

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



PROJET DE FIN DE CYCLE

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Parcours : Master

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème

**Contribution pour l'étude et l'amélioration des ambiances de travail :
Cas de l'éclairage**

Préparé par :

BAOUCHI Ahmed Walid

BELDI Rachid

Soutenu publiquement le : 30 / 07 / 2022, devant le jury composé de :

M.GUEMMOUR Mohamed Boutkhil	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Président
M. ELGUERRI Mohamed	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examinateur
M. BOUREGUIG Kada	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examinateur
M. SASSI Ahmed	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Encadrant

Année universitaire : 2021 - 2022

Remerciements

Avant tout développement sur ce modeste travail de recherche, il apparaît opportun de commencer ce mémoire par des remerciements aux personnes qui nous ont apporté leur soutien et qui ont ainsi contribué à l'élaboration de ce mémoire de master maintenance industriel.

Nous remercions en premier lieu, Allah de nous avoir donné le courage, la patience et la force durant toutes ces années d'étude et la volonté pour la réalisation de ce modeste travail.

En préambule, nous tenons à exprimer tout notre reconnaissance, notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur Pr. A.SASSI Nous le remercions de nous avoir encadrés, orientés, aidés et conseillés.

Nous remercions tous les enseignants du département de génie mécanique pour leur contribution à notre formation étudiante et le savoir qu'ils nous ont transmis durant notre cursus universitaire.

Notre reconnaissance est aussi exprimée aux membres de jury pour leur disponibilité et leur amabilité à juger le présent travail.

Nos plus chaleureux remerciements sont adressés à nos deux familles pour leur confiance, leur patience, leur soutien et leur amour durant toute notre carrière étudiante.

Nous remercions du fond du cœur tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A tous ces intervenants, nous présentons nos vifs remerciements, nos immenses respects et notre gratitude.

Dédicaces

A mes parents, mes premiers amours, qui ont toujours été présents pour moi, à mon père Ilyes, à ma mère, pour leurs sacrifices, leur amour, leur patience leur soutien et leurs prières, Que dieu leur procure une bonne santé et une longue vie ;

A mes chères sœurs, A mes chers frères Nadir, Anis, Nacer, que j'aime, pour leurs encouragements, leur appui et leur générosité ;

A toute ma grande famille.

A tous mes meilleurs amis khalil, Midou, Mounir, Raouf, Ahlem et Hanane ;

A mon chère Rachid, ami et binôme ;

A tous mes amis que j'ai rencontrés à l'université de Ibn Khaldoun, qui sont devenus ma deuxième famille ;

A tous mes enseignants de département génie mécanique que je respecte tant ;

A toute personne qui m'est cher, et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur ;

Je dédie le fruit de mon très modeste travail.

Walid

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents, pour leur soutien, encouragements et tout l'aide qu'ils m'ont apporté durantmes études. Que dieu leur procure une bonne santé et une longue vie ;

A mes chères sœurs, A mes chers frères Sofian et Mohamed, et à toute ma famille que j'aime ;

A toute ma grande famille.

A ma femme

A tous mes amis,

A mon cher ami Walid et binôme ;

A tous mes enseignants de département génie mécanique que je respecte tant ;

A toute personne qui m'est cher, et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur ;

Je dédie le fruit de mon très modeste travail.

Rachid

Liste des symboles

I	Intensité lumineuse	cd
Ω	Angle Solide	Sr
S	Surface sphérique	m^2
Φ	Flux lumineux	lm
E	Eclairement	Lux
Φ_e	La densité spectrale de flux énergétique	W/m
Φ_v	La densité spectrale de flux	Lm/m
U	La tension	V
V	Volume	m^3
I	Intensité du courant	A
Φ	L'indice de local	-
H	Hauteur de suspension	M
P	Puissance	W
N	Nombre des lampes	-
K	Coefficient de dépréciation	-
Z	Coefficient d'inégalité de la lumière	-
η	Coefficient d'utilisation de la lumière	%
d	Diamètre	m
σ_p	Facteur de réflexion (plafond)	%
σ_m	Facteur de réflexion (mur)	%

Liste des abréviations

KW	Kilo Watt
KWh	Kilo Watt heure
VME	Valeur Moyenne d'Exposition
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
VIH	Virus de l'immunodéficience Humaine
UV	Ultra-violet
ODTS	Organic Dust Toxic Syndrom
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
ILCOS	Système International de Codification des Lampes
LED	Light-Emitting Diode
CNBE	Comité National Belge de l'Eclairage
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
REE	Revue de l'électricité et de l'électronique
SST	Sauveteur Secouriste du Travail
EDF	Electricité De France

Liste des figures

Figure I.1 : Ambiance sonore	4
Figure I.2 : Ambiance vibratoire	5
Figure I.3 : Vibration aux membre superieur	6
Figure I.4 : Presence de radioelement	12
Figure I.5 : Produit chimique	14
Figure I.6 : Etiquetage des produits	15
Figure I.7 : Transport des produits	16
Figure I.8 : Les matières dangereuses	17
Figure I.9 : Accident danger	17
Figure I.10 : Fuit de produit	18
Figure I.11 : Fuit de gaz	19
Figure I.12 : L'etiquetage correctement sur le transport	19
Figure I.13 : Marchandise dangereuse	20
Figure I.14 : Relations entre surveillance de l'air ambiant, surveillance biologique, surveillance de l'exposition et surveillance de la sante des travailleurs	21
Figure I.15 : Presence de toxines	22
Figure II.1 : Longueur d'onde, frequence et amplitude	26
Figure II.2 : Le spectre electromagnetique	27
Figure II.3 : Spectre lumineux	28
Figure II.4 : Sensation de luminosite spectrale relative et effet melanopique	29
Figure II.5 : Types d'éclairage	31
Figure II.6 : Le flux lumineux	32
Figure II.7 : L'intensite lumineuse	32
Figure II.8 : L'éclairement	33

Figure II.9 : Determination de l'éclairément	33
Figure II.10 : Schema d'une lampe d'eclairage general standard	39
Figure II.11 : Le cycle halogene	40
Figure II.12 : Lampes a reflecteur dichroïque basse tension	41
Figure II.13 : Les formes de lampe halogene	41
Figure II.14 : Lampe LED	42
Figure II.15 : Schema qui determiner les constituant de lampe LED	42
Figure II.16 : Principe de la lampe fluorescente	43
Figure II.17 : Schema determine le fonctionnement de tube fluorescent	44
Figure II.18 : Lampe compacte a tube fluorescent replie en double U	44
Figure II.19 : Lampe a induction interne	45
Figure II.20 : Lampe a induction externe	46
Figure II.21 : Constitution d'une lampe a vapeur de sodium basse pression	46
Figure II.22 : Lampe a vapeur sodium basse pression	47
Figure II.23 : Elements constitutifs d'une lampe a vapeur de mercure	47
Figure II.24 : Lampe halogenure metallique	48
Figure II.25 : Lampes a vapeur de sodium haute pression	50
Figure II.26 : Schemas determinent les constituants de lampe a vapeur de sodium haute pression	50
Figure II.27 : Controle du flux lumineux par un écran opaque	51
Figure II.28 : Controle du flux lumineux par reflexion	52
Figure II.29 : Controle du flux lumineux par diffusion	52
Figure II.30 : Controle du flux lumineux par refraction	53
Figure III.1 : Schema d'un étude d'éclairage	56
Figure III.2 : Schema de locale	57
Figure III.3 : Dimensions du local de production	57

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Types de luminaires	37
Tableau II.2 : Couleurs et ormes courantes des lampes a incandescence avec codes ILCOS	39
Tableau II.3 : Types de lampes à vapeur de sodium haute pression	49
Tableau III.1 : Valeurs du rapport L/H	58
Tableau III.2 : Valeurs de l'eclairage admissible : E en Lux	59
Tableau III.3 : Valeurs du facteur k de depreciation	60
Tableau III.4 : Valeurs du coefficient d'inegalite de la lumiere (Z)	60
Tableau III.5 : Valeurs du facteur (η) d'utilisation des installations d'eclairage	62
Tableau III.6-1 : Valeur du flux lumineux des lampes a incandescence (FI)	63
Tableau III.6-2 : Valeur du flux lumineux des lampes fluorescentes	64
Tableau III.7 : Valeur de l'intensite du courant d'eclairage	65
Tableau III.8 : Valeurs des coefficients de reflexion des murs et plafond	66

Sommaire

Introduction générale	2
Chapitre I : Généralités sur les ambiances de travail	
I.1. Introduction	3
I.2. Les ambiances physiques	4
I.2.1. Les ambiances sonores	4
I.2.2. Les ambiances vibratoires	5
I.2.2.1. Vibrations transmises aux membres supérieurs	6
I.2.3. Les ambiances ventilation	7
I.2.3.1. La pollution des locaux	8
a. La pollution non spécifique	8
b. La pollution spécifique	8
I.2.3.2. Les techniques de ventilation	8
I.2.3.2.1. Définition de la ventilation locale	8
I.2.3.2.2. Définition de la ventilation générale ou la ventilation par dilution	8
I.2.3.2.3. Les moyens de traitement de la pollution non spécifique	9
a. La ventilation naturelle	9
b. La ventilation mécanique	9
b.1. Extraction d'air	9
b.2. Soufflage	9
I.2.3.2.4. Les moyens de traitement de la pollution spécifique	9
I.2.3.3. Maintenance des installations	10
I.2.4. Les ambiances rayonnements (thermiques, nucléaires)	10
I.2.4.1. Thermiques	10
I.2.4.1.1. Définitions	10
I.2.4.1.2. Enjeux	10
I.2.4.1.3. Les Bases réglementaires	11
I.2.4.1.4. Les Mesures de Prévention (Primaire)	11
a) Sur le plan technique	11
b) Sur le plan humain	11
I.2.4.1.5. Les Mesures de Protection (Secondaire)	12
I.2.4.1.6. Les Mesures de Réparation (Tertiaire)	12
I.2.4.2. Radiologiques	12
I.2.4.2.1. Les rayons ultra-violets	12

I.2.4.2.2.	Les radiations ionisantes	12
I.2.4.2.3.	Les champs électromagnétiques	13
I.3.	Les ambiances chimiques	14
I.3.1.	Produit chimique	14
I.3.1.1.	Stockage des produits chimiques	15
I.3.1.2.	Bien entreposer pour protéger	15
I.3.2.	Transports des produits chimiques	16
I.3.2.1.	Ce qui se passe lors du transport de produits chimiques	16
I.3.2.2.	Qu'est-ce que des marchandises dangereuses ?	17
I.3.2.3.	Situations à risque	18
I.3.2.4.	Marchandises dangereuses incompatibles	19
I.3.2.5.	Limitation des quantités	20
I.4.	Les ambiances biologiques	20
I.4.1.	Les risques infectieux	21
I.4.2.	Les risques immuno-allergiques	22
I.4.3.	Les risques toxiques	23
I.4.4.	Les risques cancérogènes	23
I.4.5.	Description des risques : la chaîne de transmission	24
I.4.5.1.	Le réservoir	24
I.4.5.2.	Les portes de sortie	24
I.4.5.3.	La transmission	24
I.4.5.4.	Les portes d'entrée	24
I.4.5.5.	L'hôte potentiel	25
I.4.6.	Prévention des risques	25

