, puis transmise au cerveau et déchiffrée par celui-ci. De toutes les ondes acoustiques, seules certaines peuvent être perçues par l'oreille humaine : il s'agit des ondes dont la fréquence est comprise entre 20 Hertz (Hz) et 20.000 Hz (20 kHz) [14].

### **2.2. CARACTERISTIQUES ET GRANDEUR DE BRUIT**

Caractéristiques de bruit On parle de bruit pour désigner un son qui nous dérange, nous déplaît ou nous agresse. Comme tout phénomène vibratoire, le bruit se caractérise par :

**L'intensité** : appelée niveau, qui dépend de l'amplitude des vibrations émises par la source sonore. Elle se mesure en décibels (dB). 0 dB correspond au minimum que l'oreille humaine peut percevoir appelé seuil d'audibilité. Le seuil de douleur est à 120 dB, mais l'oreille peut subir des dommages à partir de 85 dB.

**La fréquence** : correspond au nombre de vibrations par seconde émises par la source sonore. Elle se mesure en Hertz (Hz). Elle est directement liée à la hauteur du son perçu. La fréquence faible correspond un son grave, et une fréquence élevée correspond un son aigu.

**La durée** : qui est évaluée selon deux échelles de temps différentes :

➤ une échelle courte, de l'ordre de la seconde, qui permet l'étude des sons brefs (bruits d'impact, bruits impulsionnelles) ou variant rapidement (la parole).

➤ une échelle moins fine (heure, journée) qui est utilisée pour l'étude des bruits dans l'environnement et permet notamment d'apprécier la gêne. Dans ce domaine, on emploie fréquemment le niveau sonore équivalent (Leq) afin d'évaluer la dose de bruit reçue pendant un temps déterminé.

**Grandeur physique de bruit :**

Le Son et le bruit sont caractérisés par des grandeurs physiques mesurables auxquelles sont associées des grandeurs dites "physiologiques" qui correspondent à la sensation auditive.

**Pression acoustique :**

La pression acoustique (P) est la différence entre la pression instantanée de l'air (Pi) en présence d'ondes acoustiques et la pression atmosphérique

$$(P_{atm}) P = P_i - P_{atm}$$

P = pression acoustique (Pa)  
 Pi = pression instantanée (Pa)  
 P<sub>atm</sub> = pression atmosphérique (Pa)

**Puissance acoustique :**

La puissance acoustique (P) est l'énergie libérée par unité de temps par une source sonore. Elle caractérise l'émission sonore d'une source car elle est indépendante de son environnement

**Intensité acoustique**

L'intensité acoustique (I) est le flux de puissance acoustique, en un point, par unité de surface (en considérant que le son se propage, suivant une sphère, dans l'espace).

$$I = P / 4 \pi R^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

P = puissance acoustique (W)  
 I = intensité (W/mm<sup>2</sup>)  
 R = rayon d'une sphère en un point (m)  
 4 π R<sup>2</sup> = surface d'une sphère

**Niveau de pression acoustique :**  $L_p = 10 \log (P_2 / P_0) = 20 \log (IP / P_0)$  (dB)

**Niveau de puissance acoustique :**  $L_w = 10 \log (IW / W_0)$  (dB)

**Niveau d'intensité acoustique :** [15]

$$L = 10 \text{ Log} \left( \frac{I}{I_0} \right) = 10 \text{ Log} \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \text{ Log} \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

L = niveau sonore (dB)  
 I = intensité acoustique (W/m<sup>2</sup>)  
 I<sub>0</sub> = seuil de perception auditive = 10<sup>-12</sup>W/m<sup>2</sup>  
 P = pression acoustique (Pa)  
 P<sub>0</sub> = seuil de perception auditive = 2 × 10<sup>-5</sup>Pa

### 2.3. LES INSTRUMENTS DE MESURE

Le 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.

Les instruments les plus courants pour mesurer le bruit sont le sonomètre, l'audio dosimètre 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.

**Tableau 2.1 : Indications sur le choix d'un instrument de mesure Le Sonomètre**

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 (non pas directement à 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	Niveau sonore équivalent	Pour les bruits très variables

	intégrateur	en dB(A)	
Sons impulsif	1) Sonomètre impulsion	à Pression de pointe en dB(A)	Mesure les pointes de chaque impulsion.

**Le sonomètre Intégrateur :**

Le sonomètre se compose d'un microphone, de circuits électroniques et d'un affichage. Après avoir été captées par le microphone, les petites variantes de pression d'air produites par le son sont transformées en signaux électriques, qui sont alors traités dans la circuiterie 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 endroit particulier [4].

**2.4. LES DIFFERENTS TYPES DE BRUIT**

**Bruits d'impacts :** Émis par une paroi mise en vibration.

**Bruits d'équipements :** Émis par des appareils et installations.

**Bruits aériens :** Se propagent dans l'air.

**Bruit stable:** Un bruit est dit stable ou continu lorsque les fluctuations du niveau de pression acoustique ne sont pas supérieures à 5 dB et il représente des fluctuations de niveau négligeables pendant une période d'observation.

**Bruit fluctuant:** Un bruit est dit fluctuant lorsque les fluctuations du niveau de pression sont supérieures à 5 dB pendant une période t d'observation.

**Bruit impulsionnelle:** Le bruit impulsionnelle consiste en une ou plusieurs impulsions d'énergie acoustique ayant chacune une durée inférieure à 1 seconde et séparées par des intervalles de temps de durées supérieur à 0,2 seconde [16].

**2.5. PROPAGATION ET TRANSMISSION DES ONDES SONORES**

**Propagation aérienne :**

La « capacité à générer du bruit » reste une quantité intrinsèque à la source : c'est ce que l'on appelle sa puissance acoustique. Cependant, le bruit émis se disperse dans l'espace : l'énergie sonore émise se propage dans tout le volume environnant du milieu aérien. On peut imaginer cette propagation comme une « bulle » centrée sur la source, dont les dimensions s'accroissent au fur et à mesure de son chemin.

Le total de l'énergie sonore répartie sur cette surface est constant : on peut d'ailleurs déterminer la puissance acoustique d'une source de cette manière. Mais, la surface grandissant, l'énergie sonore « ponctuelle », ramenée à une petite surface (celle d'un microphone par exemple) va diminuant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source : c'est ce que l'on appelle l'atténuation géométrique du niveau sonore.

En ramenant cette énergie à l'accroissement de la surface, on détermine qu'en théorie le niveau sonore dans un espace libre décroît de 6 dB lorsque la distance par rapport à la source double

### Propagation solidienne :

La propagation solidienne concerne essentiellement les sources solidiennes, et en particulier les machines. Les vibrations générées par la source primaire se transmettent au sol via l'enveloppe et les liaisons de l'installation ; celui-ci se met à vibrer et transmet ses vibrations aux structures solides qui lui sont reliées rigidement (parois, charpentes, passerelles...). Chacun de ces éléments se comporte alors comme une source apparente solidienne et contribue au niveau sonore reçu par les employés à proximité.

Par rapport au problème du bruit en entreprise, les énergies en jeu font que ce type de propagation a une part significative surtout en basses fréquences.

Le phénomène peut être amplifié localement si l'une des structures concernées entre en résonance.

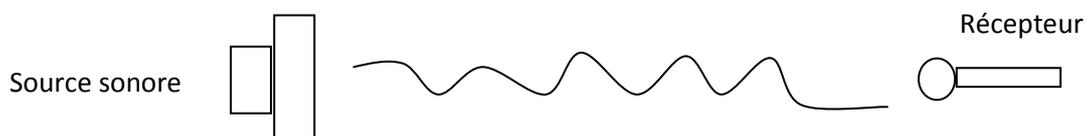
Pour réduire la propagation solidienne, il faut atténuer les forces transmises au sol : c'est l'isolation vibratoire, qui se traite en découplant l'installation et le sol.

Ce type de propagation est rarement pris en compte dans les études acoustiques : or, il est impossible de traiter une propagation solidienne par des solutions aériennes. La difficulté est donc de déterminer si la propagation solidienne a une incidence importante sur le niveau reçu.

L'onde sonore est le phénomène de propagation d'une perturbation (souvent périodique) dans un milieu et sans transport de matière [17].

### Les ondes sonores

Une onde sonore est une vibration de l'air qui se propage dans l'air de proche en proche. Cette vibration est produite par une source sonore.



**Figure 2.1 : Propagation d'une onde sonore**

Cette vibration peut être captée par un récepteur (microphone, oreille, etc .... ). L'analyse du signal transmis par le récepteur montre que la fréquence  $F$  de la vibration est la même que celle de la source. [18].

### Propagation des ondes

La propagation des ondes est un phénomène physique dont découlent l'évolution et la progression d'une onde au sein d'un milieu (cordes, solides, liquides, gaz), mais ne se

propagent pas dans le vide. Ou encore certains mouvements d'une particule dans l'espace et le temps.

En considérant la direction de propagation de l'onde dans l'espace, on peut distinguer deux types d'ondes

- Les ondes longitudinales,
- Les ondes transversales.

La grandeur principale caractérisant la propagation des ondes est la célérité, c'est-à-dire la vitesse de propagation d'une onde dans un milieu donné.

### Vitesse de propagation

La vitesse de propagation d'une onde correspond à la vitesse de translation de son profil. Elle est liée à sa longueur d'onde  $\lambda$ , à sa fréquence  $f$  et à sa période  $T$  par les égalités suivantes :  $v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$  [19].

**Tableau 2.2 : vitesse de propagation dépend la nature du milieu**

Matériaux (20°C)	vitesse en m/s
Air	344
Eau	1 460
Verre	5 300
Acier	5 400
PVCdur	2400
Béton	3100
Granit	6200
Vide	0

**Tableau 2.3 : La vitesse de propagation dépend de la température ambiante**

Température en °C	Vitesse en m/s
-10	325,4
-5	328,5
0	331,5
+5	334,5
+ 10	337,5
+ 15	340,5
+20	343,4
+25	346,3
+30	349,2

## 2.6. SOURCES DE BRUITS DANS LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES

Dans les installations industrielles, le bruit trouve en général son origine dans deux principaux modes de génération :

➤ Les bruits de chocs engendrés par des vibrations de corps solides (dues elles-mêmes à des chocs, à des frottements ou à des forces alternatives).

○ Exemples : machines tournantes (pompes, compresseurs alternatifs), bandes transporteuses, roulements. ,

➤ Les bruits d'origine aérodynamique ou hydrodynamique provoqués par les mouvements de gaz, vapeurs ou liquides en turbulence provoquant des chocs de particules les unes contre les autres.

○ Exemples : cavitation dans pompes, vannes automatiques ; vitesse sonique dans éjecteurs, transports pulvérulents.

## 2.7. DU BRUIT EMIS AU BRUIT REÇU

« Entendre un bruit » paraît immédiat : en réalité, le processus suivi par ce bruit se décompose en trois étapes :

➤ à l'origine, le bruit est émis par une source un équipement, une personne, un phénomène quelconque l'a généré

➤ il se propage ensuite jusqu'à l'endroit où on l'entend, via un chemin plus ou moins complexe constitué éventuellement de réflexions diverses

➤ en cet endroit, il est capté par un récepteur qui peut être un appareil de mesure, une oreille humaine ...

Il est ensuite traité et interprété, selon le cas, électroniquement ou par le cerveau, cette « perception » du bruit est, en ce qui concerne l'être humain, du domaine de la psycho acoustique, notre propos s'arrête là ... à l'entrée de l'oreille, qui ne sera prise en compte globalement que par le choix d'une unité de mesure. Analyser un bruit reçu nécessite de prendre en compte ces trois étapes que sont l'émission, la propagation et la réception

À chacune de ces étapes, différents phénomènes interviennent qui déterminent ce qui sera perçu par l'opérateur ; c'est également à chacune de ces étapes que pourront être entreprises des solutions de réduction du bruit, c'est donc ce schéma qui servira de ligne directrice à ce travail.

L'application au milieu du travail se décline ainsi :

➤ L'émission provient de sources très variées : machines fixes ou mobiles, outils, installations diverses (distribution de liquide ou de gaz, manipulation et convoyage de pièces ...)

➤ La propagation s'effectue parfois en plein air, mais en général en milieu confiné, celui-ci étant a priori un local dont les parois et l'encombrement affectent la propagation ;

➤ le récepteur est une personne exposée (que l'on appellera un employé, un salarié, un opérateur, un travailleur...) sa réception peut être modifiée par la présence de protections éventuelles

## **2.8. GENERATION DU BRUIT**

### **2.8.1. Source aérienne**

On distingue plusieurs manières de générer directement une fluctuation de bruit dans l'air :

➤ le jet de gaz : le bruit est généré dans la zone de « mélange » du gaz et de l'air ambiant où se créent des turbulences ; son niveau est lié à la différence des vitesses d'écoulement entre le jet et le milieu ambiant.

➤ le contact entre un écoulement et un élément solide (paroi contenant l'écoulement, obstacle ...) : ce contact génère des turbulences.

➤ le contact entre un élément solide mobile (rotor de machine ...) et l'air ambiant les fluctuations de pression sont générées dans la section située entre l'élément mobile et la paroi la plus proche.

➤ la génération d'une impulsion sonore (détonation). Source

### **2.8.2. Source solidienne**

L'origine de l'excitation solidienne est une force appliquée à une structure ; la caractéristique de cette force est qu'elle varie continuellement dans le temps.

La structure se met alors à vibrer, selon des mouvements et déformations complexes, qui ont pour caractéristique d'osciller autour d'une position donnée, dite d'équilibre.

✓ Le passage de la force au bruit suit donc les étapes suivantes : force, vibrations, bruit.

✓ La force est appliquée à la paroi

✓ La paroi se met à vibrer

✓ Les vibrations de la paroi se transmettent à l'air ambiant : la paroi devient source sonore.

✓ Le son se transmet au-delà de la paroi

### Vibration et bruit

La vibration de la structure se transmet au milieu ambiant, par exemple l'air. Au mouvement des molécules d'air ainsi généré correspondent des fluctuations de pression, c'est-à-dire du son. Les lois physiques qui relient les vibrations au bruit sont également complexes ; elles dépendent de la fréquence, des caractéristiques géométriques et mécaniques de la structure, des conditions du milieu ambiant ... elles sont le domaine dit du rayonnement.

La quantité de bruit émis pour une vibration donnée se traduit par le facteur de rayonnement : Il varie avec la fréquence, on peut donner quelques tendances générales sur sa valeur :

- Il est plus important en hautes qu'en basses fréquences ;
- En basses fréquences, il est plus important pour une structure étendue et légère que pour une structure compacte et massive, une plaque fine rayonne plus qu'un bloc d'acier ...
- Le rayonnement diminue avec l'amortissement : une partie de l'énergie vibratoire se dissipe en frottement plutôt qu'en bruit.

**2.8.3. Source liquidienne**

Un liquide peut être le siège de fluctuations de pression au même titre qu'un gaz, cependant, contrairement aux solides, les caractéristiques mécaniques des liquides ne leur permettent pas de transmettre ces fluctuations de pression à l'air ambiant : un écoulement d'eau ne produit pas de bruit dans l'air, c'est le contact de l'écoulement avec une structure solide (tuyauterie, baignoire ...) qui va en réalité générer le bruit.

Un intermédiaire solide est nécessaire pour transformer la source liquidienne en bruit.

Un problème de bruit liquidien se gère donc de deux manières :

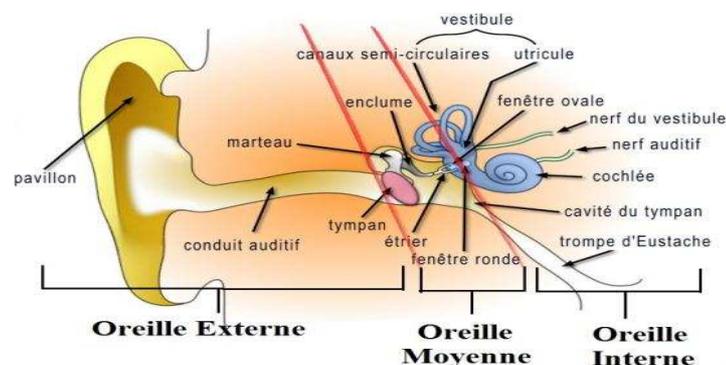
- en jouant directement sur l'excitation : les phénomènes sont alors analogues à ceux des excitations aériennes et se traitent de manière analogue, on parle d'ailleurs souvent de sources fluides, qui englobent les sources aériennes et liquidiennes ;
- en considérant la structure solide rayonnante comme une source solidienne apparente [17].

**2.9. L'AUDITION**

**Oreille Humaine :**

On parle de bruit lorsqu'un ensemble de sons est perçu comme gênant. Cela en fait une notion subjective : le même son peut être utile, agréable ou gênant selon qui l'entend et à quel moment. Au-delà d'une certaine limite (niveau sonore très élevé), tous les sons sont gênants voire dangereux.