Chapitre II : Généralités sur l'éclairage

II.1	Introduction	26
II.2	Qu'est-ce que la lumière ?	26
II.3	Eclairage, vision et lumière	28
II.4	L'éclairage naturel	29
II.4.1	Definitions	29
II.4.2	L'environnement lumineux	30
II.4.2.1	Une énergie physique	30
II.4.2.2	Grandeurs et unités relatives à la lumière	30
II.4.2.2.1	Le flux lumineux	30

a.	L'intensite lumineuse	30
b.	L'eclairment	30
c.	La luminance	31
II.4.2.2.2	Sources de lumière	31
II.4.2.3	Un stimulus visuel	31
II.5	L'eclairage artificiel	32
II.5.1	Le flux lumineux	32
II.5.2	L'intensité lumineuse	32
II.5.3	L'éclairment	33
II.5.4	Combien de types d'éclairment existe-t-il ?	34
II.5.5	Comment calcule-t-on et mesure-t-on l'éclairment lumineux ?	34
II.6	Mesures du flux lumineux	34
II.6.1	Vision photopique	35
II.6.2	Vision scotopique	35
II.7	Types de luminaires	37
II.8	Les lampes	38
II.8.1	Les principaux types de lampes	38
II.8.2	Lampes à incandescence	39
II.8.2.1	Lampes à incandescence classique	39
II.8.2.2	Lampes tungstène halogène	40
II.8.2.3	Lampes tungstène halogène basse tension	41
II.8.3	Lampe LED (Anglais Light-Emitting Diode)	42
II.8.3.1	Constituants de lampe LED	42
II.8.4	Lampe à décharge basse pression	43
II.8.4.1	Lampe tube fluorescente	43
II.8.4.2	Lampes fluorescentes compactes	44
II.8.4.3	Lampes à induction	45
II.8.4.4	Lampes à vapeur de sodium basse pression	46
II.8.5	Lampe à décharge haut pression	47
II.8.5.1	Lampes à vapeur de mercure à haute pression	47
II.8.5.2	Lampes aux halogénures métalliques	48
II.8.5.3	Lampes à vapeur de sodium haute pression	49
II.9	Le controle optique de l'eclairage	51
II.9.1	Les écrans opaques	51
II.9.2	La réflexion	51

II.9.3	La diffusion	52
II.9.4	La réfraction	53
II.10	Les conditions nécessaires du confort visuel	53
II.10.1	Les facteurs déterminants du confort visuel	54

Chapitre III : Amélioration de l'éclairage dans un atelier de production

III.1	Introduction	56
III.2	Etude de cas : le projet d'éclairage de sécurité	56
III.3	Le choix du type d'éclairage	56
III.4	Le plan des luminaires et l'indice de local	57
III.5	Calcul d'éclairage pour garantir une ambiance de travail en sécurité	57
III.6	Conclusion	67
	Conclusion générale	68
	Bibliographie	69

Introduction générale

Introduction générale

L'éclairage est l'ensemble des moyens qui permettent à l'homme de doter son environnement des conditions de luminosité qu'il estime nécessaires à son activité ou son agrément. L'éclairage associe une source lumineuse (naturelle ou artificielle, fixe ou mobile) et d'éventuels dispositifs de type batteries, luminaires ou miroir/puits de Lumière.[1]

D'origine fonctionnelle, l'éclairage industriel doit répondre aux normes concernant l'éclairage des postes de travail. Ce type d'éclairage est spécialement adapté aux locaux où il est installé, où les contraintes de volumes, d'empoussièrement et de maintenance sont particulières. Dans les industries où sont effectuées des tâches de mécanique fine et de précision, ainsi que les secteurs de l'électronique, des renforts d'éclairage sur les postes de travail sont installés.

L'éclairage utilisé dans les locaux industriels est généralement de conception simple avec une recherche d'efficacité et de facilité d'emploi, munis de source peu consommatrice en énergie, de type fluo ou sodium. Certains secteurs industriels (chimique notamment) nécessitent l'emploi d'appareils protégés. Les industries où le rendu des couleurs est important (imprimerie) nécessitent l'emploi de lampes adaptées. Enfin, certains processus industriels nécessitent l'emploi d'émissions lumineuses particulière type UV ou IR .

L'éclairage des lieux de travail est un facteur environnemental essentiel pour assurer au personnel des conditions de travail adaptées à la tâche qu'ils ont à effectuer. L'être humain possède une extraordinaire capacité d'adaptation à son milieu et à son environnement rapproché. De tous les types d'énergie qu'il utilise, la lumière est le plus important. Élément clé de notre capacité de voir, elle est nécessaire pour apprécier la forme, la couleur et la position dans le panorama visuel des objets qui nous entourent dans notre vie quotidienne. La plupart des informations que nous recevons par l'intermédiaire de nos sens le sont à près de 80% par la vue. Très souvent, parce que nous sommes tellement habitués à disposer de cette faculté, nous la tenons pour acquise. Toutefois, nous devons toujours garder présent à l'esprit que certains aspects de notre santé, comme notre humeur ou notre niveau de fatigue, sont affectés par l'éclairage et la couleur des objets qui nous environnent. Du point de vue de la sécurité au travail, la performance et le confort visuels revêtent une importance primordiale. En effet, de nombreux accidents sont dus à un mauvais éclairage ou à des erreurs humaines causées par des difficultés à identifier des objets ou des risques associés aux machines, aux systèmes de transport, aux matières dangereuses, etc.

Il est courant de constater des problèmes visuels associés à un système d'éclairage déficient sur le lieu de travail. Du fait de la capacité du système visuel à s'adapter à des situations d'éclairage insuffisant, ces aspects ne sont pas toujours considérés avec le sérieux qu'ils méritent

Introduction générale

Un système d'éclairage bien conçu doit offrir des conditions optimales de confort visuel. Pour cela, il est indispensable que architectes, éclairagistes et responsables de l'hygiène du travail collaborent à un stade précoce. Cette collaboration doit être mise en place dès le début du projet, pour éviter des erreurs qui seraient difficiles à corriger une fois celui-ci terminé. Au nombre des aspects les plus importants à garder à l'esprit figurent le type de lampe qui sera utilisé et le système d'éclairage qui sera installé, la distribution des luminances, les efficacités lumineuses et la composition spectrale de la lumière.

Le fait que la lumière et les couleurs affectent la productivité et le bien-être psychophysiologique des travailleurs devrait encourager les éclairagistes, les physiologistes et les ergonomes à étudier et à définir les meilleures conditions d'éclairage et de couleur pour chaque poste de travail. La combinaison des éclairages, le contraste de luminances, l'apparence de couleurs de la lumière, le rendu des couleurs ou encore leur choix sont des éléments déterminants de l'environnement chromatique et du confort visuel.

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons évoqué les différentes ambiances de travail pour permettre aux lecteurs d'avoir une idée sur les différents facteurs qui influent sur les conditions de travail.

Dans le second chapitre, nous avons présenté en détail l'ambiance physique liée à l'éclairage.

Le dernier chapitre a été consacré au dimensionnement d'un atelier de production du point de vue éclairage artificiel suivi d'une évaluation en matière de coût.

CHAPITRE I

Généralités Sur

Les Ambiances

De Travail

I.1 Introduction

Les risques professionnels comprennent les dommages corporels des accidents du travail avec des effets aigus et immédiats, par exemple une coupure, brûlure, fracture suite à une chute, l'inhalation d'un gaz toxique..., mais aussi des maladies professionnelles, d'apparition tardive ou différée liées à des ambiances dangereuses diffuses sur le lieu de travail.

Ces ambiances de travail dangereuses, de nature physique, chimique, biologique, radiologique ou psychologique, agissent sur les risques en augmentant la fréquence ou la gravité de phénomènes aux effets néfastes en créant un environnement de travail malsain : si pour les effets aigus, le rapport de causalité est clairement identifié et assez facilement mesurable et corrigible, il n'en est pas de même pour les effets chroniques qu'il est beaucoup plus malaisé de cerner avec précision et à prévenir. Et, de fait, si les accidents du travail sont en diminution, les maladies professionnelles sont en augmentation, notamment les cancers professionnels, les troubles allergiques et psychosomatiques.

Analyser, éliminer ou maîtriser les facteurs ambiants dangereux est donc une nécessité pour la prévention des maladies professionnelles.

Outre les mesures de protection collective et individuelle qui dépendent de chaque situation à risques, l'évaluation systématique de la présence et de la dangerosité des facteurs ambiants, la mise à disposition de moyens de mesure, le contrôle du respect des valeurs limites d'exposition, les visites médicales permettant de surveiller la santé des travailleurs exposés, sont à la base de la prévention des risques des ambiances de travail dangereuses.

- les conditions générales ambiantes (température, bruit, luminosité, pollution de l'air, champs électromagnétiques, radiations ...)
- les conditions liées aux procédés, machines (vibrations, bruit...).
- les conditions liées aux produits utilisés, selon leur forme physique (solide, liquide, gazeux) ainsi que leurs produits de décomposition.
- Les conditions liées aux facteurs de stress dépendant de la charge mentale au travail.

Toutes ces ambiances de travail peuvent être interdépendantes et cumuler ainsi les potentiels inhérents de chacune de leurs propriétés intrinsèques nuisibles à la sécurité et à la santé des travailleurs exposés.

La durée et la fréquence d'exposition à l'ambiance dangereuse, le mode d'exposition et son intensité, influencent considérablement l'incidence des facteurs de risque professionnel. [1]

I.2 Les ambiances physiques

I.2.1 Les ambiances sonores

Les méfaits du bruit dans la vie professionnelle, sont trop souvent méconnus et négligés. Pourtant les conséquences peuvent être graves et irréversibles.

Les nuisances sonores ont pour conséquences les effets auditifs comme la surdité avec déficit auditif temporaire ou définitif, les acouphènes, mais également non auditifs comme les impacts sur la fatigue et le stress.



Figure I.1 : Ambiance Sonore

Il convient d'être vigilant, car l'exposition à des niveaux sonores excessifs peut entraîner des lésions définitives du système auditif. En dehors des atteintes au système auditif, le bruit ambiant peut entraîner une gêne ou un stress vecteur de troubles et de pathologies qui nuisent non seulement à la santé du travailleur mais aussi à la productivité de son travail par baisse de vigilance et de dextérité ou de concentration. Les nuisances sonores ont les deux effets principaux suivants :

- Effets sur les organes de l'ouïe (effets auditifs), par lésions auditives dues au bruit.
- Effets sur l'organisme en général (effets extra-auditifs). Les effets extra-auditifs concernent le bien-être, en particulier le système nerveux central (troubles du sommeil, etc.), le psychisme (rendement, concentration, nervosité, agressivité, etc.) et le système neurovégétatif (pression artérielle, irrigation sanguine, fréquence cardiaque, système digestif, métabolisme, « réactions de stress », etc.).

Les surdités d'origine professionnelle sont de deux types : soit la surdité brutale liée à un accident du travail, consécutive à un traumatisme sonore (barotraumatisme, éclatement ou explosion), soit la surdité liée à une exposition chronique au bruit (maladie professionnelle), d'installation insidieuse dans une ambiance constamment bruyante.

Le traumatisme acoustique aigu, qui peut provoquer la rupture tympanique et éventuellement lésions des os (blast), est souvent réversible, sauf si l'intensité du bruit a détruit des cellules de la cochlée.

Par contre, l'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit peu à peu les cellules ciliées de l'oreille interne (altération cochléaire) et de façon irréversible.

I.2.2 Les ambiances vibratoires

Les expositions des travailleurs aux vibrations entraînent des troubles ostéo articulaires, neuropathiques et vasculaires très fréquents.

Les atteintes pathologiques concernent principalement les membres supérieurs et la colonne vertébrale, par transmission des vibrations au bras ou au corps entier.

Les utilisations de machines-outils portatives vibrantes ou percutantes sont à l'origine d'effets pathologiques sur le membre supérieur (main, coude, épaule), tandis que la conduite d'engins par transmission des vibrations au corps entier affecte surtout la colonne vertébrale.



Figure I.2 : Ambiance vibratoire

Les principales situations de travail concernées sont les suivantes :

- Les utilisations d'outils à main vibrants ou pneumatiques (marteaux-piqueurs, perforateurs, tronçonneuses, ponceuses, meuleuses, brise-bétons, clés à choc ...), dans de nombreux métiers du BTP, de la mécanique, de la métallurgie ou du travail forestier et de la menuiserie.
- La conduite de véhicules de transport de personnes ou de marchandises, d'engins de manutention, de chantier ou de terrassement (chariots automoteur, tracteurs, tractopelles, niveleuses, bouteurs, compacteurs...).
- Les utilisations de certaines machines industrielles fixes : tables vibrantes, concasseurs, cribles, machines à coudre...

Les propriétés physiques des vibrations sont définies par leur fréquence, amplitude et accélération :

- La fréquence des vibrations transmises au corps a des effets physiologiques différents selon qu'il s'agit de hautes (>50 Hertz) ou de basses fréquences (<50 Hertz). Les basses fréquences ont plus d'impacts néfastes sur les tendons, cartilages et articulations car elles sont transmises tout le long du bras ou dans l'ensemble du corps, alors que les hautes fréquences provoquent plutôt des troubles neuropathiques (atteintes des terminaisons nerveuses) et des altérations des mécanismes vasculaires.

- L'amplitude, distance maximale d'oscillation, conditionne l'intensité de la vibration.

- L'accélération est la variation de la vitesse de l'objet vibrant entre le passage à zéro et la valeur maximale pendant chaque cycle de vibration.

Le risque total dépend de tous ces facteurs en instantané, mais aussi de la totalité de la dose vibratoire reçue au cours de la journée de travail et de la vie professionnelle.

1.2.2.1 Vibrations transmises aux membres supérieurs

L'utilisation de certaines machines portatives (marteau-piqueur...) ou guidées à la main (pilonneuse, plaque vibrante...) peut entraîner la propagation de vibrations aux niveaux des membres supérieurs exemple Figure I.3 et être ainsi à l'origine de pathologies des articulations du coude, du poignet, des doigts ou de troubles neurologiques et vasculaires.

L'employeur doit faire évaluer les niveaux de vibrations mécaniques auxquels sont exposés ses salariés.

La réglementation fixe les valeurs limites d'exposition quotidienne :

- Valeur déclenchant l'action de prévention : $2,5 \text{ m/s}^2$
- Valeur limite d'exposition : 5 m/s^2 .

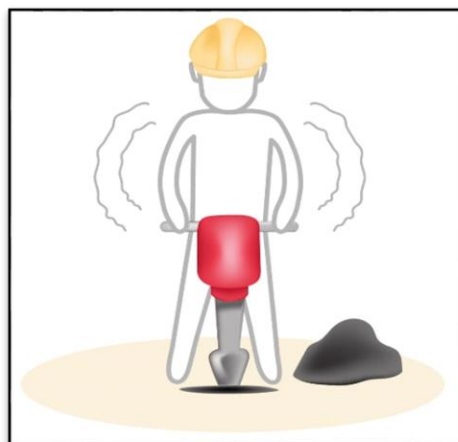


Figure I.3 : vibration aux membre supérieur

Pour réduire les vibrations, l'employeur pourra mettre en place diverses actions :

- Choix du matériel ;
- Amélioration des conditions d'utilisation ;
- Formation des salariés au risque vibrations et à sa prévention.

L'existence du risque, quel que soit son niveau, justifie la formation des opérateurs au risque vibrations et à la prévention. [2]

I.2.3 Les ambiances ventilation

La ventilation et l'aération des lieux de travail jouent un rôle essentiel pour limiter la concentration de l'ensemble des polluants dans l'air ambiant des lieux de travail et le temps d'exposition et éviter ainsi les conséquences sur la santé des travailleurs. Ventilation et aération des lieux de travail doivent permettre à chaque salarié de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. L'employeur doit renouveler l'air de façon à maintenir un état de pureté de l'atmosphère, à éviter les élévations de température, les odeurs désagréables et les condensations, et à évacuer les polluants.

Les particules et les gaz dans l'air des lieux de travail ont un effet néfaste sur l'organisme s'ils sont irritants, corrosifs, toxiques, allergisants, ou pathogènes.

Une augmentation de la pollution de l'air intérieur peut ainsi induire des pathologies allergiques, respiratoires, oculaires, rhumatologiques ou divers symptômes peu précis, peu spécifiques et isolés.

La dispersion de produits chimiques ou de matériaux divers dans l'atmosphère de travail peut conduire à des maladies d'origine professionnelle, à l'intoxication de personnes exposées si les produits sont toxiques ou nocifs, ou être à l'origine d'incendies ou d'explosions lorsqu'ils sont inflammables.

Ventilation et aération des lieux de travail doivent permettre à chaque salarié de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. L'employeur doit renouveler l'air de façon à maintenir un état de pureté de l'atmosphère, à éviter les élévations de température, les odeurs désagréables et les condensations, et à évacuer les polluants.

Une utilisation correcte des installations de ventilation et d'aération, adaptée aux besoins des utilisateurs des lieux de travail, ainsi qu'une maintenance conforme aux règles de la technique font partie des obligations du chef d'entreprise. Si l'employeur n'en a pas la compétence, il chargera l'exploitant ou le propriétaire de l'installation de faire le nécessaire.

En cas de pollution spécifique due à des substances dangereuses ou gênantes, un équipement particulier de captage doit être mis en place :

Les installations utilisées pour l'évacuation de vapeurs, fumées, aérosols (un aérosol est un ensemble de particules, solides ou liquides...), poussières toxiques qui présentent des risques pour la santé des travailleurs feront l'objet d'une analyse de risques.

Les analyses de risques seront confiées à des spécialistes de la sécurité au travail (hygiéniste, ingénieur de sécurité).

1.2.3.1 La pollution des locaux

- a. La pollution non spécifique** n'est liée qu'à la présence humaine (dans les bureaux et les salles de réunion, par exemple)
- b. La pollution spécifique** concerne certaines substances potentiellement présentes dans l'atmosphère du lieu de travail, et la ventilation s'efforce d'en limiter, avec des marges de sécurité, les risques, en proposant des valeurs de concentration inférieures à des valeurs maximales déterminées.

1.2.3.2 Les techniques de ventilation

Il existe deux techniques de ventilation :

1.2.3.2.1 Définition de la ventilation locale

Elle consiste à capter les polluants au plus près possibles de leur source d'émission, avant qu'ils ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires des travailleurs et ne soient dispersés dans toute l'atmosphère du local. Les polluants ne sont pas dilués mais évacués.

1.2.3.2.2 Définition de la ventilation générale ou la ventilation par dilution

Elle opère par dilution des polluants à l'aide d'un apport d'air neuf dans le local de travail de manière à diminuer les concentrations des substances toxiques pour les amener à des valeurs aussi faibles que possible. Elle permet donc de diminuer les concentrations, mais ne réduit pas la quantité totale de polluants libérés dans l'atelier. De ce fait on admet un niveau de pollution résiduelle dans le local de travail. Les concentrations résiduelles doivent être les plus faibles possibles et inférieures à la VME pour les polluants toxiques. La ventilation générale peut être assurée par ventilation mécanique, naturelle ou mixte.

La ventilation générale sera utilisée lorsque les sources de polluants sont diffuses et pour traiter une pollution non spécifique.

* La VME (valeur moyenne d'exposition) qui vise à prévenir les effets chroniques : concentration maximale pondérée d'un toxique dans l'air que peut respirer sans danger une personne pendant 8 heures par jour et 40 heures par semaine.

1.2.3.2.3 Les moyens de traitement de la pollution non spécifique

Il existe différents moyens d'aération des lieux de travail à pollution non spécifique :

a. La ventilation naturelle

L'aération se fait exclusivement par des ouvrants extérieurs (ouverture de fenêtres, ou autres ouvertures donnant directement sur l'extérieur).

b. La ventilation mécanique

L'aération est réalisée par des dispositifs de ventilation mécanique, ces dispositifs permettent d'assurer en permanence des débits d'air neuf minimaux par occupant.

b.1. Extraction d'air : L'air est aspiré de la pièce avec un ventilateur et est rejeté à l'extérieur.

b.2. Soufflage : Un ventilateur aspire l'air de l'extérieur et le conduit dans le local à aérer. L'air peut être filtré et/ou chauffé au cours de cette opération. Il y a surpression dans le local. L'air excédentaire s'échappe par des ouvertures spéciales, portes ou fenêtres. Sont ainsi ventilés les locaux dont l'air n'est pas fortement chargé (comme les bureaux, par exemple).

En règle générale, l'air évacué sera amené au-dessus du toit. L'aspiration de l'air extérieur sera conçue de façon à n'aspirer ni impuretés de l'air provenant du voisinage, ni, par court-circuit, une partie de l'air évacué.

1.2.3.2.4 Les moyens de traitement de la pollution spécifique

On opère par le moyen de hottes et autres systèmes locaux de déplacement de l'air.

Capter les polluants à la source, c'est-à-dire à leur point d'émission, réduit les risques de pollution de l'air environnant et représente une économie pour l'entreprise :

- Les fumées de soudures aspirées dès leur formation au niveau de la flamme, ne se répandent pas dans tout l'atelier.

- Les particules de peinture captées dans une cabine ne polluent pas l'air ambiant.

Ainsi les volumes d'air sain à réinjecter dans le local et à réchauffer le cas échéant sont moins importants et le coût est moindre pour le chef d'entreprise.

C'est le type de ventilation utilisée pour sécuriser les milieux de travail comportant des substances nocives. Dans les milieux industriels, des systèmes d'extraction de l'air comme des hottes

et des tables aspirantes sont utilisées pour aspirer les contaminants près de la source d'émanation et filtrer l'air, ce qui prévient la contamination de l'air ambiant.