L'oreille comprend trois parties ayant des fonctions distinctes d'inégale importance :



**Figure 2.2 : Schéma - L'oreille**

- **L'oreille externe** : pavillon et conduit auditif, guide le son jusqu'au tympan, membrane séparant l'oreille externe de l'oreille moyenne, dont le rôle est de capter les variations de pression sonore, comme le fait la membrane d'un micro.
- **L'oreille moyenne** : constituée par une chaîne de 3 osselets le marteau, l'enclume et l'étrier transmet les mouvements du tympan à l'oreille interne ; elle est en communication avec le milieu extérieur par la trompe d'Eustache habituellement fermée et s'ouvrant à la déglutition.
- **L'oreille interne** : est au cœur du système auditif ; c'est un milieu liquide renfermant deux ensembles fonctionnels distincts : le vestibule, organe de l'équilibre, et la cochlée (ou limaçon), dédiée à l'audition.

La cochlée abrite environ 15 000 cellules sensorielles ciliées qui ont un rôle déterminant dans l'audition. Par l'intermédiaire de ces cellules, la cochlée exerce une triple action :

- Elle amplifie les vibrations qui lui parviennent.
- Elle analyse ces mêmes vibrations et les oriente en fonction de leur fréquence vers les fibres nerveuses qui lui sont connectées.
- Elle transforme l'énergie vibratoire en influx nerveux.

L'influx nerveux généré par la cochlée est conduit jusqu'aux aires auditives du cerveau par un faisceau de fibres nerveuses. Le cortex cérébral interprète le message nerveux qu'il reçoit, et génère la sensation auditive, image perceptive du message sonore capté par l'oreille.

## 2.10. LE NIVEAU DE BRUIT

On mesure physiquement le niveau du bruit en décibels.

Pour prendre en compte le niveau réellement perçu par l'oreille, on utilise un décibel "physiologique" appelé décibel A, dont l'abréviation est dB(A).

- 0 dB(A) = bruit le plus faible qu'une oreille (humaine) peut percevoir
- 50 dB(A) = niveau habituel de conversation
- 80 dB(A) = seuil de nocivité (pour une exposition de 8h/j)
- 120 dB(A) = bruit provoquant une sensation douloureuse

Dans les niveaux très élevés, l'oreille humaine ne filtre pas les bruits de la même manière. On prend en compte cet effet en utilisant comme unité le décibel C, noté dB(C).

Les mesures se font principalement à l'aide de sonomètres :

**Attention ! Les niveaux sonores ne s'ajoutent pas, ils se "composent"**

Si une machine produit 80 dB(A), alors :

- 2 machines produisent 83 dB(A)
- 3 machines produisent 85 dB(A)

- 4 machines produisent 86 dB(A)
- 5 machines produisent 87 dB(A)
- 10 machines produisent 90 dB(A).

Lorsque 2 machines qui font le même bruit fonctionnent simultanément, le fait d'en arrêter une diminue le niveau de bruit de 3 dB(A) seulement [20].

## 2.11. Le niveau d'intensité sonore

La grandeur qui permet de caractériser la « force d'un bruit » est l'intensité sonore notée ( $I$ ) exprimée en  $\text{W.m}^2$  (watt par mètre carré). Plus un son est fort plus son intensité sonore est forte.

Il existe une intensité sonore minimale sous laquelle on n'entend pas le son ; c'est le **seuil d'audibilité**. Il vaut  $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

Il existe aussi **un seuil de douleur**, palier au delà duquel un son crée une douleur et endommage fortement voire irrémédiablement le système auditif. L'intensité sonore associée vaut  $I_{\text{douleur}} = 10 \text{ W.m}^{-2}$ .

On se rend donc compte que les intensités sonores des bruits quotidiens peuvent s'étendre de  $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$  jusqu'à  $10 \text{ W.m}^{-2}$ . Ce domaine est beaucoup trop étendu pour se rendre compte des différentes valeurs : le seuil de douleur est  $10^{13}$  fois plus fort que le seuil d'audibilité !!

**Calcul :**  $10 / 1,0 \times 10^{-12} = 10^{13}$

Pour réduire ce domaine de valeurs on a alors créé une nouvelle grandeur : le niveau d'intensité sonore  $L$  ( $L$  pour « Level » in English) exprimé en décibel (dB) et qui se calcule par la formule suivante :

**Calcul :**  $L = 10 \times \log I/I_0$

avec :

- $L$  le niveau d'intensité sonore (dB)
- $I$  l'intensité sonore de la source sonore ( $\text{W.m}^{-2}$ )
- $I_0$  le seuil d'audibilité ( $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ )

« log » est une fonction mathématique appelée « logarithme décimal ». il se calcule en appuyant sur la touche « log » de votre calculatrice.

Calculons alors le niveau d'intensité sonore pour le seuil d'audibilité  $I_0$  :

**Calcul :**  $L = 10 \times \log (I/I_0) = 10 \text{ Log}(1) = 0 \text{ dB}$

On peut ensuite calculer le niveau d'intensité sonore pour le seuil de douleur

**Calcul :**  $L = 10 \times \log (I_{\text{douleur}}/I_0) = 10 \text{ Log}(10/10^{-12}) = 140 \text{ dB}$

Les valeurs des niveaux d'intensité sonore ne s'étendent plus que sur un domaine allant de 0 à 140 !

Le schéma ci-dessous donne les intensités sonores et les niveaux d'intensité sonore de différentes sources sonores :

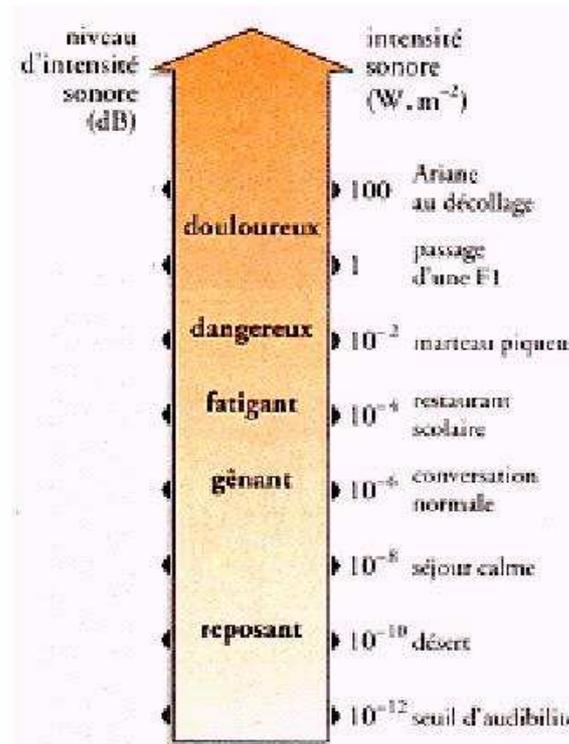


Figure 2.3 : Les intensités sonores et les niveaux d'intensité sonores de différente source [21]

### 2.12. EFFET DU BRUIT SUR LA SANTE

Les effets du bruit sur la santé ne sont plus à démontrer, on peut les classer en deux types :

- ✓ Les effets auditifs c'est-à-dire les effets sur les organes de l'ouïe
- ✓ Les effets extra auditifs c'est-à-dire les effets sur l'organisme en général.

Tableau 2.4 : Les effets du bruit sur la santé

Effets AUDITIFS	Effets extra AUDITIFS	
	Effets immédiat	Effets a long terme
surdité Hyperacousie Acouphène	Agitation stress Diminution de l'attention Diminution de la capacité de mémorisation	Fatigue physique et nerveuse insomnie Hypertension Anxiété Comportement dépressif ou agressifs

Pour une journée de travail (8 heures), on considère que l'ouïe est en danger à partir de 80 dB(A).

Si le niveau de bruit est supérieur, l'exposition doit être de plus courte durée.

Si le niveau est extrêmement élevé (supérieur à 135 dB(A)), toute exposition, même de très courte durée, est dangereuse. Les effets sur la santé peuvent être multiples.

Cette échelle montre en fonction du niveau sonore la durée maximale pendant laquelle l'oreille peut être exposée sans dommages.

Une exposition à :

[ 80 dB(A) pendant 8 heures ] = [ 98 dB(A) pendant 7 minutes ] = [ 122 dB(A) pendant 2/10 de seconde ]

Bruit dB(A)	80	83	86	89	92	95	98	101	104	107	110	113	116	119	122	
Durée d'exposition	8 en heures				30 en minutes				50 en secondes							
	4	2	1		15	7	3	1		20	10	7	4/10	2/10		

**Figure 2.4 : échelle montre en fonction du niveau sonore la durée maximale d'exposition**

Une exposition prolongée au bruit entraîne une fatigue auditive dans un premier temps, provoquant des bourdonnements ou des sifflements d'oreille, puis une détérioration, voire un arrachement des cellules ciliées. C'est le début de la surdité.

**Fatigue auditive**

A la suite d'une exposition à un bruit intense, on peut souffrir temporairement de sifflements d'oreilles ou de bourdonnements (acouphènes) ainsi que d'une baisse de l'acuité auditive. Les dégradations de l'audition se situent en particulier au niveau du haut médium et de l'aigu, ce qui donne la sensation d'écouter avec "du coton dans les oreilles". Cette fatigue auditive demande quelques semaines sans surexposition au bruit pour disparaître. Le bruit est cause de fatigue même sous les seuils réglementaires.

**Surdité**

L'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit peu à peu les cellules ciliées de l'oreille interne. Elle conduit progressivement à une surdité, dite de perception, qui est irréversible. L'exposition à certains solvants, dits écotoxiques, peut amplifier ce phénomène.

Dans ce cas, la chirurgie n'est d'aucun secours. L'appareillage par des prothèses électroniques se contente d'amplifier l'acuité résiduelle, il ne restitue pas la fonction auditive dans son ensemble. Son efficacité reste donc limitée :

**Tableau 2.5 : Stades de la surdité [22]**

STADE DE SURDITE		
1er stade	surdité légère	Le sujet ne se rend pas compte de sa perte auditive car les fréquences de la parole sont peu touchées
2e stade	surdité moyenne	Les fréquences aiguës de la conversation sont touchées, le sujet devient "dur d'oreille" et ne comprend plus distinctement ce qui se dit
3e stade	surdité profonde et irréversible	Le sujet n'entend plus ou très peu ce qui se dit

### 2.13. LES EFFETS SUR L'ORGANISME

Le bruit favorise le risque d'accident du travail pour plusieurs raisons :

- ✓ le bruit exerce un effet de masque sur les signaux d'alerte ;
- ✓ le bruit perturbe la communication verbale ;
- ✓ le bruit détourne l'attention.

Le bruit peut aussi entraîner des effets néfastes pour d'autres fonctions que l'audition. Les effets non traumatiques du bruit se manifestent aux niveaux physiologique et émotionnel.

#### **Troubles cardiovasculaires :**

Selon de nombreuses études, les troubles cardiovasculaires, en particulier l'hypertension, sont plus fréquents chez les travailleurs exposés au bruit. Ils ont tendance à augmenter avec l'ancienneté de ces travailleurs à un poste de travail bruyant. Il semble que ces troubles dépendent également du caractère prévisible ou non du bruit, du type d'activité exercée et d'autres facteurs de stress

#### Troubles du sommeil :

L'exposition au bruit pendant le travail a des conséquences négatives sur la qualité du sommeil. Par exemple, une exposition diurne de 12 heures à 85 dB(A) provoque une réduction du nombre et de la durée des cycles de sommeil ; si bien que le bruit interfère avec la fonction récupératrice du sommeil et peut entraîner une fatigue chronique. C'est d'autant plus vrai chez les personnes travaillant de nuit et devant dormir pendant la journée.

#### **Stress :**

Le bruit peut aussi constituer un facteur de stress au travail dans la mesure où il est chronique, imprévisible et incontrôlable. La gêne liée au bruit est aussi associée à l'insatisfaction au travail, à l'irritabilité, à l'anxiété, voire à l'agressivité.

**Baisse des performances cognitives :**

Enfin, le bruit détériore la performance des travailleurs dans les tâches cognitives, surtout lorsqu'elles sollicitent la mémoire à court terme. 45 à 55 dB(A) est un niveau sonore acceptable pour un travail nécessitant une attention soutenue.

**Propagation du bruit dans un lieu de travail :**

En l'absence de tout obstacle, le niveau sonore décroît avec l'éloignement. Il baisse de 6 dB(A) chaque fois que l'on double la distance à la source.

A l'intérieur des locaux, en plus du bruit direct, l'opérateur perçoit le bruit réfléchi par les parois du local (voire par les parois d'autres obstacles). Si bien que, dans certains locaux, lorsqu'on s'éloigne de la source, le niveau de bruit diminue moins vite que si on se trouvait en plein air. Il peut même rester constant malgré l'éloignement si il n'est pas spécifiquement traité, le local est un facteur d'augmentation du bruit [22].

**2.14. REGLEMENTATION ALGERIENNE POUR LA LUTTE CONTRE LE BRUIT****2.14.1. 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.

**2.14.2. 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 :

- 86 dB(A) pour les locaux d'habitation ;
- 76 dB(A) pour les circulations communes ;
- 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.

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

### 2.14.3. Les décrets exécutifs :

✚ **Décret exécutif n° 91-175 du 28 mai 1991**, définissant les règles générales d'aménagement d'urbanisme et de construction. L'article 4 de ce décret stipule que lorsque les constructions sont susceptibles en raison de leur localisation d'être exposées à des nuisances graves dues notamment au bruit, le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé, que sous réserve des prescriptions spéciales édictées par les lois et règlements en vigueur.

✚ **Décret exécutif n° 93- 184 du 27 juillet 1993**, réglementant l'émission des bruits en application de l'article 121 de la loi n°83-03 du 5 février 1983, susvisée.

- **Art. 2** : Les niveaux sonores maximums admis dans les zones d'habitation et dans les voies et lieux publics ou privés sont de 70 décibels (70 dB) en période diurne (6 heures à 22 heures) et de 45 décibels (45 dB) en période nocturne (22 heures à 6 heures).

- **Art. 3** : Les niveaux sonores maximums admis au voisinage immédiat des établissements hospitaliers ou d'enseignement et dans les aires de repos et de détente ainsi que dans leur enceinte sont de 45

décibels (dB) en période diurne (6 heures à 22 heures) et de 40 décibels (dB) en période nocturne (22 h à 6 h).

○ **Art. 4 :** Sont considérés comme une atteinte à la quiétude du voisinage, une gêne excessive, une nuisance à la santé et une compromission de la tranquillité de la population, toutes les émissions sonores supérieures aux valeurs limites indiquées aux articles 2 et 3 ci-dessus.

○ **Art. 7 :** Les infrastructures sont construites, réalisées et exploitées en tenant compte des bruits aériens émis par leurs activités.

○ **Art. 8 :** Les constructions à usage d'habitation ou à usage professionnel sont conçues et réalisées en tenant compte de la qualité acoustique des murs et planchers.

 **Décret exécutif n° 10-259 du 13 Dhou El Kaada 1431 correspondant au 21 octobre 2010 portant organisation de l'administration centrale du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.**

 **Art. 2. - La direction générale de l'environnement et du développement durable est chargée :**

○ d'initier et de contribuer à l'élaboration de toute étude et recherche d'identification et de prévention des pollutions et des nuisances en milieu industriel et urbain ;

○ d'initier et de contribuer à l'élaboration de toute étude et recherche d'identification et de prévention des pollutions et nuisances en milieu urbain ;

 **La direction de la politique environnementale industrielle, chargée :**

○ d'initier et de proposer la politique environnementale industrielle ;

○ de contribuer à l'élaboration des textes législatifs et réglementaires, des valeurs limites et prescriptions techniques régissant la prévention et la lutte contre la pollution et les nuisances d'origine industrielle et de veiller à leur mise en application ;

○ d'initier toute étude, recherche et action favorisant la prévention contre la pollution et les nuisances industrielles ;

 **Décret exécutif n° 93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits**

○ Article 1<sup>er</sup> - Le présent décret a pour objet de réglementer l'émission des bruits et ce en application de l'article 121 de la loi n° 83-03 du 5 février 1983, susvisée.

○ **Art. 5.** - Les méthodes de caractérisation et de mesurage des bruits sont effectuées conformément aux normes algériennes en vigueur.

○ **Art. 8.** - Les constructions à usage d'habitation ou à usage professionnel sont conçues et réalisées en tenant compte de la qualité acoustique des murs et planchers.

Un arrêté conjoint du ministre chargé de l'habitat et du ministre chargé de l'environnement définit les modalités d'application du présent article.