Mais l'efficacité des filtres et de tout autre appareil de ventilation pour épurer l'air ambiant dépend de la vitesse avec laquelle l'air contaminé est filtré. Dans des conditions idéales, un filtre peut ainsi enlever 99% des contaminants qui y passent. Mais dans la mesure où la quantité d'air traité n'englobe pas toute la contamination au fur et à mesure qu'elle est produite, les travailleurs respirent l'air contaminé. Il convient donc d'être très vigilant sur l'installation et effectuer des contrôles fréquents.

1.2.3.3 Maintenance des installations

Les parties d'installation nécessitant un entretien et une révision périodiques, telles que filtres, ventilateurs, humidificateurs, échangeurs de chaleur, etc., seront accessibles facilement et en toute sécurité.

Les canaux de ventilation, clapets et autres éléments de construction doivent être conçus de façon à pouvoir être contrôlés et, si nécessaire, nettoyés.

Les installations ne doivent pas être une source d'accidents ni mettre la santé en danger lors des travaux de maintenance ou de révision.

Pendant les opérations de maintenance sur les installations de ventilation, le personnel chargé de l'exécution des travaux doit être protégé de manière suffisante par des équipements de protection individuelle (masques à filtres pour particules fines pour une protection accrue, gants jetables légers (par exemple en nitrile), tenues de travail protectrices adéquates c'est-à-dire étanches et nettoyées périodiquement. [3]

1.2.4 Les ambiances rayonnements (thermiques, nucléaires)

1.2.4.1 Thermiques

1.2.4.1.1 Définitions

Le confort thermique est défini comme « un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique. Au confort thermique correspond une plage de températures qui peut varier selon la sensibilité et l'activité menée par l'occupant (repos, activité sportive...) [4]

1.2.4.1.2 Enjeux

Quel que soit les secteurs, les contraintes thermiques varient selon la saison, la nature du poste (actif ou passif) et de l'environnement proche en extérieur ou intérieur (machines, fours, frigo, bureau...).

Ces contraintes produisent divers effets :

Fatigue, sueurs, maux de tête, nausées et crampes sont les signes précurseurs de troubles plus importants voire mortels (déshydratation, coup de chaleur).

Un autre risque plus connu est lié au contact d'une source de chaleur, ou l'exposition à une source pouvant provoquer des brûlures parfois graves.

Moins connu et pouvant être grave, le choc thermique est un stress physiologique induit par des changements soudains, brutaux ou rapides de la température.

De plus, les environnements agressifs dus aux températures extrêmes comptent parmi les facteurs de pénibilité du Code du travail.

1.2.4.1.3 Les Bases réglementaires

Le Code du travail oblige l'employeur à procéder à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs liés à l'ambiance thermique.

Il définit les températures extrêmes déclenchant l'obligation de prévention de la pénibilité.

Il précise que les locaux fermés affectés au travail doivent être chauffés pendant la saison froide. Le chauffage doit être assuré de telle façon qu'il maintienne une température convenable et ne donne lieu à aucune émanation délétère.

La température des locaux annexes, tels que les locaux de restauration, de repos, pour le personnel en service de permanence, sanitaires et de premiers secours, doit répondre à leur destination spécifique.

De plus, les travailleurs doivent disposer d'un local leur permettant de rester dans des conditions à préserver leur santé et leur sécurité en cas de survenance de conditions climatiques défavorable. Les chantiers doivent garantir les conditions équivalentes. [5]

1.2.4.1.4 Les Mesures de Prévention (Primaire)

a) Sur le plan technique :

- Aménager les locaux de travail (intérieur).

b) Sur le plan humain :

- Faire bénéficier les travailleurs d'une information sur les risques qu'ils encourent.

Le risque doit être réduit dans la mesure du possible à la source, c'est à dire en isolant au maximum les locaux afin de conserver des températures dites confortables.

1.2.4.1.5 Les Mesures de Protection (Secondaire)

Mettre à disposition une tenue de travail adaptée aux conditions thermiques. Impliquer le salarié dans le choix de ses équipements de protection individuel permettant de mieux répondre aux besoins opérationnels de celui-ci.

1.2.4.1.6 Les Mesures de Réparation (Tertiaire)

Disposer de SST (Sauveteur Secouriste du Travail) dûment formés et recyclés pour intervenir, et d'un service de santé au travail. Par ailleurs, suivant les conditions des couvertures de survies peuvent être additionnées aux trousse de secours. A noter que dans certain cas, une infirmerie peut être obligatoire. [6]

1.2.4.2 Radiologiques

1.2.4.2.1 Les rayons ultra-violets

Les nombreux travailleurs exerçant à l'extérieur (secteurs du BTP, de l'agriculture, des stations balnéaires ou de sports d'hiver ...) sont exposés au rayonnement solaire et à ses rayons ultraviolets (UV), de même que ceux exerçant en intérieur (imprimerie, soudage, désinfection, photothérapie...) qui sont exposés au rayonnement UV généré par des sources artificielles.

L'exposition professionnelle intense et/ou prolongée aux UV génère des risques cutanés (brûlures, cancers ...) Et oculaires (conjonctivites, cataractes...).

1.2.4.2.2 Les radiations ionisantes

L'utilisation de rayons X ou Gamma, qui sont des radiations ionisantes qui peuvent traverser le corps et ont des effets très nocifs sur la santé pour des durées d'exposition longues ou répétées et/ou pour de fortes intensités (atteintes cutanées, ophtalmologiques, hématologiques, cellulaires pouvant provoquer des cancers..) est en constante progression, non seulement dans les applications médicales et scientifiques, mais aussi de plus en plus dans les utilisations industrielles accroissant ainsi beaucoup le nombre de travailleurs potentiellement exposés.



Figure I.4 : Présence de radioélément

Les principales applications des rayons X concernent les utilisations médicales (radiodiagnostic et radiothérapie), industrielles (contrôle non destructif, radiométallographie) et scientifiques (laboratoires) et le nombre d'équipements générateurs de rayons X est en constante augmentation : le secteur de la santé a le plus grand nombre de travailleurs potentiellement exposés ; le secteur industriel vient ensuite avec la radiométallographie des pièces métalliques, le soudage par bombardement électronique, les détecteurs rayons X qui permettent la recherche de toutes les non-conformités dans le domaine alimentaire, l'utilisation des dispositifs à rayons X pour l'inspection des bagages et le contrôle des cargaisons... Certains appareils sont portatifs pour être utilisés sur un site de travail temporaire (oléoducs, ponts, tuyauteries, coques de navires, ailes d'avion...) ou les conditions de travail difficiles et les manipulations fréquentes de sources intenses de rayonnement X constituent un danger potentiel d'irradiation supérieur.

Des activités de plus en plus nombreuses utilisent des sources radioactives émettant des rayons Gamma pour profiter de leurs propriétés de pénétration et d'ionisation de la matière, dans la médecine, l'industrie, l'agronomie, et beaucoup de secteurs de recherche scientifique, et soumettent ainsi leurs travailleurs à une exposition professionnelle éventuelle; les applications industrielles utilisent des sources de rayons Gamma pour faire des tests non destructifs sur des pièces métalliques, pour contrôler des épaisseurs et des niveaux, pour stériliser des aliments, pour effectuer de la chimie sous rayonnement ...

Enfin, il faut citer bien entendu les dangers spécifiques de l'émission de rayons Gamma par l'industrie de l'énergie électronucléaire (centrales, traitement et stockage des déchets nucléaires). De nombreuses installations fixes ou appareillages mobiles sur des chantiers, utilisent de plus en plus les propriétés des matières radioactives émettant des rayons Gamma. [7]

I.2.4.2.3 Les champs électromagnétiques

Les procédés récents de certaines installations industrielles peuvent générer un champ électromagnétique d'une forte intensité (soudeuses haute fréquence, fours à induction, imagerie par résonance magnétique ...), et certaines activités professionnelles impliquent une exposition à des niveaux très supérieurs aux expositions générales avec le développement considérable des télécommunications (travaux à proximité d'antennes relais...), ce qui nécessite de déterminer et d'évaluer les risques potentiels pour la santé des travailleurs exposés.

Les effets biologiques observés dépendent de la fréquence et de la puissance du champ électromagnétique : ce sont des effets thermiques d'augmentation de la température des tissus pour les champs de haute fréquence (radars, antennes de la télécommunication, téléphone portable), des courants induits dans le corps humain qui perturbe le système nerveux ou cardiaque dans le cas des

champs électromagnétiques de basse fréquence (équipements et appareillages électriques, lignes à haute tension).

Aucun effet à long terme n'est avéré avec certitude à ce jour, et de nombreux travaux sont en cours pour évaluer l'éventuelle nocivité d'une exposition professionnelle continue aux champs électromagnétiques.

I.3 Les ambiances chimiques

Les agents chimiques peuvent être présents dans l'entreprise sous différentes formes : pures (soude, acétone...), mélanges (colles, vernis, eau de javel...), produits générés (vapeurs, fumées, poussières...) ; déchets ou résidus. Ils sont dangereux, dès lors que leur composition est susceptible de porter atteinte à la sécurité et/ou à la santé des salariés exposés.

En contact avec le corps humain (peau, bouche), ces agents chimiques dangereux peuvent avoir des effets toxiques et altérer la santé de façon grave. Il faut les repérer (étiquetage obligatoire, fiches de données de sécurité), les évaluer et mettre en place des moyens de prévention adaptés.

I.3.1 Produit chimique

Pluriel produits chimiques. Chimie Substance liquide, solide ou gazeuse, créée par l'assemblage de différents produits chimiques. Ses propriétés et son apparence sont différentes des produits la composant. Exemple : Les produits chimiques sont indispensables dans la conception de médicaments (Figure I.5)

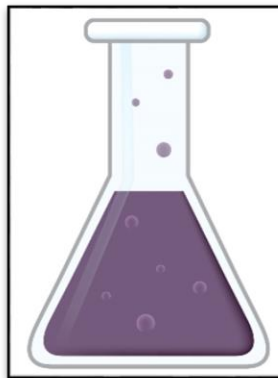


Figure I.5 : Produit chimique

Le stockage et le transport de produits chimiques et d'autres matières dangereuses induisent inévitablement des risques potentiels. De plus, l'histoire a montré que tout accident peut avoir non seulement des répercussions économiques, mais aussi des conséquences irréparables sur les vies humaines et le monde naturel. Atténuer ces risques par une gestion rigoureuse de la sécurité tout en garantissant l'efficacité et la disponibilité est un défi majeur pour l'industrie chimique mondiale d'aujourd'hui.

I.3.1.1 Stockage des produits chimiques

Un stockage défaillant peut s'avérer lourd de conséquences : réactions chimiques dangereuses, dégagement important de produits nocifs, voire explosion ou incendie, intoxication, chute de plain-pied, blessures... De nombreux paramètres jouent un rôle dans la sécurité du stockage :

- ✓ La quantité des produits stockés.
- ✓ La présence de produits volatils, inflammables ou incompatibles entre eux ou avec les matériaux présents.
- ✓ La ventilation.
- ✓ L'arrimage des emballages.
- ✓ La stabilité des produits et des emballages aux variations de température, aux rayonnements.