○ **Art. 9.** - Les engins de chantier dotés de moteurs à explosion ou à combustion interne, les brises béton, les marteaux-piqueur, les groupes électrogènes de puissance, les groupes moto-compresseurs, les compresseurs et les supprimeurs doivent être munis d'un dispositif d'insonorisation ou d'atténuation, de bruit lorsqu'ils sont utilisés à moins de 50 m des locaux à usage d'habitation ou des lieux de travail.

Un arrêté conjoint du ministre chargé de la normalisation et du ministre chargé de l'environnement précisera les limites des niveaux sonores *émis* par chaque type de matériel et d'équipement.

#### **2.14.4. Code de travail :**

##### **Chapitre II 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.

##### **Hygiène générale des locaux et de leurs dépendances**

**Locaux affectés au travail et leurs dépendances valeurs minimales d'éclaircissement**

○ **Art. 15** - Les organismes employeurs sont tenus de maintenir l'intensité des bruits supportés par les travailleurs à un niveau compatible avec leur santé par la réduction de l'intensité des bruits à leur source d'émission, l'isolement des ateliers bruyants, l'insonorisation des locaux ou la mise en œuvre de techniques ou de tous autres moyens appropriés et ce, conformément aux normes fixées par la réglementation en vigueur en la matière.

**2.15. LES NORMES - BRUIT**

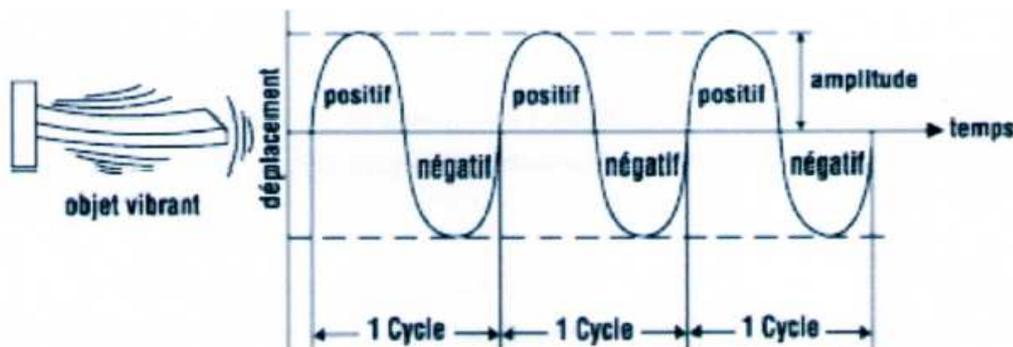
<b>INDICE</b>	<b>TITRES</b>	<b>SOURCES</b>
NA 13158	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Méthode subjective de mesurage de l'affaiblissement acoustique	<b>ISO/TR 4869-1:1990</b>
NA 13159	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit	<b>ISO/TR 4869-2:1994</b>
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	<b>ISO/TR 4869-3:1989</b>
NA 13161	Acoustique - Protecteurs individuels contre le bruit - Mesurage des niveaux effectifs de pression acoustique des serre-têtes destinés à la restitution du son	<b>ISO/TR 4869-4:1998</b>
NA 9110	Machines électriques tournantes - Limites du bruit	<b>CEI 34-9:1990</b>
NA 9231	Méthode pour la mesure du bruit produit en charge par les résistances fixes	<b>CEI 195:1965</b>
NA 3277	Acoustique - Evaluation du bruit en fonction de son influence sur l'intelligibilité de la parole	<b>ISO/TR 3352:1974</b>
NA 3278	Acoustique - Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement - Grandeurs et méthodes fondamentales	<b>ISO 1996-1:1982</b>

NA 3285	Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit	<b>ISO 1999:1990</b>
NA 6556	Acoustique - Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit - Méthode de contrôle	<b>ISO 3746</b>
NA 6557	Acoustique - Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit - Méthode de contrôle faisant appel à une source sonore de référence	<b>ISO 3747</b>
NA 6558	Acoustique - Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit - Guide pour l'utilisation des normes fondamentales et pour la préparation des codes d'essais relatifs au bruit	<b>ISO 6558</b>
NA 6562	Acoustique - Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit - Prescriptions relatives aux performances et à l'étalonnage des sources de référence	<b>ISO 6926</b>
NA 6883	Acoustique - Mesurage des niveaux de pression acoustique dû aux installations à turbine à gaz pour l'évaluation du bruit dans l'environnement - Méthode de contrôle	<b>ISO 6190</b>

**II.3. LES VIBRATIONS**

**3.1. Définitions :**

Une vibration est une oscillation d'un objet par rapport à un point fixe. Elle peut être générée par tout objet effectuant des mouvements continus ou répétitifs comme des outils, des engins roulants ou des machines tournantes. Elle se propage aux personnes par tout point de contact, mais plus particulièrement par les mains, les pieds ou l'assise.



**Figure. 2.5 Exemple de vibration**

On retrouve principalement 2 types de vibrations :

–**Vibration globale du corps** : lorsque le point d'appui du corps est le même que le point de contact avec le système en vibration (ex : debout sur une surface vibrante, assis sur siège de camion, lorsque l'on se tient près d'une machine vibratoire qui transmet sa vibration au plancher).

- **Vibration segmentaire** : lorsque le point de contact avec la source de vibrations n'est pas le point d'appui principal du corps (ex : lors de l'utilisation d'outils vibrants tels que marteau-piqueur et scie à chaîne).

### 3.2. : Les caractéristiques des vibrations :

➤ **Sa fréquence :**

La fréquence correspond au nombre de fois que l'objet oscille pendant une seconde. Le symbole de la fréquence est  $f$  La fréquence est exprimée en Hertz (Hz).

➤ **Son amplitude :**

L'amplitude est la distance comprise entre les positions extrêmes entre lesquelles se déplace l'objet vibrant. L'amplitude est exprimée en mètre (m).

➤ **Son accélération :**

L'accélération se calcule en fonction de l'amplitude et de la fréquence du mouvement d'oscillation. Elle évolue proportionnellement avec ces deux facteurs. L'accélération est exprimée en  $m/s^2$

➤ **Ses directions de propagation :**

L'accélération des mouvements d'oscillation est mesurée dans les trois dimensions.  
*Exemple* : Chez les conducteurs d'engins, les vibrations se transmettent principalement dans la direction verticale « z » [23].

### 3.3. Classifications des mouvements vibratoires :

✓ Très basse fréquence (< 1 Hz) : ne provoque pas d'effets à long terme. Ce sont les vibrations retrouvées sur un bateau.

✓ Basse fréquence (1 - 80 Hz) : elles représentent les vibrations globales du corps et elles sont ressenties dans le corps entier. Elles proviennent des véhicules de toutes sortes.

✓ Moyenne et haute fréquences (> 80 Hz) : ce sont généralement les vibrations segmentaires et elles proviennent des outils portatifs. Leur transmission se confine généralement aux membres supérieurs (système main-bras).

3.4 .Type et source de vibration Industrie:

Tableau 2.6 Exemples d'exposition professionnelle aux vibrations [4]

Industrie	Type de vibration	Source courante de vibration
Agriculture	Corps entier	Tracteurs
Chaudronnerie	Main-bras	Outils pneumatiques
Construction	Corps entier Main-bras	Machinerie de chantier Outils pneumatiques, marteaux pneumatiques
Taille du diamant	Main-bras	Outils à main vibrants
Foresterie	Corps entier Main-bras	Tracteurs Scies à chaîne
Fonderie	Main-bras	Séparateurs vibrants
Fabrication de meubles	Main-bras	Burins pneumatiques
Sidérurgie	Main-bras	Outils à main vibrants
Industrie du sciage	Main-bras	Scies à chaîne
Machines-outils	Main-bras	Outils à main vibrants
Industrie minière	Corps entier Main-bras	Conduite de véhicules Perforatrices
Rivetage	Main-bras	Outils à main
Caoutchouc	Main-bras	Outils de dévêtis sage pneumatiques
Tôlerie	Main-bras	Matériel d'estampage
Chantiers navals	Main-bras	Outils à main pneumatiques
Fabrication de chaussures	Main-bras	Machine à marteler
Taille de la pierre	Main-bras	Outils à main pneumatiques
Textile	Main-bras	Machines à coudre, métiers
Transport	Corps entier	Véhicules

2.5. La mesure des vibrations

Les mesures doivent être conduites afin de disposer de valeurs vibratoires qui soient représentatives des vibrations moyennes sur toute la période de travail de l'opérateur. Pour cela, il est donc important de bien choisir les conditions d'exploitation et les périodes de mesure.

### 3.6. Effet des vibrations sur l'homme

Il n'y a pas dans le corps humain de récepteurs spécifiques des vibrations. Elles peuvent être ressenties par voie tactile, kinesthésique (récepteurs musculaires, tendineux et articulaires), vestibulaire (détection des accélérations de la tête lors des déplacements), auditive.

Elles vont interférer avec le fonctionnement normal de l'organisme et créer une situation pénible, sinon dangereuse (directement ou indirectement).

Le corps humain, vis à vis des vibrations ne se comporte pas comme un tout (hormis à très basse fréquence) mais comme un ensemble de masses suspendues les unes par rapport aux autres. Les effets physiologiques seront liés à la résonance des différents organes.

Les effets des vibrations seront fonction notamment de l'intensité, de la composition spectrale, de la durée de l'exposition, de l'axe de transmission, de l'état de l'individu, des contraintes physiques (équipement, vêtements...)

#### 3.6.1. Effet des vibrations de basse fréquence (< à 2 Hz)

Dans ce domaine de fréquence, l'organisme se comporte comme une masse unique, mais l'individu peut souffrir du mal des transports lié au déplacement de véhicules aériens, marins et terrestres.

La stimulation vient des mouvements du véhicule (roulis, tangage, secousses, variation de vitesse) et l'origine des effets est d'ordre vestibulaire et visuel. Des réactions végétatives peuvent apparaître telles que : pâleur, sueur, nausées, vomissements.

##### . Effets sur les performances

De nombreux auteurs ont essayé de quantifier les diminutions de la performance de l'homme soumis à des vibrations sinusoïdales ou aléatoires. Les vibrations rendent en effet la tâche plus difficile et plus pénible.

Les vibrations gênent les mouvements précis, la préhension correcte avec les mains et les doigts, l'écriture.

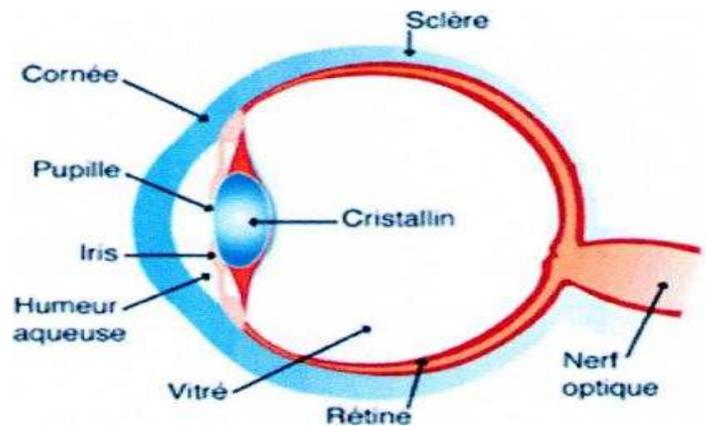
Elles entraînent une augmentation du temps de réaction, obligeant à une concentration plus importante sur la tâche principale aux dépens de l'attention portée aux tâches secondaires, donc aux dépens de la vigilance.

##### **Effets sur la vision :**

La fréquence pour laquelle l'acuité visuelle est la plus diminuée se situe vers 5 Hz.

Le réflexe vestibule-oculaire a pour fonction de maintenir l'image du monde extérieur stable sur la rétine pendant les mouvements du corps. Il a un rôle fondamental puisqu'il déplace les globes oculaires en sens inverse du mouvement de la tête.

Un sujet immobile peut suivre de l'œil une cible se déplaçant dans l'espace: c'est la poursuite visuelle. Lorsque la cible est animée d'un mouvement vibratoire supérieur à 2 Hz, cette poursuite devient difficile.



### 3.6.2. Effet des vibrations de moyenne fréquence (entre 2 et 30 Hz)

Elles ont pour origine les machines et véhicules (camions, tracteurs agricoles, engins de chantier). Pour les véhicules, les secousses et les vibrations se transmettent au conducteur par l'ensemble du véhicule.

L'amplitude des vibrations varie avec : la vitesse, l'état de la route, le poids du véhicule, avec une fréquence de résonance d'autant plus basse que le poids est important, le régime du moteur et la qualité de sa fixation au véhicule.

Ces vibrations s'exercent en général sur l'ensemble du corps, quelle que soit la position de l'opérateur.

En fonction de la fréquence des vibrations, les diverses parties du corps humain se comportent de manière différente (déphasage et résonance de certaines parties du corps par rapport aux autres).

#### Principaux troubles :

- Digestifs, avec perte d'appétit, constipation, douleurs abdominales, hémorroïdes ;
- Vertébraux : lombalgies, cervicalgies, aggravation des lésions rachidiennes préexistantes, douleur des muscles para-vertébraux ; aggravation par la posture et la manipulation des commandes ;
- Altération de l'équilibre ;
- Troubles visuels, variables selon que seul l'objet vibre ou la personne également.

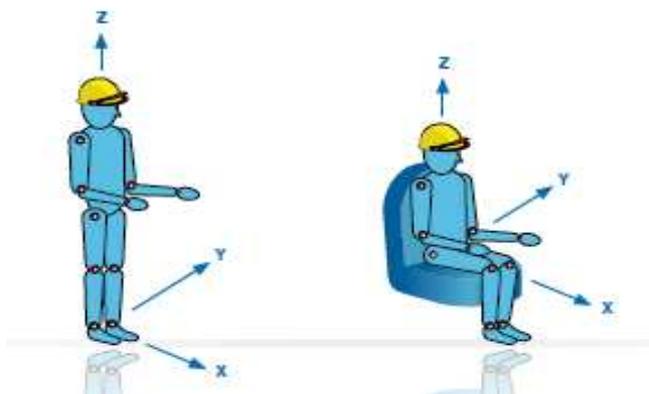


Fig. 2.6 l'ensemble du corps entier

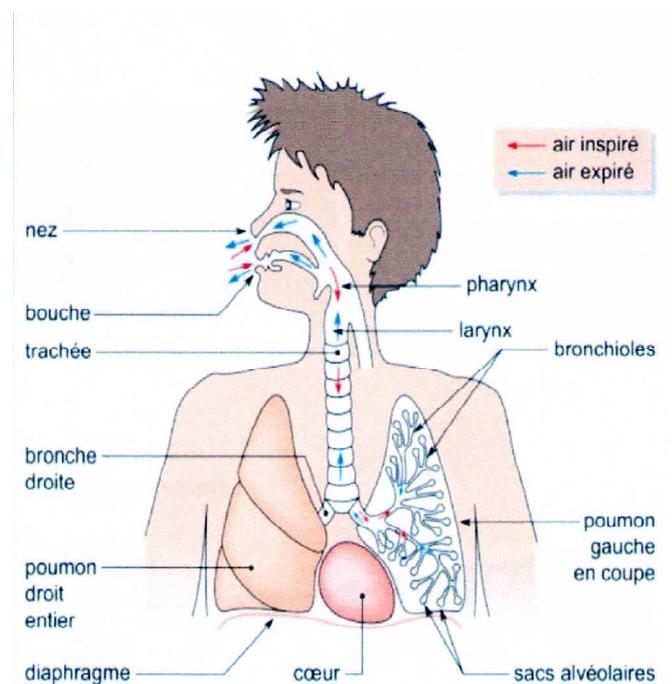
**Action sur la colonne vertébrale:**

Les vibrations peuvent entraîner des microtraumatismes au niveau du rachis, surtout lombaire, microtraumatismes d'autant plus nuisibles que la colonne est en déséquilibre. A bord des navires, surtout de pêche, les vibrations sont un facteur aggravant, venant s'ajouter aux contraintes de posture et de maintien de l'équilibre lié aux mouvements du navire. Il a été suggéré que ces troubles rachidiens seraient dus à des atteintes vasculaires.

**Effets sur la fonction respiratoire :**

Les vibrations de basse fréquence, surtout entre 4 et 12 Hz, ont tendance à augmenter les paramètres respiratoires: fréquence respiratoire, ventilation pulmonaire et consommation d'oxygène.

Cette augmentation serait liée à la tension musculaire générale engendrée par les vibrations: à 10 Hz, il y a une tension très importante des muscles des lombes, du thorax, de l'abdomen et du dos. Il n'est pas certain qu'à bord des navires, l'intensité des vibrations soit suffisamment forte pour engendrer cette pathologie. Aucune donnée n'est d'ailleurs collectée sur ce sujet dans le milieu maritime.

**3.6.3.Effet des vibrations de haute fréquence (> à 30 Hz)**

Ces vibrations sont produites habituellement par des machines conçues pour être tenues à la main. Leur fréquence vibratoire est souvent assez élevée

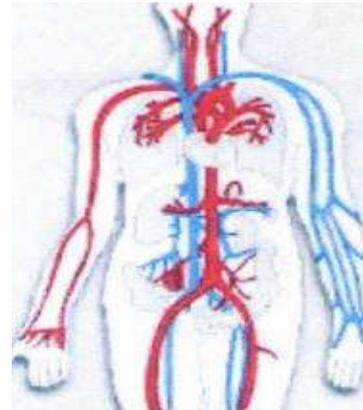
Les vibrations main-bras sont transmises à la main et au bras par la paume et les doigts.

Lorsque le point de contact avec la source de vibrations n'est pas le point d'appui principal du corps (ex : lors de l'utilisation d'outils vibrants tels que marteau-piqueur et scie à chaîne).

**Les effets des vibrations à main-bras:** On retrouve principalement 4 types d'atteinte :

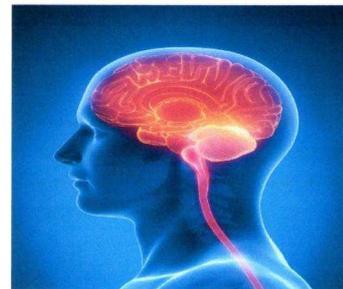
✓ **Les atteintes vasculaires :**

Les vibrations provoquent un rétrécissement des vaisseaux sanguins qui peuvent, à la longue, se fermer complètement et se briser, ce qui diminue la circulation sanguine. Mieux connu sous le nom de «phénomène de Raynaud », on note le blanchiment des doigts qui est suivi d'une coloration subitement très rouge avec picotements comme si on s'était gelé les doigts. Cette condition peut mener à la gangrène si laissée sans surveillance



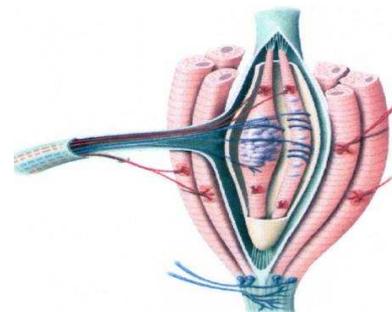
✓ **Les atteintes neurologiques :**

Impliquent l'atteinte des nerfs et des terminaisons nerveuses. Les conséquences consistent en une diminution de la sensibilité tactile, la présence de picotements et d'engourdissements dans les territoires neurologiques spécifiques (sensation identique à celle ressentie aux mains lorsqu'on passe la tondeuse par exemple).



✓ **Les atteintes neuromusculaires :**

Impliquent l'atteinte des nerfs qui contrôlent l'activité musculaire en particulier la préhension. On note une diminution importante de la force de préhension surtout si l'objet à tenir est froid.



✓ **Les atteintes ostéo-articulaires :**

Principalement provoquées par les vibrations segmentaires de plus basse fréquence comme l'utilisation d'un marteau-piqueur. Elles impliquent des lésions osseuses locales principalement aux poignets et aux coudes sous forme de douleur à la flexion des membres. Les atteintes ostéo-articulaires peuvent être des phénomènes de calcification des articulations, de l'ostéoporose, des fractures, de l'arthrite, et autres maladies ostéo-articulaires et ce, particulièrement dans les fréquences variant de 30 à 80 Hz [24].

**3.7. REGLEMENTATION**

**3.7.1. Réglementation française :**

**Valeurs seuils et obligations de l'employeur :**

La réglementation définit des valeurs seuils d'exposition aux vibrations. Elle oblige l'employeur à évaluer l'exposition aux vibrations et à mettre en place des mesures de

prévention visant à supprimer ou à réduire les risques. Les salariés concernés doivent faire l'objet d'un suivi médical renforcé. Les fabricants sont tenus d'évaluer les émissions vibratoires de leurs produits, de les déclarer dans les notices techniques et réduire autant que possible les niveaux d'émission.

**Les textes réglementaires**

Le Code du travail fixe le cadre réglementaire de la prévention des risques liés aux vibrations transmises aux membres supérieurs.

Les articles R. 4441-1 à R. 4447-1 (issu du décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005) et l'arrêté du 6 juillet 2005 pris pour leur application définissent des valeurs seuils d'exposition et fixent l'obligation pour l'employeur :

- d'évaluer, et si nécessaire de mesurer, les niveaux de vibrations auxquels les salariés sont exposés ;
- de prendre des mesures de prévention visant à supprimer ou à réduire les risques résultant de l'exposition aux vibrations mécaniques.

**Valeurs seuils**

Pour les vibrations transmises aux membres supérieurs, les articles R. 4443-1 et R.4443-2 du Code du travail fixent 2 valeurs seuils d'exposition journalière (pour 8 heures de travail quotidiennes) : une valeur déclenchant l'action de prévention, nécessitant la mise en œuvre de mesures pour réduire les expositions, et une valeur limite ne devant jamais être dépassée. La valeur d'exposition journalière A(8) (exprimée en  $m/s^2$ ) **d'un opérateur** est à comparer à ces valeurs.

**Tableau 2.7 : Valeur seuils d'exposition aux vibrations**

VALEURS SEUILS D'EXPOSITION AUX VIBRATION		
VALEUR D'exposition journalière déclenchant l'action (dite valeur d'action	2,5 m/s	Si elle est dépassée des mesures techniques et organisationnelles doivent être prises afin de réduire au minimum l'exposition
Valeur limite d'exposition journalière	5,0 m/s	Ne doit jamais être dépassée

L'évaluation des niveaux vibratoires et, si nécessaire, le mesurage, doivent être planifiés et effectués par des personnes compétentes à des intervalles appropriés. [25].

### 3.7.2. La Règlementation Algérienne

#### JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 19 5 Rabie Ethani 1431 21 mars 2010

Décrète : TITRE I DISPOSITIONS GENERALES Chapitre 1<sup>er</sup> Objet et définitions

○ Art. 16. - Pour la basse tension, les appareils de mesure et de contrôle comprennent notamment : Les compteurs et leurs accessoires sont installés dans un local sec, sur une paroi solide de ce local, à l'abri des chocs, des vibrations et de toute substance ou émanation corrosive de sorte que leur lecture, leur vérification et leur entretien soient faciles. Leur emplacement sera déterminé par le distributeur, conformément aux normes en vigueur.

○ Art. 25. — Pour les clients raccordés aux réseaux de distribution d'électricité et de gaz, les appareils de mesure et de contrôle sont livrés par le distributeur, posés et plombés par ses soins et sont sa propriété.

Les appareils doivent être installés dans un local sec, sur une paroi solide de ce local, à l'abri des chocs, des vibrations et de toute substance ou émanation corrosive de sorte que leur lecture, leur vérification et leur entretien soient faciles. Leurs emplacements sera déterminé par le distributeur conformément aux normes en vigueur.

#### JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 43 20 Joumada El Oula 1424 20 juillet 2003

Chapitre 2 Des prescriptions de protection contre les nuisances acoustiques

Art. 72. — Les prescriptions de protection contre les nuisances acoustiques ont pour objet, de prévenir, supprimer ou limiter l'émission ou la propagation des bruits ou des vibrations de nature à présenter des dangers nuisibles à la santé des personnes, à leur causer un trouble excessif ou à porter atteinte à l'environnement [7].

### 3.8. Les Normes

#### 3.8.1 Les Normes Algérienne [8]

INDICE	TITRES	SOURCES
NA 3945	Moteurs alternatifs à combustion interne - Performances - Vibrations de torsion	ISO 3046- 5:1979
NA 9149	Fixation de composants, matériels et autre articles pour essais dynamiques tels que chocs (Ea) - Secousses (Eb), vibration (Fc et Fd) et accélération constante (Ga) et guide	CEI 68-2- 47:1982
NA 9152	Essais Z/AFc: Essais combinés froid/vibration (sinusoïdales) pour spécimens dissipant et ne dissipant pas d'énergie	CEI 68-2-50:1983

NA 9153	Essais Z/BFc: Essais combinés chaleur sèche/vibration (sinusoïdales) pour spécimens dissipant et ne dissipant pas d'énergie	CEI 68-2-51:1983
NA 9155	Guide pour les essais Z/Afc et Z/BFc: Essais combinés température (froid et chaleur sèche) et vibrations (sinusoïdales)	CEI 68-2-53:1984
NA 9159	Essai Fg: Vibrations - Méthode par accélérogrammes	CEI 68-2-57:1989
NA 11362	Vibrations et chocs - Isolateurs — Dispositions pour la spécification des caractéristiques	ISO 2017:1982

**3.8.2. Les Normes ISO [9]**

INDICE	TITRES
ISO 14694:2003	Ventilateurs industriels -- Spécifications pour l'équilibrage et les niveaux de vibration
ISO 5349-2:2001	Vibrations mécaniques -- Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main -- Partie 2: Guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail
ISO 8041:2005	Réponse des individus aux vibrations -- Appareillage de mesure
ISO 5349-1:2001	Vibrations mécaniques -- Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main -- Partie 1: Exigences
ISO 14695:2003	Ventilateurs industriels -- Méthode de mesure des vibrations des ventilateurs
ISO 7919-5:2005	Vibrations mécaniques -- Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants -- Partie 5: Machines équipant les centrales hydroélectriques et les stations de pompage
ISO 10846-1:2008	Acoustique et vibrations -- Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques -- Partie 1: Principes et lignes directrices
ISO 10816-8:2014	Vibrations mécaniques -- Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes -- Partie 8: Systèmes de compresseurs alternatifs
ISO/TR 19201:2013	Vibrations mécaniques -- Méthodologie pour la sélection des normes appropriées relatives aux vibrations des machines

ISO 13373-2:2016	Surveillance et diagnostic d'état des machines -- Surveillance des vibrations -Partie 2: Traitement, analyse et présentation des données vibratoires
ISO 2954:2012	Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives -- Exigences relatives aux appareils de mesure de l'intensité vibratoire
150 20643:2005	Vibration mécanique -- Machines tenues et guidées à la main -- Principes pour l'évaluation d'émission de vibration
ISO 16063-15:2006	Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs - Partie 15: Étalonnage angulaire primaire de vibration par interférométrie laser
150 22266-1:2009	Vibrations mécaniques -- Vibration de torsion des machines tournantes - Partie 1: Groupes électrogènes à turbines à vapeur et à gaz situés sur terre et excédant 50 MW
ISO/TR 27609:2007	Vibration des machines à moteur portatives -- Méthodes de mesure des vibrations des meuleuses -- Évaluation d'essais Round Robin
ISO 16130:2015	Aéronautique et espace -- Essai dynamique des caractéristiques de freinage des éléments de fixation, dans des conditions de charge transversale (essai de vibration)

#### 4. Conclusion

Les nuisances bruit et vibration ont été définies, et leurs caractéristiques énumérées. Leur modèles mathématiques a été développé et justifiés afin de les utiliser dans la suite de notre étude.

Une partie de ce chapitre a été consacrée aux normes et réglementations des nuisances choisies dans ce projet.

Vu les effets nocifs de ces nuisances sur le corps humain, on a essayé dans ce chapitre de les mettre en évidence et de montrer leur importance en tant que lésion pour être répertorié dans la médecine de travail du secteur industriel.

### **III.1. INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, une recherche sur les aspects organisationnels, réglementaires et normatifs sera entreprise.

L'accent sera mis sur les définitions de la réglementation et la norme. On montrera aussi les plus employées à l'échelle nationale de cette dernière.

Un aperçu sur l'organisation internationale de standardisation(ISO), ainsi que sur l'Institution Algérienne de normalisation sera présenté dans ce chapitre.

### **III.2. DEFINITION DE LA REGLEMENTATION**

La réglementation est l'ensemble des règles applicables à un sujet ou à un domaine particulier. D'une manière générale, la réglementation se compose des lois votées par le parlement et promulguées par le Président de la République, des ordonnances, des règlements, des décrets d'application relatifs à certaines lois, et des circulaires, émises par les services des ministères et destinées à préciser ou à éclairer des points particuliers des lois ou des décrets. Ces textes peuvent être rassemblés sous forme de codes juridiques. En droit social, les codes juridiques de référence sont le Code du travail, qui rassemble la totalité des textes relatifs au travail, aux conditions de travail, à l'hygiène et à la sécurité, et le Code de la Sécurité sociale qui récapitule la réglementation relative à ce domaine [26].

### **III.3 .DEFINITION DE LA NORME**

« Document établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné :» [27].

La norme est un document de Référence et intitulé de la norme sur un sujet donné. Il indique l'état de la science, de la technologie et des savoir-faire au moment de la rédaction.

Pour être considéré comme une norme, le document doit remplir deux conditions :

- les moyens et méthodes décrits doivent être reproductibles en utilisant et respectant les conditions qui sont indiqués,
- elle doit avoir reçu la reconnaissance de tous.

C'est un référentiel incontestable commun proposant des solutions techniques et commerciales. Elles sont utilisées pour simplifier les relations contractuelles. Une norme est le résultat d'un consensus élaboré par un processus dit de normalisation.

Dans le cas général, un fabricant ou un prestataire de service n'est pas obligé de suivre une norme. Elles peuvent cependant être imposées par un donneur d'ordre pour la réalisation d'un contrat. Dans certains cas, le droit peut imposer l'utilisation d'une norme industrielle

Les normes sont élaborées par des organismes dont les plus connus sont :

- au niveau international
  - l'ISO (International Organization for Standardization) — 1947 ;
  - le CEI (Commission Électrotechnique Internationale) ;
  - l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) ;
- au niveau européen
  - le CEN (Comité Européen de Normalisation) — 1961 ;
  - le CENELEC (Comité Européen de Normalisation pour l'Électrotechnique) ;
  - PETS' (European Télécommunications Standard Institut) ;
- au niveau français
  - l'AFNOR (Association Française de Normalisation) ;
  - l'UTE (Union Technique de l'Électricité)
- au niveau algérien
  - L'IANOR (Institut Algérien de Normalisation)
- au niveau des pays étrangers
  - le SSC (Standards Council of Canada) ;
  - L'IBN (Institut Belge de Normalisation) ;
  - l'ASTM (American Society for the Testing of Materials) ;
  - LE SNV (Schweizerischen Normen Vereinigung) ; le DIN (Deutsche Industrie Normen) ;
  - le BSI (British Standard Institute) ;
  - l'ANSI (American National Standard Institute) ;

### **3.1. TYPES DE NORMES**

On distingue quatre types de normes :

- Les normes fondamentales : elles donnent les règles en matière de terminologie, sigles, symboles, métrologie (ISO 31 : grandeurs et unités).

- Les normes de spécifications : elles indiquent les caractéristiques, les seuils de performance d'un produit ou d'un service.
- Les normes d'analyse et d'essais : elles indiquent les méthodes et moyens pour la réalisation d'un essai sur un produit (exemple : ISO 6506-1 : Matériaux métalliques Essai de dureté Brinell - Partie 1 : Méthode d'essai).
- Les normes d'organisation : elles décrivent les fonctions et les relations organisationnelles à l'intérieur d'une entité (exemple : ISO 9001 : Systèmes de management de la qualité — Exigences).

### **III.4. L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION (ISO)**

Une norme devient ISO (International Organization for Standardization) lorsqu'elle acquiert un statut international, suite à l'établissement d'un consensus entre les comités nationaux, constitués des experts représentatifs du domaine. Fin 2011, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) compte 162 pays membres et a publié environ 19 500 normes actives depuis sa création en 1947.

L'ISO est un organisme non gouvernemental et non un organe de réglementation ou de législation. Son rôle n'est pas de mettre en vigueur les normes établies. Les démarches pour leur obtention sont donc volontaires de la part des entreprises ou institution.

En revanche, une norme ISO peut servir de base technique pour les gouvernements dans l'élaboration de leur réglementation ou devenir une exigence du marché [27].

#### **4.1. Les Membres de l'ISO**

Nous sommes un réseau d'organismes nationaux de normalisation. Nos membres sont les organisations de normalisation leaders dans leur pays, à raison d'un membre par pays — chaque membre représentant l'ISO dans son propre pays. Les personnes et les entreprises ne peuvent donc être admises en tant que membres de l'ISO.