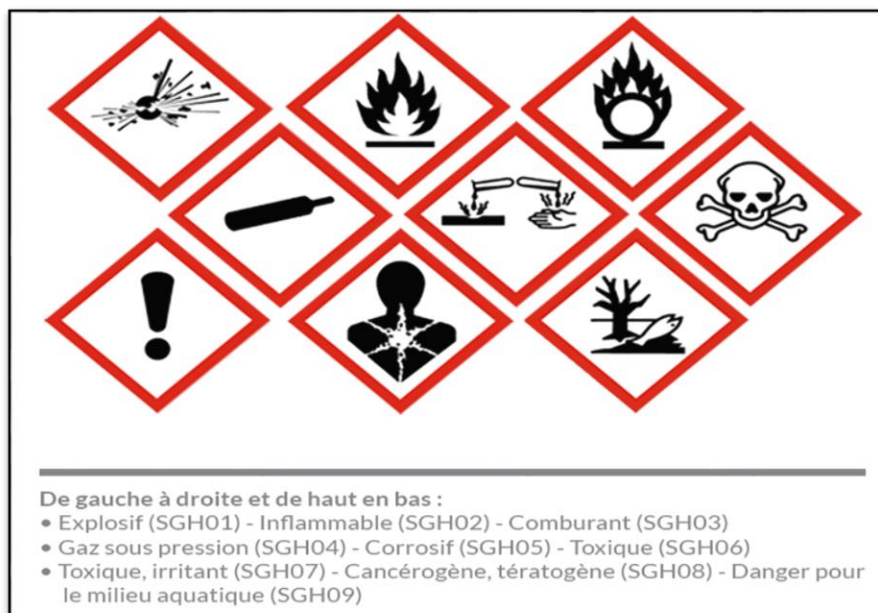


Figure I.6 : Etiquetage des produits

I.3.1.2 Bien entreposer pour protéger

Au-delà de sa fonction de « magasin », le lieu de stockage a pour vocation première de limiter l'exposition aux risques associés à ces produits chimiques et de soustraire les personnes aux effets d'un dégagement involontaire ou d'une réaction chimique spontanée.

Afin de limiter les quantités de produits chimiques aux postes de travail tout en garantissant une activité continue, le stockage peut être organisé en un local central et un ou plusieurs lieux de stockage dits « tampons » à proximité des postes de travail. L'utilisation des lieux de stockage doit être soumise à des règles strictes, dont l'application doit être contrôlée régulièrement par un responsable compétent. [8]

I.3.2 Transports des produits chimiques

I.3.2.1 Ce qui se passe lors du transport de produits chimiques ?

Sur les lieux de travail, on utilise des quantités importantes de produits chimiques ainsi que d'autres produits pouvant présenter des risques pour la santé humaine et pour l'environnement.

La production industrielle s'effectue sur toute la surface du globe et l'on trouve des matières premières partout dans le monde. Le transport est donc une étape nécessaire pour assurer l'acheminement des produits jusqu'aux lieux de consommation. Les quantités de produits chimiques dangereux transportés et stockés se sont accrues avec les développements technologiques et l'évolution de la production.

Un accident survenant lors du transport de marchandises dangereuses peut avoir des conséquences catastrophiques. Aussi, des lois et des directives ont été introduites afin de protéger la population et l'environnement ; toutefois, elles ne peuvent être efficaces sans une volonté des employeurs, des salariés, des transporteurs et des services d'inspection d'assumer leur part de responsabilité en respectant les recommandations et les directives en matière de transport et de stockage pour éviter les risques inutiles.

Les propriétés des marchandises dangereuses doivent être mentionnées clairement afin que les personnes exposées tout au long de la chaîne de transport en soient informées. Cette information doit toujours accompagner la cargaison afin que les personnes exposées puissent être conscientes des risques, éviter les mauvaises manutentions susceptibles de générer des accidents et porter des équipements de protection individuelle adaptés en cas de fuites.

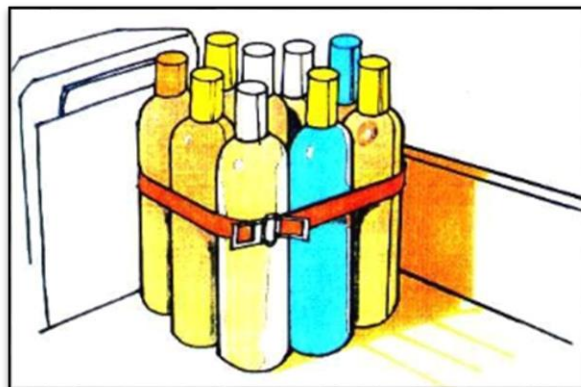


Figure I.7 : Transport des produits

Il est possible de transporter des marchandises dangereuses sans risques inutiles pour autant qu'elles soient manipulées correctement et avec les précautions nécessaires.

I.3.2.2 Qu'est-ce que des marchandises dangereuses ?

Le terme de marchandise dangereuse s'applique aux produits explosibles, inflammables, toxiques, radioactifs, corrosifs ou nocifs sous une forme ou une autre pour l'homme, les animaux ou l'environnement. Par environnement, on entend les autres matières transportées, les véhicules assurant le transport, le sol, les voies de communication (route, air, eau) et la nature en général.



Figure I.8 : Les matières dangereuses

Les conteneurs et emballages vides ayant contenu des marchandises dangereuses peuvent présenter les mêmes risques que la matière dangereuse elle-même, (Figure I.8) et doivent également être considérés comme des marchandises dangereuses.

Selon les statistiques des Nations Unies, la moitié des produits transportés appartiennent à la catégorie des marchandises dangereuses. Les produits pétroliers transportés par mer constituent une part importante de l'ensemble des produits transportés, mais le transport par route et par rail est également important.



Figure I.9 : Accident danger

Les accidents majeurs provoquent bien sûr des dégâts importants, par exemple Figure I.9 mais ce n'est pas tout: on oublie souvent que de faibles quantités de pétrole, d'essence, d'acides d'accumulateurs et de fluides de réfrigération sont quotidiennement libérées dans l'environnement.

Même des déchets peu importants mais fréquents provenant des navires, des ménages, des véhicules ou des activités agricoles sont susceptibles d'augmenter la charge environnementale. Par exemple, dans certaines conditions défavorables, un litre de pétrole peut polluer 100'000 litres d'eau potable. Une fuite de fluide hydraulique lors du transport par route peut donner lieu à une pollution importante.

Pour éviter de s'exposer à des conditions dangereuses ou nocives, les recommandations et les consignes s'appliquant à la manutention, au stockage et au transport des marchandises dangereuses doivent être claires et sans équivoque. [9]

I.3.2.3 Situations à risque

Il existe toujours un risque de fuite lors du transport de marchandises dangereuses. Lors du mélange de substances incompatibles, il existe un risque de réaction chimique, susceptible de dégager suffisamment de chaleur pour provoquer un incendie ou une explosion et libérer des gaz dangereux. Un exemple est celui des nitrures d'azote toxiques sont formés lors de la décomposition du nitrate d'ammonium (contenu dans les engrais) en cas d'incendie. Autre exemple : les gaz toxiques qui se dégagent quand on utilise de la sciure de bois pour absorber des débords d'acide sulfurique.

Des fuites peuvent se produire dans les conditions suivantes :

- ✓ Lorsque l'emballage est insuffisant ou inadapté.
- ✓ Lorsque la manutention (le chargement, le déchargement, etc.) se fait sans prendre en considération le contenu (Figure I.10)
- ✓ En cas d'incendie du véhicule ou de la cargaison.
- ✓ En cas de collision, de renversement ou de chavirement.
- ✓ En cas de défaut dans l'étanchéité, ou de fermeture incomplète des vannes ou des raccords.

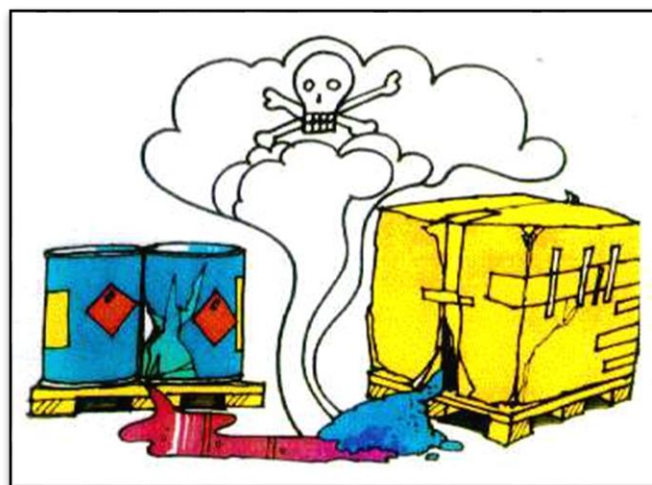


Figure I.10 : Fuit des produits

Il y a risque d'accident lorsque :

- ✓ Les véhicules transportant des marchandises dangereuses sont laissés sans surveillance.
- ✓ Le véhicule ou le chargement se met en mouvement, parce qu'il n'a pas été immobilisé ou amarré correctement.
- ✓ Les fuites ne sont pas rapidement éliminées des véhicules ou des conteneurs.
- ✓ Les fuites ne sont pas bien nettoyées.



Figure I.11 : Fuit des gaz

I.3.2.4 Marchandises dangereuses incompatibles

Des instructions détaillées concernant les marchandises dangereuses classées peuvent aussi comporter des restrictions s'appliquant au transport de matières spécifiques dans le même véhicule, ou imposer des distances minimales entre les emballages de deux matières.

Les personnes responsables du chargement doivent tenir compte des informations figurant sur les emballages et sur les documents de transport. L'ouverture des conteneurs ou des emballages au cours du transport ou du stockage intermédiaire n'est pas autorisée. Une fois l'étiquetage correctement réalisé, (Figure I.12) le personnel assurant le chargement peut utiliser les symboles clé pour décider de la façon d'effectuer le chargement dans le respect de la réglementation et de manière sûre. [10]

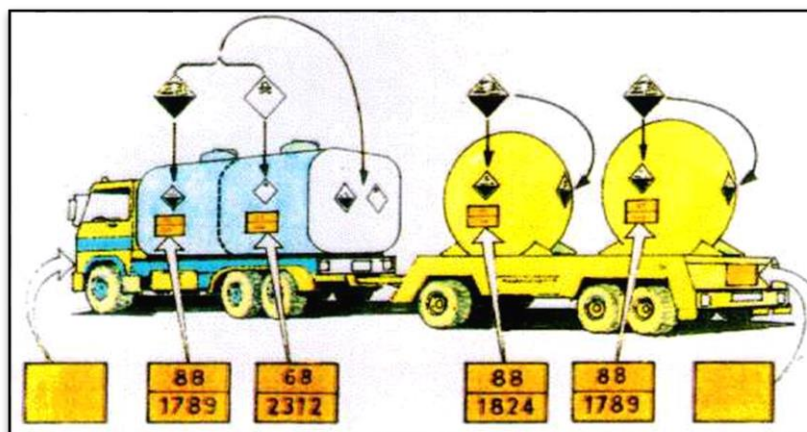


Figure I.12 : L'étiquetage correctement sur le transport

I.3.2.5 Limitation des quantités

Les marchandises dangereuses exigent un traitement particulier, des équipements spéciaux, des équipes de transport supplémentaires et une surveillance lors du stockage, de la manutention et du stationnement, ainsi que lors du chargement et du déchargement.