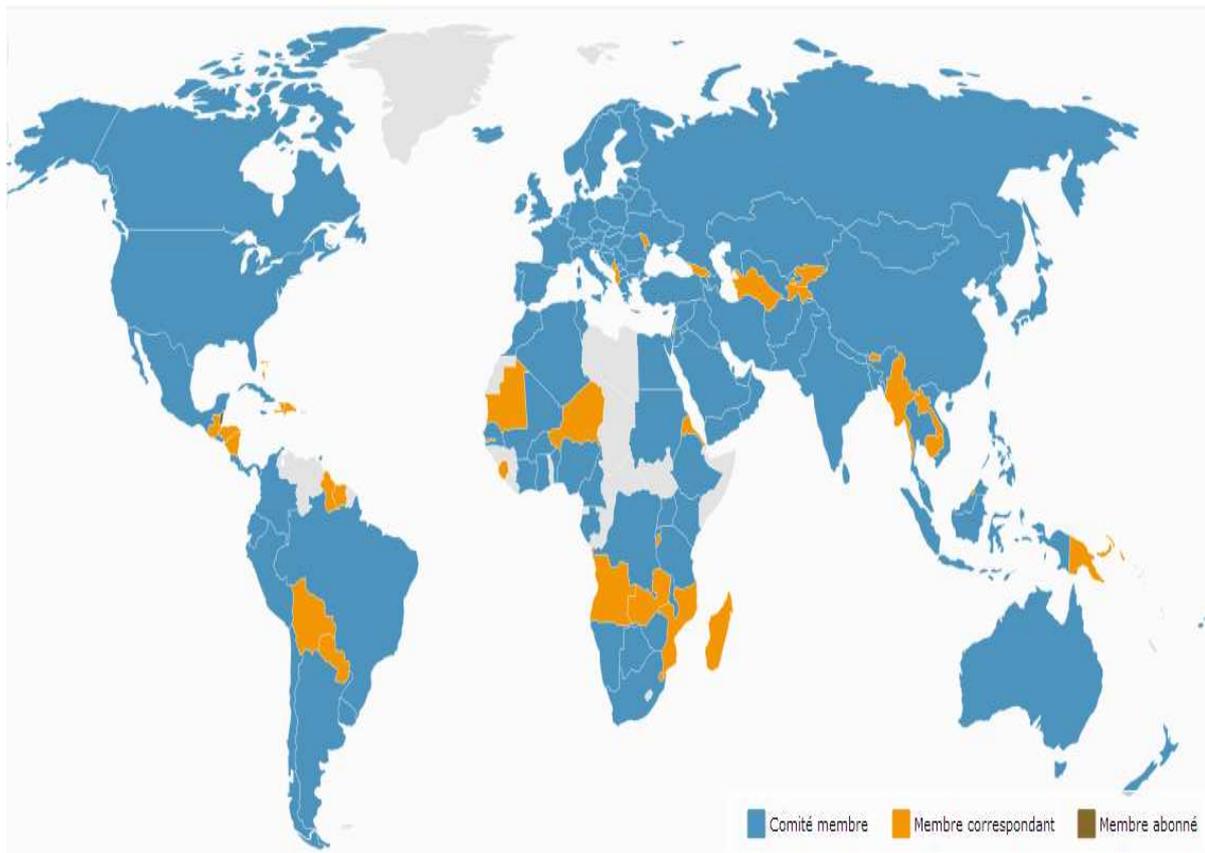
Nous avons trois catégories de membres, avec différents niveaux d'accès et d'influence dans le système ISO. Ainsi, chacun y a sa place, et nous tenons compte des besoins et des capacités des différents membres.

Les membres à part entière influencent les travaux de normalisation et les stratégies ISO. Ils sont habilités à participer avec plein droit de vote à toutes les réunions techniques et politiques de l'ISO. Les membres à part entière vendent les Normes internationales ISO et peuvent les adopter en tant que normes nationales.

Les membres correspondants observent la mise au point des normes et des stratégies ISO. Ils sont habilités à assister en qualité d'observateurs aux réunions

techniques et politiques. Les membres correspondants vendent les Normes internationales ISO et peuvent les adopter en tant que normes nationales.

Les membres abonnés sont tenus informés des activités de l'ISO mais ne peuvent y participer. Ils ne sont pas autorisés à vendre les Normes internationales ISO ni à les adopter en tant que normes nationales [28].



**Figure 3.1 : catégories de membres ISO**

Tableau 3.1 : Les membres d'ISO

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Afghanistan	<a href="#">ANSA</a>	Comité membre	5	1
Afrique du Sud	<a href="#">SABS</a>	Comité membre	435	5
Albanie	<a href="#">DPS</a>	Membre correspondant	5	4
Algérie	<a href="#">IANOR</a>	Comité membre	66	3
Allemagne	<a href="#">DIN</a>	Comité membre	733	5
Angola	<a href="#">IANORO</a>	Membre correspondant	4	2
Antigua-et-Barbuda	<a href="#">ABBS</a>	Membre abonné	4	1
Arabie saoudite	<a href="#">SASO</a>	Comité membre	211	4
Argentine	<a href="#">IRAM</a>	Comité membre	374	4
Arménie	<a href="#">SARM</a>	Comité membre	62	3
Australie	<a href="#">SA</a>	Comité membre	378	5
Autriche	<a href="#">ASI</a>	Comité membre	540	3
Azerbaïdjan	<a href="#">AZSTAND</a>	Comité membre	11	4
Bahamas	<a href="#">BBSQ</a>	Membre correspondant	5	1
Bahreïn	<a href="#">BSMD</a>	Comité membre	17	2
Bangladesh	<a href="#">BSTI</a>	Comité membre	26	2
Barbade	<a href="#">BNSI</a>	Comité membre	39	4
Belgique	<a href="#">NBN</a>	Comité membre	582	3
Belize	<a href="#">BZBS</a>	Membre abonné	2	1
Bhoutan	<a href="#">BSB</a>	Membre correspondant	14	2
Bolivie, l'État plurinational de la	<a href="#">IBNORCA</a>	Membre correspondant	14	3

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Bosnie-Herzégovine	<a href="#">BAS</a>	Comité membre	93	4
Botswana	<a href="#">BOBS</a>	Comité membre	34	3
Brunei	<a href="#">ABCI</a>	Membre correspondant	5	4
Bésil	<a href="#">ABNT</a>	Comité membre	250	5
Bulgarie	<a href="#">BDS</a>	Comité membre	348	4
Burkina	<a href="#">ABNORM</a>	Comité membre	3	1
Burundi	<a href="#">BBN</a>	Membre correspondant	11	3
Bélarus	<a href="#">BELST</a>	Comité membre	167	4
Bénin	<a href="#">ANM</a>	Comité membre	2	1
Cambodge	<a href="#">ISC</a>	Membre correspondant	7	1
Cameroun	<a href="#">ANOR</a>	Comité membre	36	4
Canada	<a href="#">SCC</a>	Comité membre	375	4
Chili	<a href="#">INN</a>	Comité membre	166	4
Chine	<a href="#">SAC</a>	Comité membre	730	5
Chypre	<a href="#">CYS</a>	Comité membre	101	2
Colombie	<a href="#">ICONTEC</a>	Comité membre	161	3
Congo, République démocratique	<a href="#">OCC</a>	Comité membre	32	2
Corée, République de	<a href="#">KATS</a>	Comité membre	726	5
Corée, République populaire démocratique de	<a href="#">CSK</a>	Comité membre	95	2
Costa Rica	<a href="#">INTECO</a>	Comité membre	38	3

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Croatie	<a href="#">HZN</a>	Comité membre	176	3
Cuba	<a href="#">NC</a>	Comité membre	202	4
Côte d'Ivoire	<a href="#">CODINORM</a>	Comité membre	55	3
Danemark	<a href="#">DS</a>	Comité membre	339	4
Dominicaine, République	<a href="#">INDOCAL</a>	Membre correspondant	7	3
Dominique	<a href="#">DBOS</a>	Membre correspondant	7	3
Espagne	<a href="#">UNE</a>	Comité membre	643	4
Estonie	<a href="#">EVS</a>	Comité membre	98	2
Fidji	<a href="#">DNTMS</a>	Comité membre	10	3
Finlande	<a href="#">SFS</a>	Comité membre	588	5
France	<a href="#">AFNOR</a>	Comité membre	742	5
Gabon	<a href="#">AGANOR</a>	Comité membre	15	3
Gambie	<a href="#">TGSB</a>	Membre correspondant	5	3
Ghana	<a href="#">GSA</a>	Comité membre	34	3
Grèce	<a href="#">NQIS ELOT</a>	Comité membre	200	4
Guatemala	<a href="#">COGUANOR</a>	Membre correspondant	6	2
Guinée	<a href="#">IGNM</a>	Membre correspondant	0	0
Guyana	<a href="#">GNBS</a>	Membre correspondant	0	1
Géorgie	<a href="#">GEOSTM</a>	Membre correspondant	6	2
Haïti	<a href="#">BHN</a>	Membre correspondant	2	1
Honduras	<a href="#">OHN</a>	Membre correspondant	3	1

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Hong Kong	<a href="#">ITCHKSAR</a>	Membre correspondant	247	3
Hongrie	<a href="#">MSZT</a>	Comité membre	491	4
Inde	<a href="#">BIS</a>	Comité membre	649	4
Indonésie	<a href="#">BSN</a>	Comité membre	249	4
Iran, République islamique d'	<a href="#">ISIRI</a>	Comité membre	562	4
Iraq	<a href="#">COSQC</a>	Comité membre	36	4
Irlande	<a href="#">NSAI</a>	Comité membre	327	4
Islande	<a href="#">IST</a>	Comité membre	149	3
Israël	<a href="#">SII</a>	Comité membre	250	4
Italie	<a href="#">UNI</a>	Comité membre	693	4
Jamaïque	<a href="#">BSJ</a>	Comité membre	40	3
Japon	<a href="#">JISC</a>	Comité membre	716	5
Jordanie	<a href="#">JSMO</a>	Comité membre	36	3
Kazakhstan	<a href="#">KAZMEMST</a>	Comité membre	95	4
Kenya	<a href="#">KEBS</a>	Comité membre	222	4
Kirghizistan	<a href="#">KYRGYZST</a>	Membre correspondant	3	1
Koweït	<a href="#">KOWSMD</a>	Comité membre	14	2
Lao, République démocratique populaire	<a href="#">DOSM</a>	Membre correspondant	5	0
Lettonie	<a href="#">LVS</a>	Comité membre	9	4
Liban	<a href="#">LIBNOR</a>	Comité membre	34	3

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Lituanie	<a href="#">LST</a>	Comité membre	67	4
Luxembourg	<a href="#">ILNAS</a>	Comité membre	97	3
Macao	<a href="#">CPTTM</a>	Membre correspondant	16	2
Macédoine, l'ex-République yougoslave de	<a href="#">ISRM</a>	Comité membre	12	2
Madagascar	<a href="#">BNM</a>	Membre correspondant	1	1
Malaisie	<a href="#">DSM</a>	Comité membre	280	5
Malawi	<a href="#">MBS</a>	Comité membre	10	2
Mali	<a href="#">AMANORM</a>	Comité membre	18	4
Malte	<a href="#">MCCAA</a>	Comité membre	44	4
Maroc	<a href="#">IMANOR</a>	Comité membre	101	3
Maurice	<a href="#">MSB</a>	Comité membre	72	3
Mauritanie	<a href="#">DNPQ</a>	Membre correspondant	9	2
Mexique	<a href="#">DGN</a>	Comité membre	131	4
Moldova , République de	<a href="#">ISM</a>	Membre correspondant	44	4
Mongolie	<a href="#">MASM</a>	Comité membre	252	4
Monténégro	<a href="#">ISME</a>	Membre correspondant	68	2
Mozambique	<a href="#">INNOQ</a>	Membre correspondant	8	3
Myanmar	<a href="#">DRI</a>	Membre correspondant	8	3
Namibie	<a href="#">NSI</a>	Comité membre	19	4
Nicaragua	<a href="#">DNM</a>	Membre correspondant	0	2

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Niger	<a href="#">DNPQM</a>	Membre correspondant	4	1
Nigéria	<a href="#">SON</a>	Comité membre	62	3
Norvège	<a href="#">SN</a>	Comité membre	329	3
Nouvelle-Zélande	<a href="#">NZSO</a>	Comité membre	179	4
Népal	<a href="#">NBSM</a>	Comité membre	5	3
Oman	<a href="#">DGSM</a>	Comité membre	24	3
Ouganda	<a href="#">UNBS</a>	Comité membre	43	2
Ouzbékistan	<a href="#">UZSTANDARD</a>	Comité membre	8	2
Pakistan	<a href="#">PSQCA</a>	Comité membre	191	3
Palestine, État de	<a href="#">PSI</a>	Membre correspondant	13	3
Panama	<a href="#">COPANIT</a>	Comité membre	55	3
Papouasie-Nouvelle-Guinée	<a href="#">NISIT</a>	Membre correspondant	4	1
Paraguay	<a href="#">INTN</a>	Membre correspondant	0	1
Pays-Bas	<a href="#">NEN</a>	Comité membre	617	4
Philippines	<a href="#">BPS</a>	Comité membre	132	3
Pologne	<a href="#">PKN</a>	Comité membre	644	4
Portugal	<a href="#">IPQ</a>	Comité membre	424	4
Pérou	<a href="#">INACAL</a>	Comité membre	43	4
Qatar	<a href="#">QS</a>	Comité membre	39	3
Roumanie	<a href="#">ASRO</a>	Comité membre	678	4
Royaume-Uni	<a href="#">BSI</a>	Comité membre	739	5

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Russie, Fédération de	<a href="#">GOST R</a>	Comité membre	647	5
Rwanda	<a href="#">RSB</a>	Comité membre	25	2
République arabe syrienne	<a href="#">SASMO</a>	Comité membre	0	0
Saint-Kitts-et-Nevis	<a href="#">SKNBS</a>	Membre correspondant	4	1
Saint-Vincent-et-les-Grenadines	<a href="#">SVGBS</a>	Membre abonné	5	0
Sainte-Lucie	<a href="#">SLBS</a>	Comité membre	6	3
Salvador	<a href="#">OSN</a>	Comité membre	12	3
Serbie	<a href="#">ISS</a>	Comité membre	483	4
Seychelles	<a href="#">SBS</a>	Membre correspondant	20	3
Sierra Leone	<a href="#">SLSB</a>	Membre correspondant	6	2
Singapour	<a href="#">SPRING SG</a>	Comité membre	165	3
Slovaquie	<a href="#">SOSMT</a>	Comité membre	475	3
Slovénie	<a href="#">SIST</a>	Comité membre	96	4
Soudan	<a href="#">SSMO</a>	Comité membre	15	3
Sri Lanka	<a href="#">SLSI</a>	Comité membre	196	3
Suisse	<a href="#">SNV</a>	Comité membre	567	5
Suriname	<a href="#">SSB</a>	Membre correspondant	19	2
Suède	<a href="#">SIS</a>	Comité membre	555	5
Swaziland	<a href="#">SWASA</a>	Membre correspondant	13	3
Sénégal	<a href="#">ASN</a>	Comité membre	10	3
Tadjikistan	<a href="#">TJKSTN</a>	Membre correspondant	9	1

Pays	Sigle	Catégorie de Membre	Participation TC	Participation PDC
Tanzanie, République-Unie de	<a href="#">TBS</a>	Comité membre	155	4
Tchèque, République	<a href="#">UNMZ</a>	Comité membre	678	4
Thaïlande	<a href="#">TISI</a>	Comité membre	302	4
Trinité-et-Tobago	<a href="#">TTBS</a>	Comité membre	62	3
Tunisie	<a href="#">INNORPI</a>	Comité membre	168	4
Turkménistan	<a href="#">MSST</a>	Membre correspondant	5	2
Turquie	<a href="#">TSE</a>	Comité membre	380	4
Ukraine	<a href="#">DSTU</a>	Comité membre	339	4
Uruguay	<a href="#">UNIT</a>	Comité membre	53	3
Viet Nam	<a href="#">STAMEQ</a>	Comité membre	87	4
Yémen	<a href="#">YSMO</a>	Comité membre	12	1
Zambie	<a href="#">ZABS</a>	Membre correspondant	26	3
Zimbabwe	<a href="#">SAZ</a>	Comité membre	53	3
Égypte	<a href="#">EOS</a>	Comité membre	302	4
Émirats arabes unis	<a href="#">ESMA</a>	Comité membre	44	3
Équateur	<a href="#">INEN</a>	Comité membre	49	3
Érythrée	<a href="#">ESI</a>	Membre correspondant	4	1
États-Unis	<a href="#">ANSI</a>	Comité membre	598	5
Éthiopie	<a href="#">ESA</a>	Comité membre	65	3

### III.5. Institut Algérien De Normalisation (L'IANOR)

L'institut Algérien de Normalisation (IANOR) a été érigé en établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) par Décret Exécutif n° 98-69 du 21 Février 1998 modifié et complété par le Décret exécutif Décret exécutif n° 11-20 du 25 janvier 2011.

Il est chargé de :

- L'élaboration, la publication et la diffusion des normes algériennes.
- La centralisation et la coordination de l'ensemble des travaux de normalisation entrepris par les structures existantes et celles qui seront créées à cet effet.
- L'adoption de marques de conformité aux normes algériennes et de labels de qualité ainsi que la délivrance d'autorisation de l'utilisation de ces marques et le contrôle de leur usage dans le cadre de la législation en vigueur.
- La promotion de travaux, recherches, essais en Algérie ou à l'étranger ainsi que l'aménagement d'installations d'essais nécessaires à l'établissement de normes et à la garantie de leur mise en application.
- La constitution, la conservation et la mise à la disposition de toute documentation ou information relative à la normalisation.
- L'application des conventions et accords internationaux dans les domaines de la normalisation auxquels l'Algérie est partie.
- Assure le secrétariat du Conseil National de la Normalisation (CNN) et des Comités Techniques de Normalisation.
- L'Institut Algérien de Normalisation est en outre le point d'information algérien sur les Obstacles Techniques au Commerce (OTC) et ce conformément à l'accord OTC de l'Organisation Mondiale du Commerce. [29]

#### LISTE DES PROJETS DE NORMES ADOPTEES PAR DIVISIONS (ANNÉE 2015)

REF.	SOURCE DOCUMENTAIRE	INTITULE
NA CEI 60076-10-1 (NA 16186)	CEI 60072-10-1(2005)	Transformateurs de puissance - Détermination des niveaux de bruit - Guide d'application
NA 3278	ISO 1996-1	Acoustique -- Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation
NA 17723	NA 17723	Acoustique - Lignes directrices pour la réduction du bruit dans les bureaux et locaux de travail au moyen d'écrans acoustiques

### **III.6. Conclusion**

Cette partie a été élaborée dans le souci d'estimer l'aspect réglementaire et normatif ainsi la position qu'occupe la réglementation et la norme dans le processus de prévention et de protection des travailleurs.

Une anomalie apparente dans le domaine de la sécurité au niveau national est que malgré les participations de nos cadres dans les manifestations scientifiques internationales et nationales, l'application par certaines entreprises des recommandations des organisations de normes et de standardisations reste très faible.

## IV.1.Introduction

Ce chapitre peut se présenter comme la partie spéciale du projet. La méthode statistique de corrélation sera expliquée et appliquée.

Les appareils de mesure et leurs caractéristiques techniques ainsi que leurs principes de fonctionnement feront aussi l'objet de ce chapitre.

Le Stand expérimental de ce travail monté à la salle C15 du département d'électromécanique occupera une bonne partie du présent chapitre.

## IV.2 .Méthode de CORRÉLATION

La corrélation est une notion couramment utilisée dans toutes les applications statistiques. Elle permet d'étudier la liaison que l'on rencontre fréquemment entre deux variables dans toutes les sciences humaines ou appliquées. Toutefois, la définition statistique de la corrélation est plus précise que le sens courant du terme : elle ne concerne que des variables statistiques quantitatives, c'est-à-dire dont on peut calculer les moyennes.

### Notations

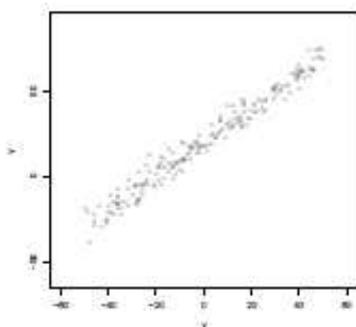
On considère  $n$  individus sur lesquels on mesure  $X$  et  $Y$  deux variables quantitatives.

Pour chaque individu  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ), on dispose d'un couple d'observations  $(x_i ; y_i)$  qui représente les valeurs prises par  $X$  et  $Y$  pour l'individu  $i$

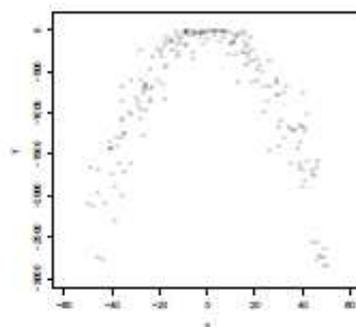
### 2.1.Représentation graphique

Graphique pour représenter deux variables quantitatives **nuage de points**

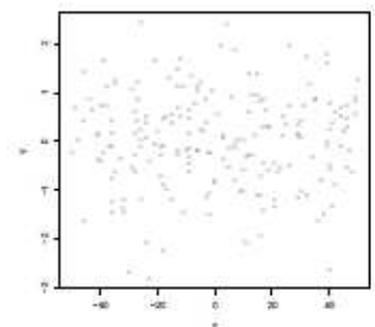
1<sup>ère</sup> étape de toute analyse de liaison : apprécier la forme de la relation entre les deux variables



liaison linéaire



liaison polynomiale



pas de liaison

## 2.2. Covariance

Mesure de la variation simultanée de deux variables aléatoires. La covariance permet d'évaluer l'importance et le sens de cette variation.

$$\sigma_{XY} = \text{cov}[X, Y] = E[XY] - E[X]E[Y]$$

si les variables sont liées, la covariance est importante.

- une covariance peut être positive, négative ou nulle.
- Si les variables sont indépendantes  $\rightarrow \sigma_{XY} = 0$

## 2.3. Estimation de la covariance

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum x_i y_i - \bar{x}\bar{y}$$

**Remarque** :  $S_{XY}$  est un estimateur biaisé de  $\sigma_{XY}$ .

On lui applique la correction  $\frac{n}{n-1} S_{XY}$

Remarque :

- $\text{cov}(X; Y) = \text{cov}(Y; X)$
- $\text{cov}(aX; Y) = a \text{cov}(X; Y) = a \text{cov}(Y; X)$
- $\text{cov}(X; X) = \text{Var}(X)$
- $\text{Var}(X + Y) = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y) + 2\text{cov}(X; Y)$

## 2.4 .Coefficient de corrélation linéaire

### Coefficient de corrélation théorique

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[XY] - E[X]E[Y]}{\sigma_X \sigma_Y} \in [-1; 1]$$

Si  $X$  et  $Y$  sont indépendants alors  $\underbrace{E[XY] = E[X]E[Y]}_{\text{covariance nulle}}$  donc  $\rho = 0$

Si  $\rho = 0$  et  $X$  et  $Y$  sont distribués normalement alors  $X$  et  $Y$  sont indépendants.

Si  $|\rho|=1$  il existe une relation linéaire parfaite entre  $X$  et  $Y$  du type

$$Y=\beta_1 X+\beta_0$$

### Coefficient de corrélation de Bravais-Pearson

$\rho$  est estimé par

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2)(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2)}}$$

## 2.5 .Interprétation du coefficient de corrélation linéaire

$\rho$  mesure la **relation linéaire** entre deux variables quantitatives  $X$  et  $Y$ ,  $\rho$  est toujours compris entre -1 et 1.

- Si  $\rho=0$ , les variations des variables  $X$  et  $Y$  sont indépendantes (si  $X$  et  $Y$  distribuées normalement).
- Si  $\rho>0$ , les valeurs prises par  $Y$  ont tendance à décroître quand les valeurs de  $X$  augmentent.
- Si  $\rho<0$ , les valeurs prises par  $Y$  ont tendance à décroître quand les valeurs de  $X$  augmentent.

La liaison linéaire est d'autant plus forte que  $|\rho|$  est proche de 1.

Le coefficient de corrélation mesure de façon symétrique la relation entre les deux variables, sans notion de contrôle sur l'une des deux variables :  $\rho_{XY}=\rho_{YX}$

### Remarques

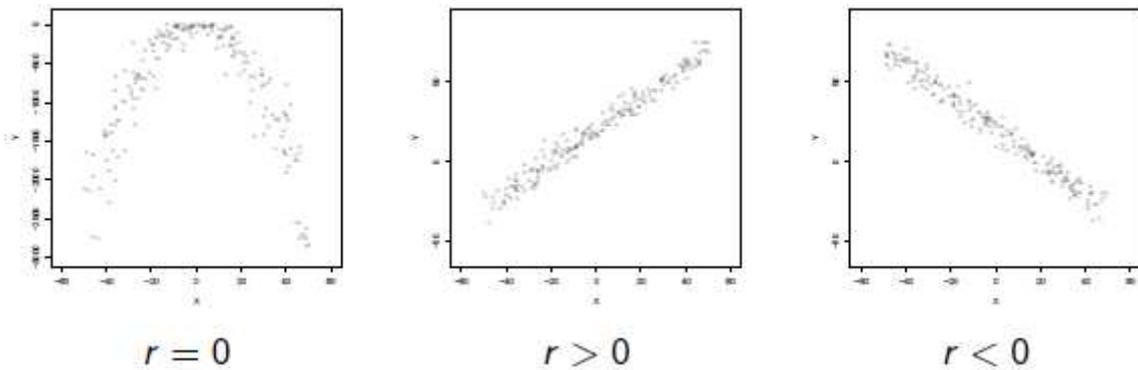
$r$  est très sensible aux valeurs extrêmes.

Intérêt représentation graphique

Statistiques descriptives uni variées

On peut avoir une liaison même si  $r=0$  ;

$r$  mesure seulement le caractère **linéaire** d'une liaison.



### 2.6 .Test du coefficient de corrélation

Après le calcul du coefficient de corrélation  $r$  estimé sur un échantillon, il faut déterminer si le coefficient de corrélation  $\rho$  est significativement différent de 0.

$H_0 : \rho = 0$  (absence de liaison [linéaire] entre X et Y)

$H_1$  bilatérale :  $\rho \neq 0$  (existence d'une liaison entre X et Y)

Sous l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) :

Le rapport de l'estimateur du coefficient de corrélation  $r$  sur son écart type suit une loi de Student à  $(n-2)$  degrés de liberté.

$n$  est l'effectif de l'échantillon.

$$\frac{r}{S_r} \rightarrow t_{(n-2)ddl}$$

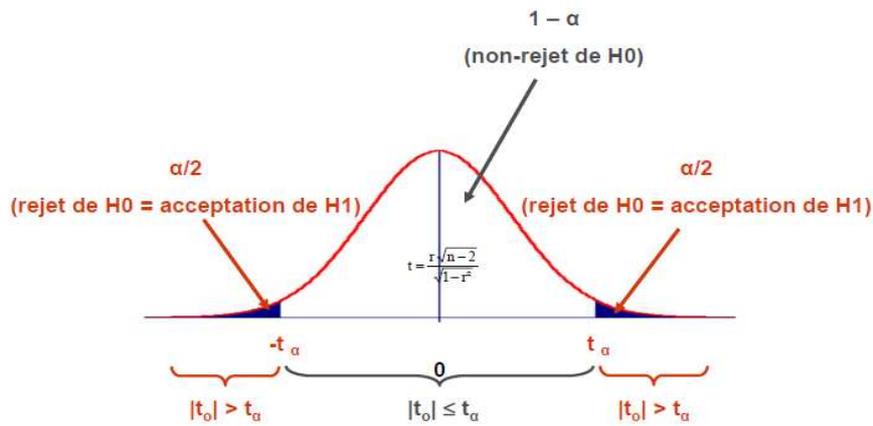
L'estimateur de l'écart-type du coefficient de corrélation est égal à :  $S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}$

Le test du coefficient de corrélation consiste à calculer la grandeur  $t_0$  et à la comparer à la valeur seuil  $\alpha$  sur la table de la loi de Student à  $(n-2)$  degrés de libertés.

Conditions d'application

- indépendance des observations
- liaison linéaire entre X et Y
- distribution conditionnelle normale et de variance constante

$$t_0 = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$



Abscisses : valeurs possibles de t sous H0 ( $\rho = 0$ )

$t_0$  : valeur observée/calculée de t sur l'échantillon

Détermination du degré de signification associé à  $t_0$  (P-value)

Exemple :

- $t_0 = 2.12$
- $n = 20$

$0.02 < P < 0.05$

$P < \alpha \rightarrow$  rejet de H0

$(n-2) = 18$  ddl

Table de  $t$  (\*).  
La table donne la probabilité  $\alpha$  pour que  $t$  égale ou dépasse, en valeur absolue, une valeur donnée, en fonction du nombre de degrés de liberté (d.d.l.).

d.d.l.	0,90	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,158	1,000	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	0,142	0,816	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3	0,137	0,765	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,134	0,741	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,132	0,727	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,131	0,718	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,130	0,711	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,130	0,706	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,129	0,703	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,129	0,700	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,129	0,697	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,128	0,695	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,128	0,694	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,128	0,692	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,128	0,691	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,128	0,690	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,128	0,689	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,127	0,688	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,127	0,688	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,127	0,687	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,127	0,686	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,127	0,686	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,127	0,685	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767
24	0,127	0,685	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,127	0,684	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,127	0,684	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,127	0,684	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28	0,127	0,683	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,127	0,683	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30	0,127	0,683	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
$\infty$	0,126	0,674	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291

Rappel : P-value = probabilité d'observer une valeur plus grande que  $t_0$  sous l'hypothèse nulle H0

### IV.3. L'appareil qui mesure la pression acoustique :

Le sonomètre est un appareil destiné à mesurer le niveau de pression acoustique qui est couramment utilisé dans les études de pollution sonore pour quantifier toutes sortes de bruit, mais surtout les bruits industriels et environnementaux.

Cependant, le chiffre affiché par un sonomètre en décibels (dB) ne correspond pas nécessairement à la perception sonore de l'homme, pour cela une pondération est nécessaire [31].

#### 3.1. Présentation de sonomètre

L'appareil utilisé est le Roline RO-1350 avec un calibrage de 94 dB, une pondération temporelle « Fast » et fréquentielle « A ».

Le sonomètre utilisé est de type II. Il comprend un microphone, un amplificateur et un diviseur de tension qui permet l'atténuation du signal électrique, afin de rester dans le domaine de linéarité de l'amplificateur (50 à 80 dB) quel que soit le niveau sonore. Cet atténuateur permet

également l'affichage d'un mesurage facile à lire ou la sortie vers un instrument accessoire d'un signal électrique correspondant au domaine de linéarité de cet instrument.

Il comporte aussi les filtres de pondération intercalés entre les étages de l'amplificateur et en particulier le filtre de pondération A et un dispositif de détection et de lecture, comprenant un second amplificateur et un rectificateur quadratique pour que le signal affiché soit proportionnel à la pression efficace du bruit [32].

#### 3.2. Principe de fonctionnement

Le bruit est capté par un microphone placé à l'avant de l'appareil pour éviter les perturbations liées à la réflexion des ondes sonores sur le boîtier de l'appareil. Pour la même raison l'appareil est tenu à bout de bras en direction de la source de bruit pour éviter l'effet d'écran du corps de l'opérateur.

Avant affichage le bruit subit une double pondération, en fréquence pour écrêter les fréquences graves moins nocives pour l'audition et une pondération temporelle, Slow, Fast ou Impulse. Suivant le temps de réponse on écrête une partie plus ou moins importante des bruits impulsifs [33].



Figure : 4.1  
Le sonomètre utilisé

Réglage	Constante de temps
Slow	1s
Fast	125 ms
Impulse	35 s

Tableau 4.1 : Constante de temps ou pondération temporelle.

IV.4 .L'appareil qui mesure la vibration :

4 .1.Mesures et traitements du signal entraîné par la vibration :

Dans le cas général, la chaîne de mesure détecte la vibration mécanique où elle transforme les grandeurs physiques en signaux électriques et les mentionne en fonction du temps (signal temporel). A cause de la difficulté de l'analyse et de la compréhension des signaux temporels, la chaîne de mesure transforme ces derniers du domaine temporel au domaine fréquentiel (spectral) en utilisant la transformé de FOURIER (FT)

4 .2 .Chaîne de mesure :

Une chaîne de mesure est composée principalement de :

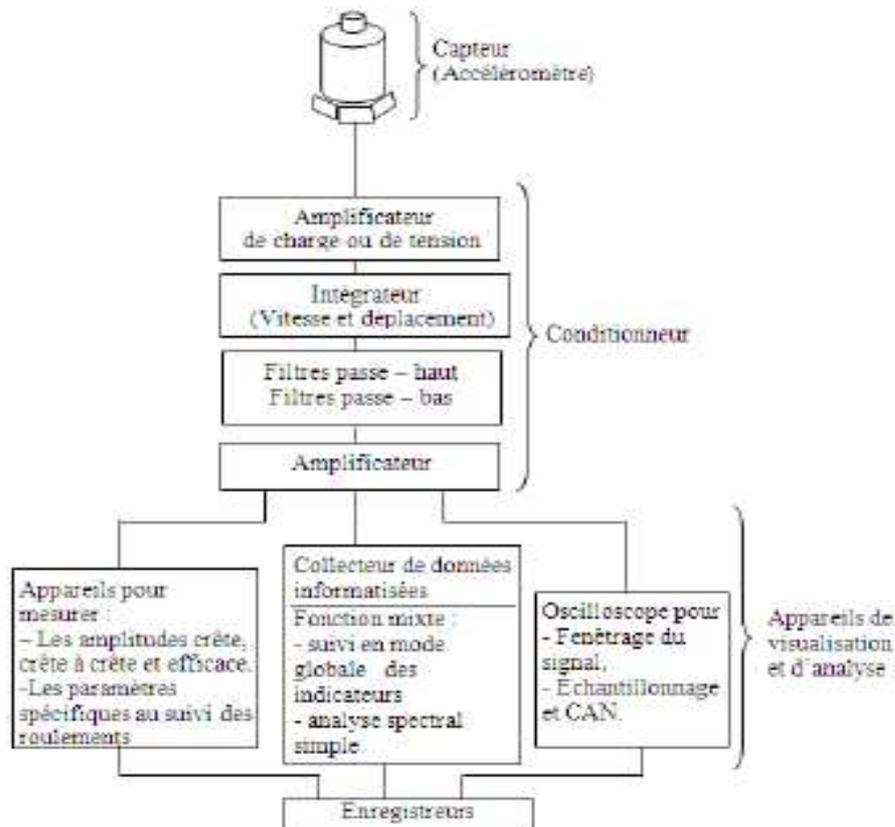


Figure 4.2 : Chaîne de mesure

### 4.3. Transformation de la vibration mécanique en un signal électrique :

C'est le rôle du capteur. Le signal délivré peut être exprimé à l'aide des grandeurs suivantes :

- la tension électrique (en mV/g, mV/ $\mu$ m,...) pour les capteurs de tension,
- la charge électrique (en pC/g) pour les accéléromètres piézo-électriques.