Les informations détaillées figurant dans les accords internationaux et dans les dispositions nationales spécifient la limitation des quantités s'appliquant à certaines substances dangereuses. Ces quantités maximales peuvent être transportées en une unité de transport, et toutes les précautions particulières mentionnées plus haut ne s'appliquent plus nécessairement.

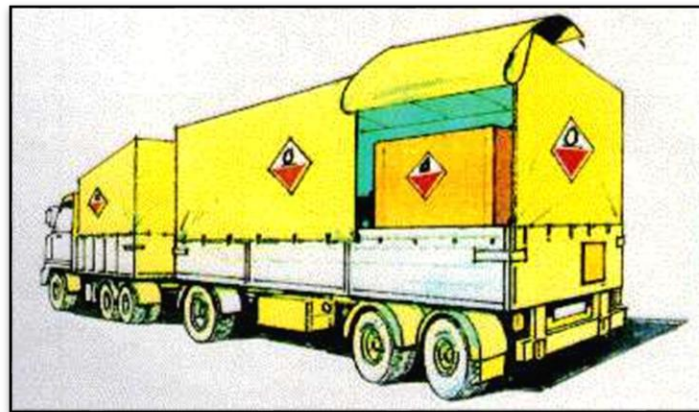


Figure I.13 : Bonne marchandise

I.4 les ambiances biologiques

Les travailleurs susceptibles d'être exposés au risque biologique sont de plus en plus nombreux et les secteurs d'activité concernés très variés. Sauf pour les secteurs de la santé au sens large (laboratoires de recherche et d'analyses, industrie pharmaceutique, établissements de soins ...) ou ce risque est bien pris en compte, ce risque reste assez peu connu de la majorité des salariés susceptibles d'être exposés et de leurs entreprises.

Par exemple, les professions agricoles sont particulièrement exposées car les risques biologiques liés au contact avec les animaux sont importants. Il en est de même pour les ouvriers des stations d'épuration car les eaux usées véhiculent de nombreux micro-organismes, les laveries ou blanchisseries industrielles ou le contact avec le linge souillé peut se révéler contaminant etc....

Lorsqu'une substance toxique, un produit chimique industriel par exemple, est présente dans l'environnement, elle contamine l'air, l'eau, la nourriture ou les surfaces en contact avec la peau; la quantité de produits toxiques dans ces milieux est évaluée par les contrôles d'ambiance.

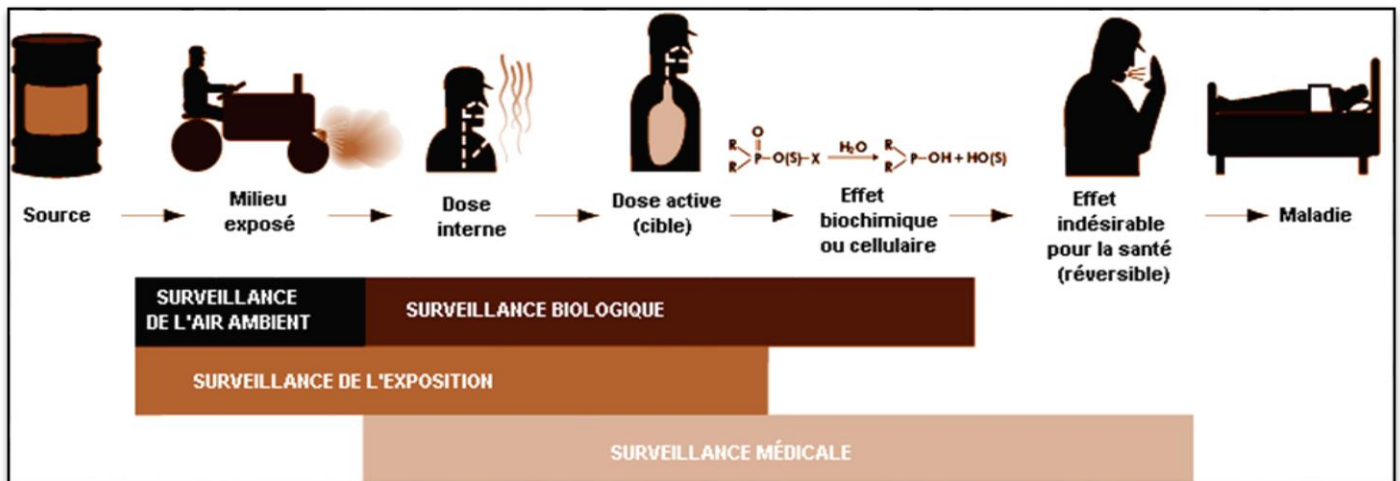


Figure I.14 : Relations entre surveillance de l'air ambiant, surveillance biologique, surveillance de l'exposition et surveillance de la santé des travailleurs

Une fois le produit toxique absorbé, distribué, métabolisé et excrété, une certaine dose interne (quantité absolue de polluant absorbée ou ayant pénétré dans l'organisme pendant un intervalle de temps donné) est effectivement présente dans l'organisme et peut être décelée dans les liquides biologiques. Les effets biochimiques ou cellulaires sont dus à l'interaction du produit toxique avec un récepteur au niveau d'un organe cible (organe qui, dans des conditions d'exposition spécifiques, présente la réaction indésirable initiale ou la plus importante). La surveillance biologique permet d'évaluer la dose interne et de mettre en évidence ses effets au niveau biochimique et cellulaire. [11]

I.4.1 Les risques infectieux

Les risques infectieux sont les mieux connus, y compris en milieu professionnel. Les infections sont dues à la pénétration puis à la multiplication d'un micro-organisme dans le corps.

Selon l'agent biologique en cause, les principales répercussions sur la santé sont très variables dans leur localisation (lésion cutanée, pneumonie, hépatite...), leur gravité (simple fièvre, complications cardiaques ou pulmonaires pouvant entraîner la mort) ou le délai d'apparition (quelques heures, jours ou mois). Par ailleurs, certaines infections, comme la fièvre Q, la rubéole ou la toxoplasmose, peuvent aussi perturber le bon déroulement ou l'issue d'une grossesse (avortement, prématurité, mal-formation).

Nous ne sommes pas tous égaux face au risque infectieux. Des facteurs individuels peuvent intervenir dans le risque de développer une infection après une contamination, en particulier en cas de baisse de l'immunité.

Les personnes concernées par une possible baisse de l'immunité ne sont pas seulement celles qui sont porteuses du VIH (virus de l'immunodéficience humaine). L'affaiblissement des défenses immunitaires peut avoir plusieurs origines : convalescence après une infection, traitement par la cortisone pour une atteinte rhumatismale chronique, traitement après une greffe d'organe... La grossesse est également une période où les défenses immunitaires sont amoindries.

Certains salariés peuvent avoir acquis une immunité vis-à-vis d'un agent pathogène après un contact avec celui-ci, qu'ils aient été malades ou non. Cependant, toutes les maladies infectieuses ne procurent pas une immunité.

Les défenses immunitaires peuvent également être stimulées par la vaccination mais le nombre d'agents infectieux pour lesquels on dispose d'un vaccin est très limité. Par ailleurs, le champ d'action des vaccinations est très variable. Ainsi, le vaccin contre le tétanos protège totalement si les rappels sont régulièrement effectués. Par contre, la vaccination contre la leptospirose ne protège que contre une seule des nombreux leptospires, avec la nécessité d'un rappel tous les deux ans.

I.4.2 Les risques immuno-allergiques

Les allergies sont des réactions d'hypersensibilité dues à une stimulation trop importante des défenses immunitaires après la rencontre d'un allergène. Les allergènes les plus connus en milieu professionnel sont des agents chimiques (cosmétique, médicament...) ou des produits végétaux (farine, pollen, arachide...). Un agent biologique peut aussi être à l'origine d'allergies (par exemple certaines moisissures ou bactéries actinomycètes).

Les manifestations allergiques dues à des agents biologiques peuvent être des allergies cutanées et, plus souvent, des rhinites, asthmes ou pneumopathies d'hypersensibilité.

Le seuil de déclenchement de ces effets est très variable d'un individu à l'autre, et pour un même individu, ce seuil peut varier au cours du temps. [12]



Figure I.15 : Présence de toxines

I.4.3 Les risques toxiques

Dans ce contexte de risque biologique, une intoxication est un ensemble de troubles résultant de l'action exercée sur l'organisme par une ou des toxines issues d'agents biologiques. En milieu professionnel, on peut être exposé à des mycotoxines ou des endotoxines. Selon leur nature, ces toxines vont entraîner différentes répercussions sur la santé.

Les endotoxines sont des composants de la paroi des bactéries dites Gram négatif (ou Gram -). Ces bactéries peuvent proliférer dans certains milieux favorables (eaux usées, composte, ordures ménagères...). Les endotoxines sont libérées lors de la division cellulaire et lors de la mort des bactéries. Elles persistent dans l'environnement longtemps après la mort de celles-ci.

Dans le contexte des expositions professionnelles, leurs effets sont complexes :

- « Simple » fièvre passagère, accompagnée de courbatures ressemblant à un début d'état grippal (syndrome toxique des poussières organiques ou ODTS pour Organic Dust Toxic Syndrom suite à un pic d'exposition) ;
- Atteinte broncho-pulmonaire pouvant devenir chronique (évolution possible vers une insuffisance respiratoire) ;
- Manifestations digestives (nausées, diarrhée...) rattachées à une exposition massive par inhalation, en particulier dans le traitement des eaux usées et des déchets.

Les mycotoxines sont produites par des moisissures dans certaines conditions d'humidité et de température et sur certains substrats (céréales, épices...). Leurs effets toxiques par ingestion d'aliments contaminés sont bien connus ; certaines mycotoxines sont classées cancérigènes par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). En revanche, les effets lors d'une exposition cutanée ou respiratoire en milieu professionnel sont bien moins renseignés. [13]

I.4.4 Les risques cancérigènes

Un cancer est une tumeur maligne formée par la multiplication désordonnée de cellules. Certaines infections sont connues comme pouvant provoquer des cancers. Par exemple, une infection chronique par le virus de l'hépatite B peut évoluer vers un cancer du foie. Aucun agent biologique ou produit d'agent biologique ne figure dans la liste de l'Union européenne des agents cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction, mais certains agents biologiques sont classés par le (CIRC).

Par ailleurs, quelques études épidémiologiques suggèrent un excès de cancers dans des professions où les travailleurs sont en permanence exposés, entre autres nuisances, à de multiples agents biologiques : élevages d'oiseaux, métiers de la viande, agriculture, etc. [12]

I.4.5 Description des risques : la chaîne de transmission

Quelle que soit l'activité professionnelle concernée, la démarche d'évaluation des risques est facilitée par l'utilisation de la chaîne de transmission.