(mV) : millivolt.

g et  $\mu$ m : sont des unités d'amplitude.

pC : picocoulomb ; pC : c'est  $10^{-12}$  coulomb c'est l'unité de la charge électrique [34].

### 4.4. Description de l'appareil PT 500.04 :

L'analyseur de vibration assisté par ordinateur a été développé pour permettre l'interprétation des essais pour le diagnostic de machine de la série PT500. Mais l'appareil de mesure peut également être utilisé avec profil pour de nombreux autres essais relatifs aux vibrations. Le système comprend deux capteurs d'accélération, un capteur de vitesse de rotation, un amplificateur de mesure à gain réglable et un logiciel d'analyse. Les caractéristiques du logiciel d'analyse sont : oscilloscope pour les essais en fonction du temps, analyse de spectre pour les essais en fonction de la fréquence, Appareil de mesure de l'amplitude des vibrations. Le logiciel permet d'appliquer différentes méthodes d'analyse à un signal de vibration et d'en comparer l'efficacité, en utilisant les différentes techniques dont on a parlé dans le troisième chapitre. Il devient ainsi facile de déterminer les avantages et les inconvénients de ces différentes techniques

#### 4.4.1. Chaîne de mesure

##### Analyseur de vibration PT500.04 :

L'analyseur de vibration PT500.04 constitue le cœur de notre système de diagnostic de machines. Il comprend les composants suivants: \* Amplificateur de mesure \* la carte d'acquisition des données \* Logiciel pour l'analyse \* Capteur de vibration \* Capteur de référence



Figure 4.3: différents composants de la chaîne de mesure

L'amplificateur de mesure alimente en tension les capteurs d'accélération et de déplacement et offre un pré amplification réglable. En outre, le signal de vibration peut être émis comme signal de tension via les douilles de sortie. Vous pouvez ainsi intégrer des appareils de mesure autonomes, comme l'oscilloscope, dans le dispositif de mesure. L'amplificateur de mesure offre naturellement la possibilité de raccorder les capteurs de déplacement PT 500.41 disponibles en tant qu'accessoires. Le logiciel d'analyse peut être installé sur les PC classiques fonctionnant sous Windows.

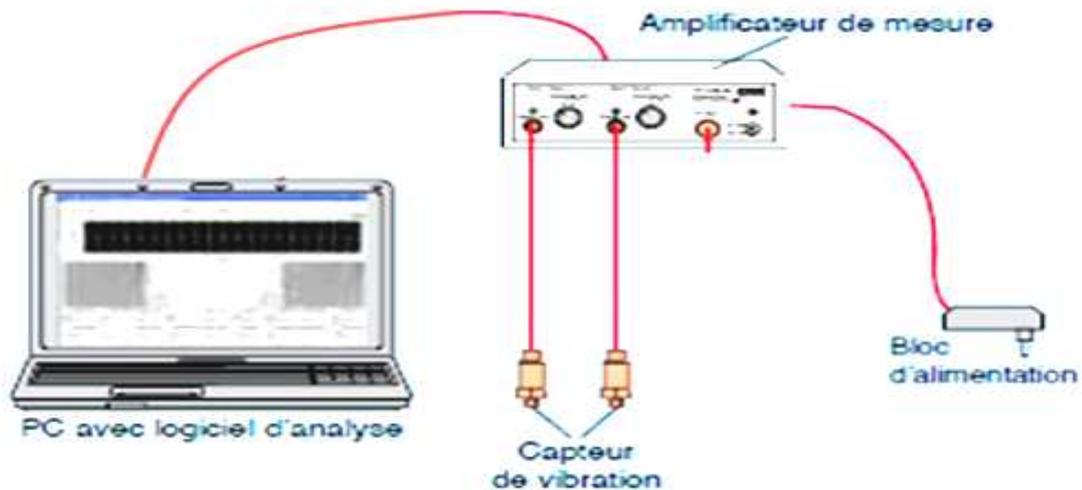


Figure 4.4 : Structure du système de mesure

Les capteurs de vibration utilisés présentent l'avantage de posséder un amplificateur intégré, garantissant ainsi un traitement du signal de mesure insensible aux interférences.

#### Capteurs d'accélération :

Les capteurs d'accélération sont des capteurs piézo-électriques avec une électronique intégrée. Les capteurs convertissent les vibrations mesurées en énergie électrique signaux. Ils se caractérisent par :

- La sensibilité nominale est de 100 mV / g.
- Les capteurs fonctionnent dans une plage de température De -40 °C à +85 °C.
- Le capteur est d'abord vissé dans la pièce jointe adaptateur en utilisant les tiges filetées.
- Les câbles de connexion coaxiale doivent être fixés à la douille sur le capteur.



Figure 4.5 : Capteur avec adaptateur

### **Amplificateur de mesure :**

L'amplificateur de mesure fournit la puissance d'alimentation des capteurs et amplifie les signaux des capteurs de vibrations. Deux commutateurs rotatifs permettent à la pré-amplification d'être choisi comme 1, 10, ou 100. Le signal est envoyé au PC, où il est converti au numérique et le traitement ultérieur. Le facteur d'amplification est également acheminé vers les PC et utilisé lors de la préparation de l'écran. Par exemple, un facteur d'amplification grande doit être choisi, parce que la résolution des signaux après la conversion au numérique sera alors à un optimale.



Figure 4.6 : Amplificateur de mesure [35]

**IV.5. Montage expérimentale**

Cette partie présente une expérimentation pour trouver une liaison entre le bruit e la vibration générées par des machines dans un lieu de travail mais il faut d’abord passer par quatre étapes:

La premier étape consiste à une observation sur le laboratoire, la deuxième mesure le bruit par le sonomètre dans le labo, la troisième étape mesure la vibration après est quatrième l’application de la méthode statistique « corrélation ».

**5.1. Etape d’Observation :**

L’observation de nuisance physique dans le laboratoire C 15 à pour but de sélectionner les endroits où le bruit est élevé. Pour cette étude, l’observation nous permet de distinguer les zones où la il y a les vibrations et le bruit. Le convoyeur à bonde : nuisance sonore et vibration due au le moteur asynchrone, et la rotation de la bonde sur les roux.

**5.2. Etape Mesure Acoustique**

Pour déterminer le niveau de l’intensité sonore, il faut mesurer les niveaux de pression acoustique autour de convoyeur à bonde dans différents points.

Point de Mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lp en dB	87,2	88,2	88,6	87,5	86,7	86,9	88,2	86	86,6	87,6	91	92,8	93,1	91,2	91,6
Point de Mesure	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lp en dB	95,5	96	96,1	96,2	96,5	97,1	97,4	97,5	97,8	98,1	100,3	96,7	92	93,1	90,6
Point de Mesure	31	32	33	34	35	36	37	38							
Lp en dB	90,4	90,3	90	88,4	89,6	88,6	88,2	87,2							

Tableau 4.2 : Pressions acoustiques pour le convoyeur à bonde

5.3 Etape Mesure vibration

Point de Mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Accélération [m/s.]	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
Point de Mesure	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Accélération [m/s.]	0,40	0,41	0,42	0,43	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58
Point de Mesure	31	32	33	34	35	36	37	38							
Accélération [m/s.]	0,62	0,63	0,65	0,70	0,74	0,76	0,86	1,01							

Tableau 4.3 : vibration émis par le convoyeur à bonde

Pour déterminer les vibrations génère par le convoyeur a bonde, il faut mesurer les vibrations autour de convoyeur à bonde dans les différents points, les mesurages des niveaux vibratoires sont effectués afin de déterminer l'exposition vibratoire quotidienne notée dans les conditions les plus stables possible. Les mesurages sont répétés deux fois. La durée d'exposition est estimée, en première approche, à 8 h/j nous allons déterminer plus précisément l'exposition vibratoire quotidienne en procédant à des chronométrages de l'activité de l'opérateur

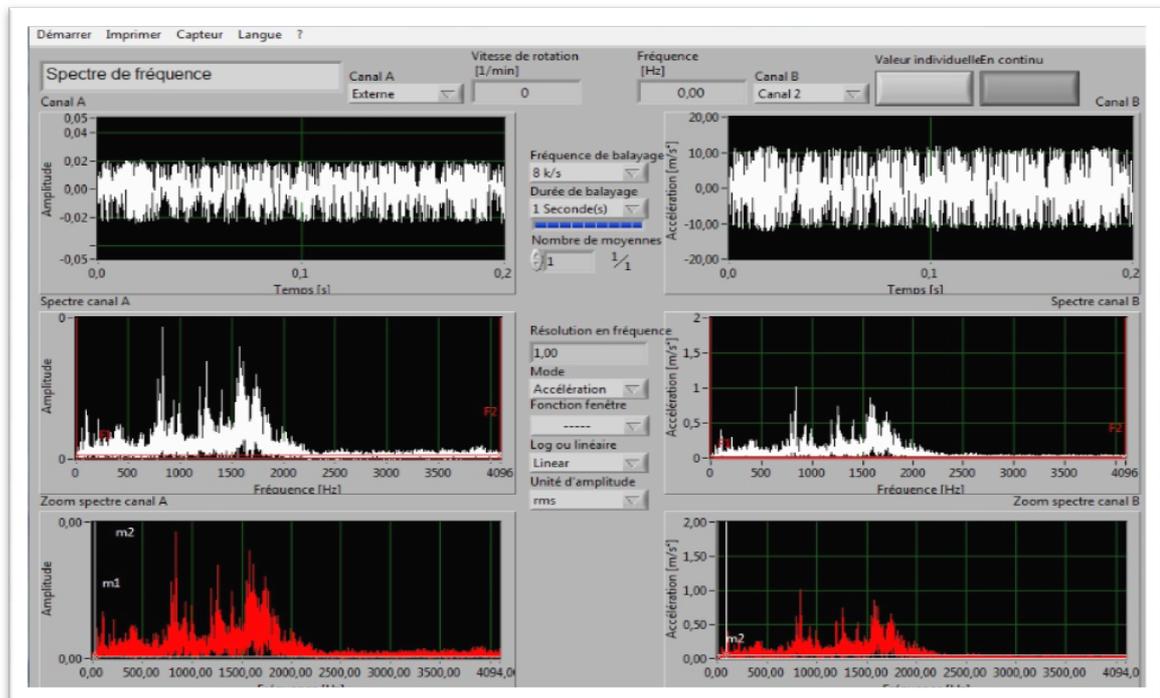


Figure 4.7 : Synoptique des signaux enregistrés au niv .du labo..... [35]

### 5.4 Etape l'application de la méthode statistique « corrélation »

#### A) CALCULE MANUELLE

La liste des nombre sur ce tableau correspond aux resulta de mesure réaliser au laboratoire c15 :

Point de Mesure	Lp en dB	Accélération [m/s.]	Point de Mesure	Lp en dB	Accélération [m/s.]	Point de Mesure	Lp en dB	Accélération [m/s.]	Point de Mesure	Lp en dB	Accélération [m/s.]
1	86	0,25	11	88,6	0,35	21	92,8	0,48	31	96,8	0,62
2	86,6	0,26	12	89,6	0,36	22	93,1	0,49	32	97,1	0,63
3	86,7	0,27	13	90	0,37	23	93,1	0,50	33	97,4	0,65
4	86,9	0,28	14	90,3	0,38	24	95,5	0,51	34	97,5	0,70
5	87,2	0,29	15	90,4	0,39	25	96	0,52	35	97,8	0,74
6	87,5	0,30	16	90,6	0,40	26	96	0,53	36	98,1	0,76
7	87,6	0,31	17	91	0,41	27	96,1	0,54	37	99,2	0,86
8	88,2	0,32	18	91,2	0,42	28	96,2	0,55	38	100,3	1,01
9	88,2	0,33	19	91,6	0,43	29	96,5	0,56	40		
10	88,4	0,34	20	92	0,47	30	96,7	0,58	41		

Tableau 4.4 : resulta de mesure réalisée au laboratoire c15

#### 5.4.1. Représentation graphique des couples de résultats

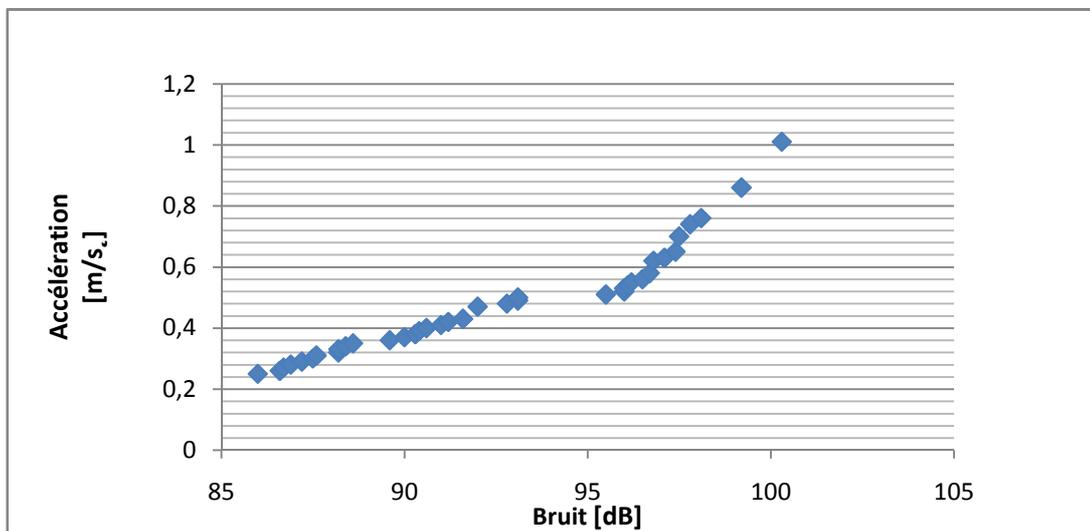


Figure 4.8 : Représentation graphique des couples de résultats

### 5.4.2. Interprétation visuelle d'un nuage de points

Sur le graphique ci-haut, le point de l'abscisse (**axe des X - BRUIT**) augmente de gauche à droite tandis que l'ordonnée (**axe des Y - Accélération**) qui elle augmente de bas en haut. À mesure que les valeurs augmentent, les points se déplacent de la base inférieure gauche vers la droite supérieure plus le nuage de points est plat et se regroupe autour d'une ligne plus la corrélation est forte, l'exemple extrême est une droite elle-même ou les coordonnées de ses points étant liées par une relation du type  $y = a x + b$

### 5.4.3 Mesure de la liaison entre deux variables quantitatives bruit et vibration

$$Y = a + b x$$

OU

$$a = \frac{\sum (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum (x_i - \bar{X})^2} = \frac{\text{Cov}(x, y)}{V(x)}$$

ET

$$b = \bar{Y} - a \bar{X}$$

### 5.4.4 Recherche de la droite des moindres carres

#### Calcul de la moyenne

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N} \quad \bar{X} = \frac{3514,8}{38} = 92,49$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum y_i}{N} \quad \bar{Y} = \frac{18,16}{38} = 0,49$$

#### Calcul de la covariance

$$\text{Cov}(x, y) = \frac{\sum (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{N} = \frac{2337528,5}{38} = 61513,909$$

#### Calcul de la variance x

$$V(x) = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N} = \frac{445063255,1}{38} = 11712190,9$$

#### Calcul de des coefficients :

$$a = \frac{\text{Cov}(x, y)}{V(x)} = \frac{61513,909}{11712190,9} = 0,00525213$$

$$b = \bar{Y} - a \bar{X} = 0,49 - (0,00525213 * 92,49) = 0,01$$

$$Y = 0,0052x + 0,01$$

### 5.4.5. Calcul de la Coefficient Corrélation

$$r = \text{Cov}(x,y) / \sigma(x)\sigma(y)$$

$$\sigma(x) = \sqrt{V(x)} = 3422,30784$$

Calcul de la variance y

$$V(y) = \sum(y_i - Y)^2 / N = 12277,84 / 38 = 323,101226$$

$$\sigma(y) = \sqrt{V(y)} = 17,9750167$$

$$r = 61513,909 / (3422,30784 * 17,9750167) = 0,9999653$$

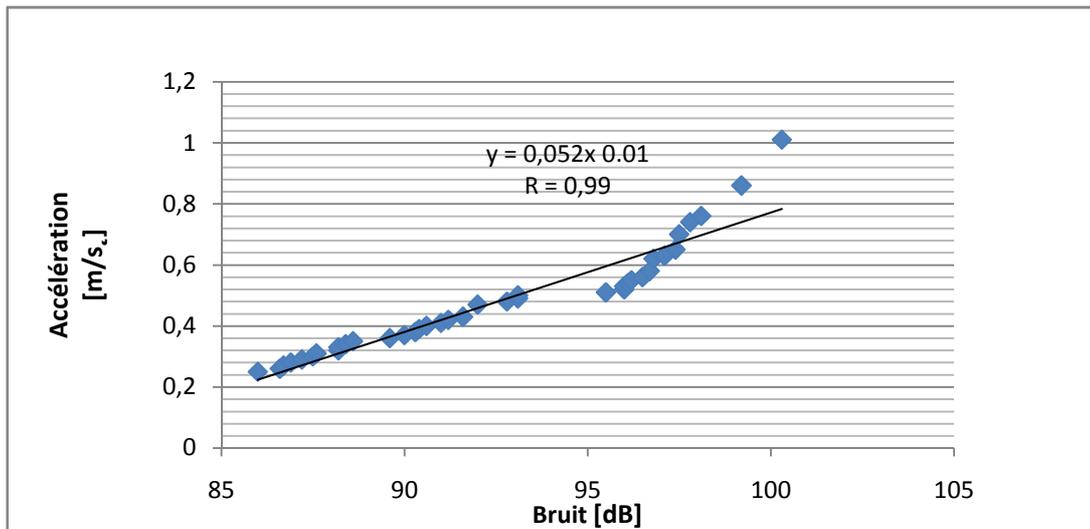


Figure 4.9 : Représentation graphique des résultats

Remarques : Pour **affiner** les Résultats Expérimentaux, l'emploi d'une méthode basée sur un programme sous Matlab, suivra dans ce chapitre.

## B) CALCULE AVEC MATLAB

## % Corrélation linéaire entre deux variables simple

x=[86	y=[0.26
86.6	0.27
86.7	0.28
86.9	0.29
87.2	0.30
87.5	0.31
87.6	0.32
88.2	0.33
88.2	0.34
88.4	0.35
88.6	0.36
89.6	0.37
90	0.38
90.3	0.39
90.4	0.40
90.6	0.41
91	0.42
91.2	0.43
91.6	0.47
92	0.48
92.8	0.49
93.1	0.50
93.1	0.51
95.5	0.52
96	0.53
96	0.54
96.1	0.55
96.2	0.55
96.5	0.56
96.7	0.58
96.8	0.62
97.1	0.63
97.4	0.65
97.5	0.70
97.8	0.74
98.1	0.76
99.2	0.86
100.3];	1.01];

```

X=[x ones(38,1)];
theta=inv(X'*X)*X'*y
yest=X*theta;
plot(x,y,'square');xlabel('Bruit(dB)');ylabel('Vibration (m/s)');
hold on;plot(x,yest,'k');
r=corrcoef([x y])
sr=sqrt((1-r(1,2)^2)/36)
ttest=abs(r(1,2))/sr

```

Ou

$$a = 0,0383 \quad b = -3,0533 \quad Y = 0,0383 * x + 3,0533 \quad r = 0,9431 \quad T = 17,0211$$

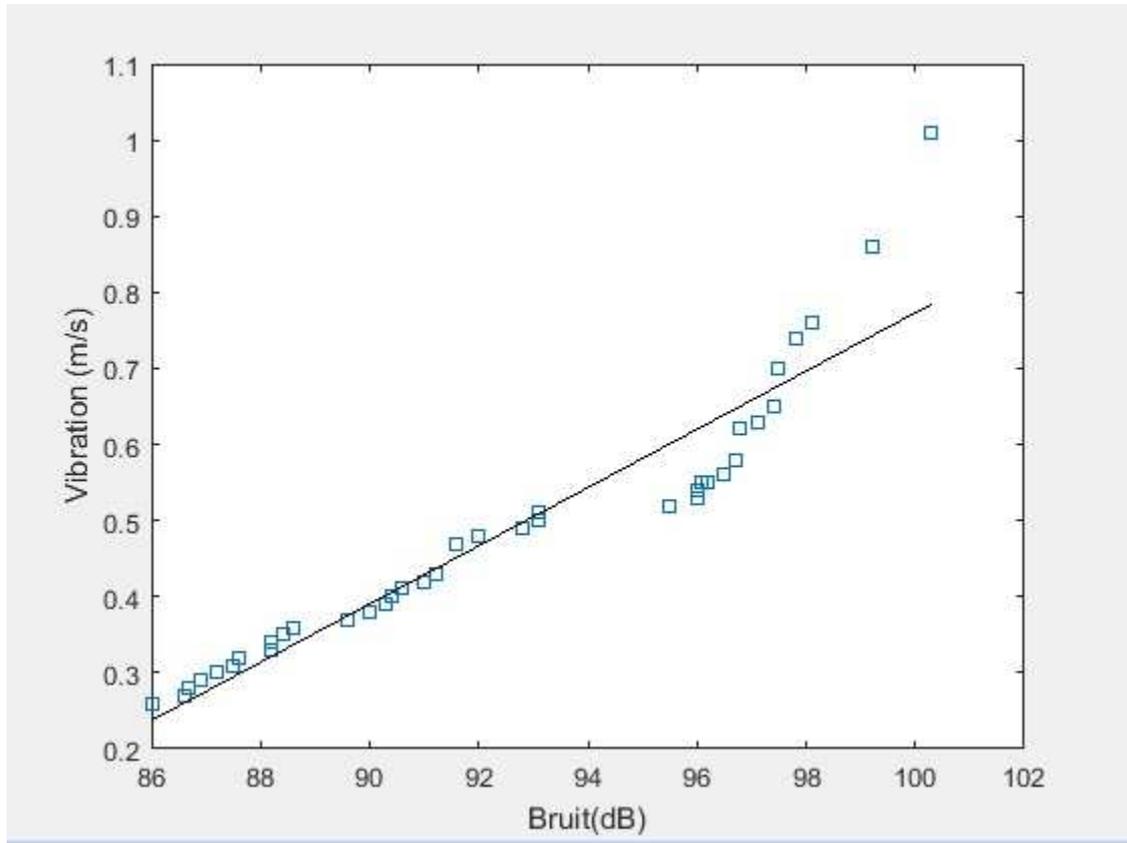


Figure 4.10 : Représentation graphique des résultats de Matlab

#### IV.6 .Conclusion et recommandations

Les résultats laissent entrevoir que l'exposition combinée au bruit et aux vibrations est plus dommageable que l'exposition au bruit seule. La combinaison bruit-vibration cause une dégradation physique prononcée du corps des travailleurs et ce à toutes les fréquences mesurées, alors que les études antérieures la notaient que pour les hautes fréquences.

On a mit en évidence le besoin d'une étude à longs termes pour établir les effets néfastes des nuisances de bruit et vibrations combinées sur le corps du travailleur. Il est aussi recommandé d'établir un seuil propre à la dite combinaison bruit-vibration et que le questionnaire de recherche devrait obligatoirement contenir des éléments concernant ce seuil.

## **Conclusion générale**

Deux nuisances physiques à savoir le bruit et la vibration des machines ont été étudiées. Cette étude a montré l'importance de prendre en considération ce genre de problème pour le bien du personnel et des équipements.

Les informations scientifiques et techniques et la prise en compte du côté réglementaire ont été d'un grand apport dans l'orientation des investigations et du contrôle de la possible non-conformité des processus industriels.

Vu leur importance, l'aspect réglementaire et normatif ont eu une part non négligeable dans cette étude.

De cette étude, il s'avère que malgré la grande masse d'informations que les cadres algériens collectent des congrès et conférences nationaux et internationaux, sont un reflet très faible sur la réalité de nos entreprises.

L'étude a montré que l'exposition au couple « Bruit-Vibration » est bien plus dangereux que l'effet d'une seule nuisance. En effet la nuisance du couple « Bruit-Vibration » est nuisible à tout niveau de fréquences et pas seulement aux hautes d'entre elles.

On a montré dans ce travail, le besoin d'établir la relation entre l'exposition au bruit et aux vibrations nous justifie le réel effet néfaste sur la santé. La nécessité des mesures préventives et réglementaires afin de réduire la dite exposition sont des outils très bénéfiques pour la relation sus mentionnée.

Enfin on a mis en relief l'indispensabilité de porter sur le questionnaire les éléments d'enquête concernant l'exposition au bruit et aux vibrations.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Nuisance, wikipedia,<https://fr.wikipedia.org>
- [2] Tarquin LIKOLI OSUMBE, Niveau de connaissance des habitants de la commune de Limete face à la gestion de leur environnement comme cadre de vie, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, ISTM KIN - Licence en Gesti des Institutions de Santé 2015, <http://www.memoireonline.com>
- [3] Encyclopédie de sécurité et de santé au travail 3<sup>ème</sup> édition, Les risque professionnels partie VI, Chapitre 42 - La chaleur et le froid. W. Larry Kenney
- [4] Agents physiques, Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, <http://www.cchst.com>
- [5] Température au thermomètre globe mouillé, Wikipedia, <https://fr.wikipedia.org>
- [6] M. ATHUYT ET ALL, Ambiance Thermique Notions de confort thermique, Université de la méditerranée, Promotion 2003/2004
- [7] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE, ALGERIENNE, [www.joradp.dz](http://www.joradp.dz)
- [8] <http://www.ianor.dz>
- [9] <https://www.iso.org/>
- [10] Aide-mémoire N°371 du Mai 2016, Qu'est-ce qu'un rayonnement ionisant, <http://www.who.int/>
- [11] Les conséquences des rayonnements ionisants au niveau de l'organisme, pp5, <http://www.irsn.fr>
- [12] Réglementation, Risques de Rayonnements ionisants, <http://www.inrs.fr>
- [13] Les caractéristiques techniques du bruit, <http://www.yvesmassot.com>
- [14] Répercussion physique, <http://www.etudier.com>
- [15] Risques Professionnels, Hygiène Industrielle - Santé au Travail, 2005 ENSPM Formation Industrie - IFP Training
- [16] Définitions de quelques bruits-types, Isolation Acoustique, <http://www.delaunay-acoustique.com>
- [17] Propagation du bruit, Techniques de réduction du bruit en entreprise Quelles solutions, comment choisir, L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)
- [18] Les ondes sonores, Propagation des ondes sonores, <http://www.web-sciences.com>
- [19] Propagation des ondes, <https://fr.wikipedia.org>
- [20] Le bruit, environnement, <http://mairie-coulandon.fr/>
- [21] Intensité sonore et niveau d'intensité sonore, M. Brivet, <http://mbrivet.free.fr>
- [22] Effets du bruit sur la santé, <http://www.inrs.fr>
- [23] Exposition des salariés aux vibrations, risque accidents morts, vision zero risque accidents morts, <http://www.aaa.lu>
- [24] Effet des vibrations sur l'homme, VIBRATIONS, Direction des études Mission Santé-sécurité au travail dans les fonctions publiques (MSSTFP) 27/09/2010, <http://www.intefp-sstfp.travail.gouv.fr/>
- [25] Réglementation, Vibrations transmises à l'ensemble du corps, <http://www.inrs.fr>
- [26] Définition Réglementation, Dictionnaire, <https://www.editions-tissot.fr>

- [27] la veille juridique comme outil d'aide à la décision(Normes et Législation),<http://www.mdipi.gov.dz>
- [28] Membres, ISO, <https://www.iso.org>
- [29] Présentation, <http://www.ianor.dz>
- [30]Michael Genin, corrélation régression linéaire, Université de Lille 2
- [31] le sonomètre, <http://jade-mesure.com>
- [32] A .Hamou, H.Abderrahim et H.Keciba, Présentation de l'appareil, Etude des nuisances sonores dans la Villed'Oran, Université d'Oran,<http://www.enp-oran.dz>
- [33] Principe de fonctionnement, <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr>
- [34]KOUILED Slimane et SAYAH Laid,Investigation expérimentale du phénomène de cavitation dans les pompes,Master en Génie Mécanique Option: Maintenance Industrielle,Université KasdiMerbah–Ouargla
- [35] "PT 500.04 Sensors/ Software For The Vibration Analyses ", Équipement pour l'Enseignement Technique G.U.N.T. GerätebauGmbHFahrenberg 14 D-22885 Barsbüttel ,<http://www.gunt>.

**Tableau synthèse de première phase de calcul**

Nbr	Lp en dB	VIBRATION					
	xi	yi	xi-X	yi-Y	(xi-X)(yi-Y)	(xi-X) <sup>2</sup>	(yi-Y) <sup>2</sup>
1	86	0,26	-3428,8	-18,2	62404,16	11756669,44	331,24
2	86,6	0,27	-3428,2	-18,19	62358,958	11752555,24	330,8761
3	86,7	0,28	-3428,1	-18,18	62322,858	11751869,61	330,5124
4	86,9	0,29	-3427,9	-18,17	62284,943	11750498,41	330,1489
5	87,2	0,30	-3427,6	-18,16	62245,216	11748441,76	329,7856
6	87,5	0,31	-3427,3	-18,15	62205,495	11746385,29	329,4225
7	87,6	0,32	-3427,2	-18,14	62169,408	11745699,84	329,0596
8	88,2	0,33	-3426,6	-18,13	62124,258	11741587,56	328,6969
9	88,2	0,34	-3426,6	-18,12	62089,992	11741587,56	328,3344
10	88,4	0,35	-3426,4	-18,11	62052,104	11740216,96	327,9721
11	88,6	0,36	-3426,2	-18,1	62014,22	11738846,44	327,61
12	89,6	0,37	-3425,2	-18,09	61961,868	11731995,04	327,2481
13	90	0,38	-3424,8	-18,08	61920,384	11729255,04	326,8864
14	90,3	0,39	-3424,5	-18,07	61880,715	11727200,25	326,5249
15	90,4	0,40	-3424,4	-18,06	61844,664	11726515,36	326,1636
16	90,6	0,41	-3424,2	-18,05	61806,81	11725145,64	325,8025
17	91	0,42	-3423,8	-18,04	61765,352	11722406,44	325,4416
18	91,2	0,43	-3423,6	-18,03	61727,508	11721036,96	325,0809
19	91,6	0,47	-3423,2	-17,99	61583,368	11718298,24	323,6401
20	92	0,48	-3422,8	-17,98	61541,944	11715559,84	323,2804
21	92,8	0,49	-3422	-17,97	61493,34	11710084	322,9209
22	93,1	0,50	-3421,7	-17,96	61453,732	11708030,89	322,5616
23	93,1	0,51	-3421,7	-17,95	61419,515	11708030,89	322,2025
24	95,5	0,52	-3419,3	-17,94	61342,242	11691612,49	321,8436
25	96	0,53	-3418,8	-17,93	61299,084	11688193,44	321,4849
26	96	0,54	-3418,8	-17,92	61264,896	11688193,44	321,1264
27	96,1	0,55	-3418,7	-17,91	61228,917	11687509,69	320,7681
28	96,2	0,55	-3418,6	-17,91	61227,126	11686825,96	320,7681
29	96,5	0,56	-3418,3	-17,9	61187,57	11684774,89	320,41

30	96,7	0,58	-3418,1	-17,88	61115,628	11683407,61	319,6944
31	96,8	0,62	-3418	-17,84	60977,12	11682724	318,2656
32	97,1	0,63	-3417,7	-17,83	60937,591	11680673,29	317,9089
33	97,4	0,65	-3417,4	-17,81	60863,894	11678622,76	317,1961
34	97,5	0,70	-3417,3	-17,76	60691,248	11677939,29	315,4176
35	97,8	0,74	-3417	-17,72	60549,24	11675889	313,9984
36	98,1	0,76	-3416,7	-17,7	60475,59	11673838,89	313,29
37	99,2	0,86	-3415,6	-17,6	60114,56	11666323,36	309,76
38	100,3	1,01	-3414,5	-17,45	59583,025	11658810,25	304,5025
	3514,8	18,46			2337528,54	445063255,1	12277,8466