Une chaîne de transmission est constituée de cinq maillons : le réservoir d'agents biologiques, les portes de sortie ou les modes d'accès au réservoir, la transmission, les portes d'entrée et l'hôte potentiel.

I.4.5.1 Le réservoir

C'est la source, le lieu dans lequel s'accumulent et prolifèrent les agents biologiques. Le réservoir peut être vivant ou inanimé :

Vivant, ce peut être tout ou partie d'un être humain (peau, appareil respiratoire, salive, sang...) ou d'un animal (cuir et laine non traités, salive, urines, cerveau...).

Inanimé, ce peut être le sol (agent du téta- nos...), l'eau (virus de l'hépatite A, amibes, agent du choléra...) ou un objet contaminé (seringue abandonnée...).

I.4.5.2 Les portes de sortie

Pour qu'il y ait risque d'exposition, il faut que les agents biologiques puissent sortir du réservoir ou que le travailleur puisse avoir accès à ce réservoir.

Par exemple, un patient atteint d'une tuberculose pulmonaire qui tousse et crache constitue un risque de contamination pour tout son entourage, les autres malades et les soignants qu'il côtoie. Mais s'il s'agit d'une tuberculose exclusivement osseuse, seuls les soignants qui vont intervenir directement sur le foyer infectieux (chirurgie...) sont susceptibles d'être exposés à un risque de contamination.

I.4.5.3 La transmission

En milieu professionnel, elle peut se faire par voie aérienne, par contact avec la peau ou les muqueuses, par inoculation (accident...), plus rarement par voie digestive.

I.4.5.4 Les portes d'entrée

Elles sont liées aux différents modes de transmission :

- Voie respiratoire pour la transmission aérienne ; muqueuse, peau au cours d'un contact
- Voie sanguine lors d'une piqûre ou d'une blessure
- Voie digestive en portant les mains ou un objet à la bouche.

I.4.5.5 L'hôte potentiel

Dans le cas des risques biologiques en mi- lieu professionnel, il s'agit du travailleur qui se trouve au bout de la chaîne de transmission. Il va être contaminé et pourra développer la maladie si l'exposition est suffisamment importante et s'il n'est pas protégé. Son état immunitaire joue également un rôle dans l'évaluation du risque. [13]

I.4.6 Prévention des risques

La prévention des risques consiste à rompre la chaîne de transmission en s'appuyant sur les principes généraux de prévention des risques biologiques. La prévention doit être intégrée le plus en amont possible de la chaîne de transmission en s'appuyant sur des mesures d'organisation du travail, de protection collective et individuelle. Elle comporte l'information et la formation du personnel, y compris les personnels intérimaires et intervenants extérieurs.

La prévention sera d'abord technique et collective. Ces mesures de prévention doivent également être adaptées à l'activité professionnelle considérée :

- ✓ Limitation au niveau le plus bas possible du nombre de travailleurs exposés ou susceptibles de l'être.
- ✓ Définition des méthodes de travail et des mesures visant à éviter ou réduire le risque de dissémination d'agents biologiques.
- ✓ Mesures de protection collective ou à défaut mesures de protection individuelle.
- ✓ Mesures d'hygiène.
- ✓ Procédures et moyens permettant en toute sécurité, le cas échéant après un traitement approprié, d'effectuer le tri, la collecte, le stockage, le transport et l'élimination des déchets par les travailleurs.

Il n'est pas possible d'envisager ici tous les cas de figure possibles. Des pistes de réflexion et des exemples sont évoqués de manière succincte.

Les mesures de prévention doivent avant tout porter sur l'origine des risques donc sur le réservoir. [14]

CHAPITRE II

Généralités Sur

L'éclairage

II.1 Introduction

La lumière est omniprésente dans notre vie. C'est grâce à elle que la vie est possible sur notre planète. La vie n'aurait pu se développer sans la lumière du Soleil. Encore de nos jours, les plantes et les animaux ont besoin de lumière pour leur survie.

La lumière est aussi notre principal moyen de découvrir le monde qui nous entoure. On estime que la grande majorité des informations reçues par notre cerveau sur notre environnement sont fournies par nos yeux. L'œil est d'ailleurs l'instrument optique le plus perfectionné que nous connaissons.

Au fil des siècles, les hommes ont découvert les propriétés de la lumière pour ensuite concevoir de nombreux instruments qui utilisent ses propriétés. Certains, comme le télescope ou le microscope, nous ont permis de découvrir des mondes jusque-là inconnus. D'autres, comme les lunettes ou les lasers chirurgicaux, ont amélioré notre qualité de vie. [15]

II.2 Qu'est-ce que la lumière ?

La lumière est une forme d'énergie, tout comme l'électricité ou la chaleur. Elle est composée de minuscules particules que l'on appelle photons et se déplace sous forme d'onde. La lumière est en fait générée par les vibrations des électrons dans les atomes. Il s'agit donc d'un mélange d'ondes électriques et magnétiques : on dit que la lumière est une onde électromagnétique.

Il existe plusieurs formes de lumière. Celle que nous connaissons est la lumière visible. Il existe cependant plusieurs autres formes d'ondes lumineuses : les infrarouges, les ultraviolets, les rayons X, etc. Ce qui différencie ces types de lumière est la longueur d'onde ou encore la quantité d'énergie qu'elles transportent. Prenons un exemple Figure II.1. On peut créer une onde en attachant une longue corde à un mur. En agitant l'autre extrémité de haut en bas, on crée des ondulations qui se propagent dans la corde. La distance entre deux ondulations voisines est la longueur d'onde (λ)

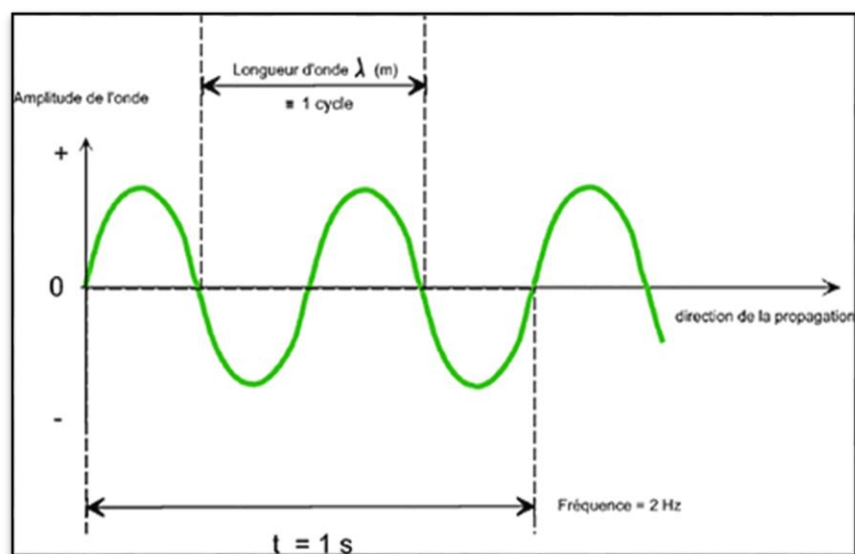


Figure II.1 : Longueur d'onde, fréquence et amplitude.

Plus la longueur d'onde de la lumière est grande, moins le photon possède d'énergie. Dans la lumière visible, le rouge a la plus grande longueur d'onde, mais possède le moins d'énergie. En contrepartie, la lumière bleue a la plus courte longueur d'onde et possède le plus d'énergie.

Les différentes formes de lumière sont classées dans ce qu'on appelle le spectre électromagnétique. La lumière visible n'occupe qu'une toute petite portion de ce spectre. À des longueurs d'ondes un peu plus grandes, on retrouve les infrarouges qui nous procurent la sensation de chaleur. Ensuite se sont les micro-ondes utilisées dans les fours et les radars. Enfin, les ondes radio, qui transportent les signaux de la radio et de la télévision, possèdent les plus grandes longueurs d'ondes : elles peuvent atteindre jusqu'à quelques kilomètres.

Au-delà de la lumière visible, vers les régions de plus courtes longueurs d'ondes, on retrouve les rayons ultraviolets, qui nous font bronzer et les rayons X. Ce type de lumière a la propriété de traverser les tissus mous du corps humain et d'être absorbée par les os et les dents. Les rayons X sont utilisés, entre autres, pour produire les radiographies. Enfin les photons dont la longueur d'onde est la plus courte et qui sont les plus énergétiques sont les rayons gamma.

Dans le vide, la lumière se déplace en ligne droite à une vitesse de près de 300 000 km/s. À cette vitesse, nous pourrions faire sept fois et demie le tour de la Terre en une seconde! Ceci est d'ailleurs la vitesse limite universelle. Rien dans l'Univers ne peut aller plus vite que la lumière. [15]

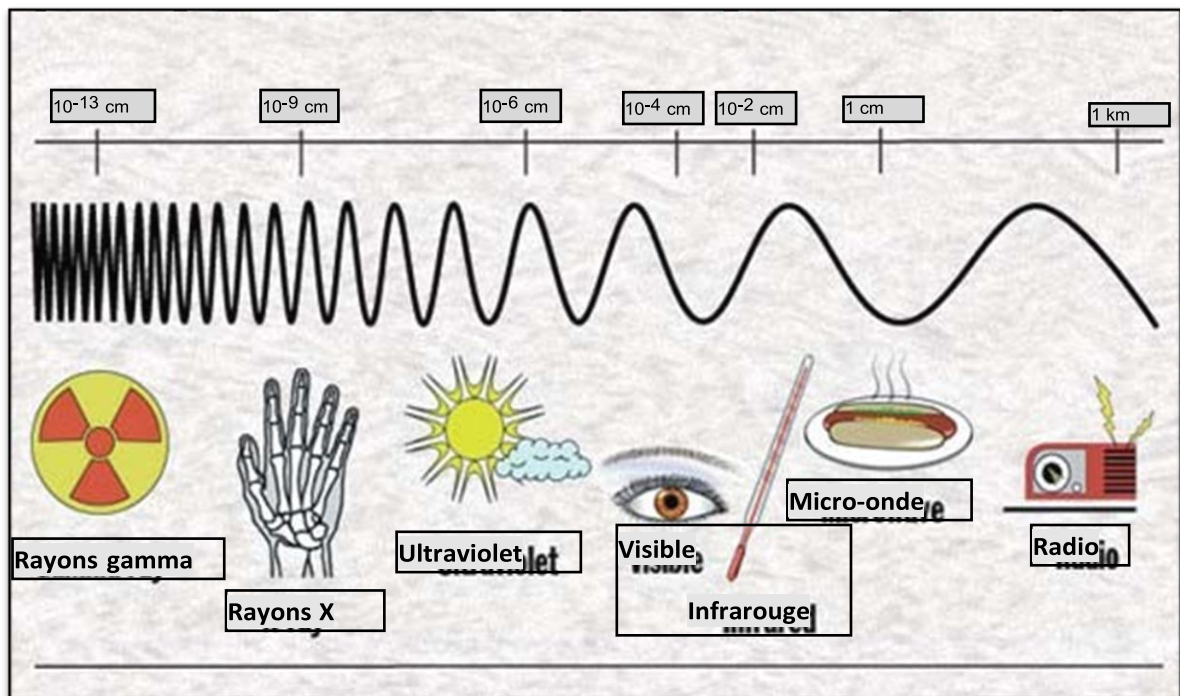


Figure II.2 : Le spectre électromagnétique

II.3 Eclairage, vision et lumière

La Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E) définit ainsi l'éclairage dans son Vocabulaire International [16] :

« Application de lumière à un site, à des objets ou à leur entourage pour qu'ils puissent être vus »

Les techniques de l'éclairage sont donc indissociables de la vision, et leur mise en œuvre sera toujours conditionnée par un objectif primordial : celui de « bien voir », celui de bien percevoir notre environnement à travers notre sens visuel.

La lumière est la matière première de l'éclairagiste. Comme un artisan, il va la produire au moyen de sources lumineuses, la façonner et la transformer, en qualité et en quantité, jusqu'à obtenir l'effet désiré. Pour les physiciens et les ingénieurs, la lumière est avant tout un rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est comprise entre 0.38 et 0.78 micron. Ce rayonnement lumineux transporte de l'énergie électromagnétique que l'on caractérise par sa puissance, qui représente l'énergie émise, transportée ou observée en une seconde. La puissance est exprimée en watts.

La figure II.3 représente le spectre lumineux : les longueurs d'onde électromagnétiques y sont associées aux couleurs observables dans l'arc-en-ciel. En dehors de ce petit intervalle de longueurs d'onde, pas de vision possible donc : les radiations de longueurs d'onde immédiatement inférieures à 0.38 micron sont les ultra-violets, tandis que celles supérieures à 0.78 micron sont les infra-rouges. [17]

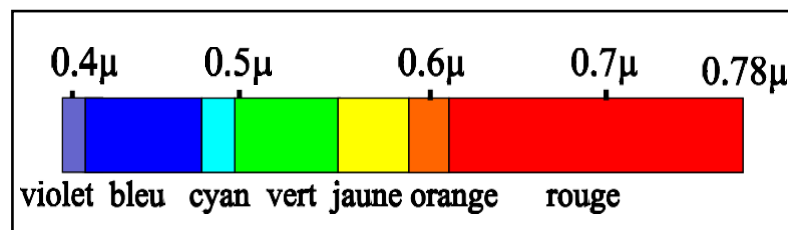


Figure II.3 : Spectre lumineux.

Cette figure exprime bien le lien étroit entre la longueur d'onde et la couleur, qui est avant tout une sensation résultant de l'interprétation de la lumière par notre cerveau. Pour analyser la couleur d'une lumière, l'éclairagiste a l'habitude de porter dans un diagramme la puissance rayonnée en fonction de la longueur d'onde : il obtient ainsi la répartition spectrale de la puissance rayonnée, ou encore (en abrégé) le spectre (figure II.4).

Explication des trois courbes :

$V(\lambda)$ = Sensation de luminosité, vision photopique avec les cônes

$V'(\lambda)$ = Vision scotopique avec les bâtonnets

$Smel(\lambda)$ = Limitation de la mélatonine avec les cellules ganglionnaires photosensibles

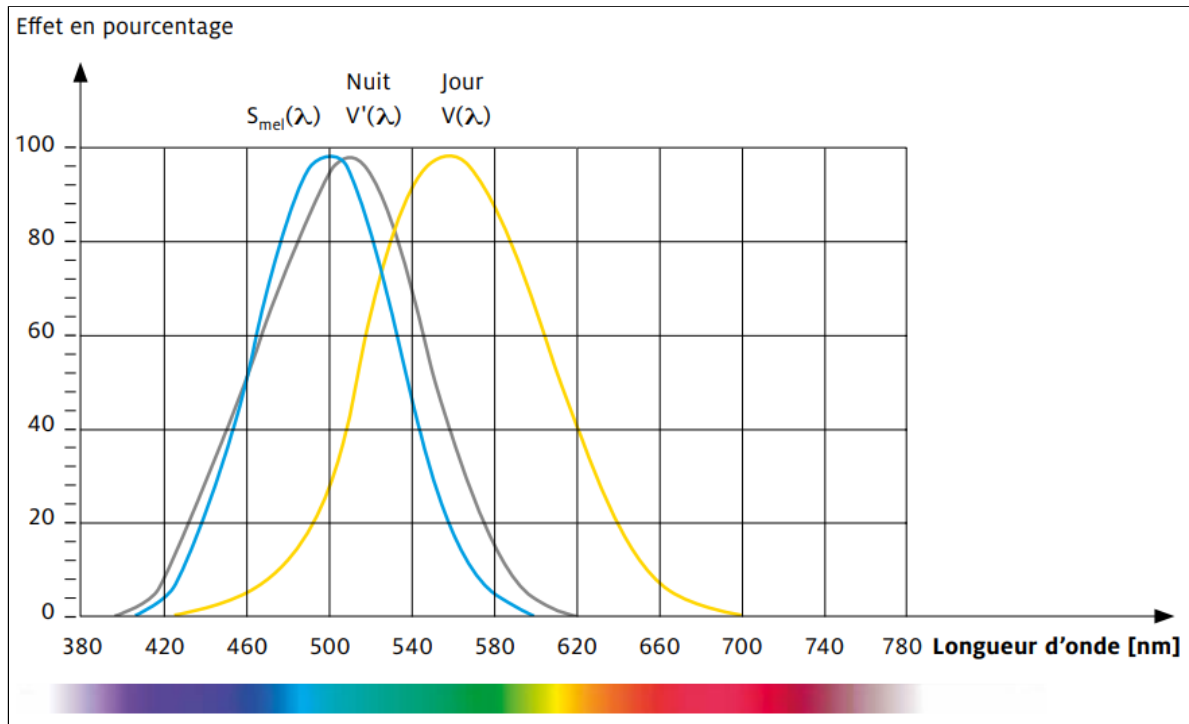


Figure II.4 : Sensation de luminosité spectrale relative et effet mélanopique

Selon la répartition de la puissance rayonnée dans le spectre, l'éclairagiste pourra ainsi conclure si cette lumière tend vers le bleu, le rouge, ou une autre couleur de l'arc-en-ciel. Une lumière dont la puissance est répartie de manière équilibrée dans l'intervalle de longueurs d'onde visibles [0.38 μ m, 0.78 μ m] est dite (et perçue) blanche. Mais attention : la lumière blanche n'est pas unique ! On pourrait obtenir le même effet visuel de lumière blanche avec un spectre de trois raies : une bleue, une verte et une rouge. Cette propriété de notre système visuel d'attribuer la même couleur (blanche, en particulier) à plusieurs rayonnements de spectres différents s'appelle le métamérisé. [18]

Il est ya 2 Sources d'éclairage :

- **Naturel : Rayonnement Solaire**
- **Artificiel : Energie électrique --> (Charbon, pétrole, nucléaire, hydroélectrique).**

II.4 L'éclairage naturel

II.4.1 Définitions

La lumière naturelle est un concept aussi large. Elle est l'ensemble des rayons solaires capable de rendre notre univers visible. Le soleil comme principale source, nous offre par l'intermédiaire du mouvement de la terre tout autour, une quantité importante de lumière pendant la journée. L'acte d'utiliser cette lumière d'une manière savante renvoie à l'éclairage naturel.

Eclairer des espaces architecturaux et des objets naturels signifie l'acte de les exposer aux rayons lumineux pour les rendre visibles, d'une manière savante, donc, suivant des règles issues des théories scientifiques, éprouvées empiriquement. La science chargée d'étudier ce phénomène est

l'éclairagisme.

Le besoin en lumière est de deux genres; qualitatif et quantitatif. Le qualitatif exprime le besoin de satisfaire l'utilisateur sur le plan émotionnel pour mieux dire sensationnel, d'où les concepteurs essaient depuis le lobe du temps de donner différentes interprétations. Les recherches qualitatives de la lumière naturelle se penchent sur les perceptions, les comportements comme réactions des usagers, ainsi que les pensées et les démarches conceptuelles des architectes. Quant au quantitatif qu'est "relatif aux études d'évaluation des gisements lumineux, de la disponibilité de la lumière naturelle, des méthodes de prédiction des quantités de lumière à l'intérieur des espaces". [19]

II.4.2 L'Environnement lumineux

Il se définit comme une énergie physique, un stimulus visuel et comme une information pour la perception.

II.4.2.1 Une énergie physique

La lumière représente une source d'énergie gratuite, rarement exploitée, dont les technologies s'évaluent pour en profiter plus. Comme elle constitue un facteur indispensable dans la démarche du bâtiment de haute qualité environnementale.

Physiquement, elle se représente sous forme d'un ensemble de radiations électromagnétiques correspondant au spectre de longueur d'onde entre 380 et 780 nm (CIE) pour que le système nerveux humain puisse les voir. Ces radiations se caractérisent par une gradation de couleur du violet foncé (entre 380 à 420nm) au rouge (entre 660 à 760nm) [20]

II.4.2.2 Grandeurs et unités relatives à la lumière

II.4.2.2.1 Le flux lumineux

Le flux lumineux est le débit de lumière émis par une source.

a. L'intensité lumineuse

b. L'éclairement

Il est relatif à certains facteurs qui peuvent l'influencer tels que :

- La grandeur de l'angle solide dans lequel le point voit le ciel.
- La situation géographique et climatique de la scène.
- L'état de nébulosité du ciel.
- La présence ou non de l'astre solaire à travers une fenêtre visible depuis le point.

c. La luminance

La luminance est relative à la capacité de réflexion des surfaces recevant la lumière.

Une paroi blanche se caractérise par une réflexion de 100%, contrairement à une paroi noire.

L'unité de mesure est cd/m^2 .

II.4.2.2 Sources de lumière

Nous allons parler des sources de la lumière naturelle à l'intérieur des espaces architecturaux. La principale source est bien sur le soleil, Le ciel représente la deuxième source de lumière naturelle, puis, l'environnement bâti est la troisième. Les deux premières constituent la composante externe. Quant à la troisième source, elle se divise en deux composantes ; une composante externe réfléchie à partir des constructions avoisinantes, une composante interne réfléchie à partir des parois internes.

II.4.2.3 Un stimulus visuel

Un stimulus visuel est tout ce qui peut attirer l'attention des usagers, en transmettant des informations de nature visuelle, capturées par le principal organe qui est l'œil, qui répond à ces provocations par une accommodation visuelle pour avoir une image nette et par adaptation visuelle, lorsque l'œil passe entre deux zones de luminances très variables. [21]

Il Ya 3 Types d'éclairage

- 1- **Directe** : La lumière reçue par la surface (ou plan de travail) n'est pas réfléchie.
- 2- **Indirecte** : Avant d'arriver à destination, la lumière percute des obstacles.
- 3- **Mixte** : Directe + indirecte

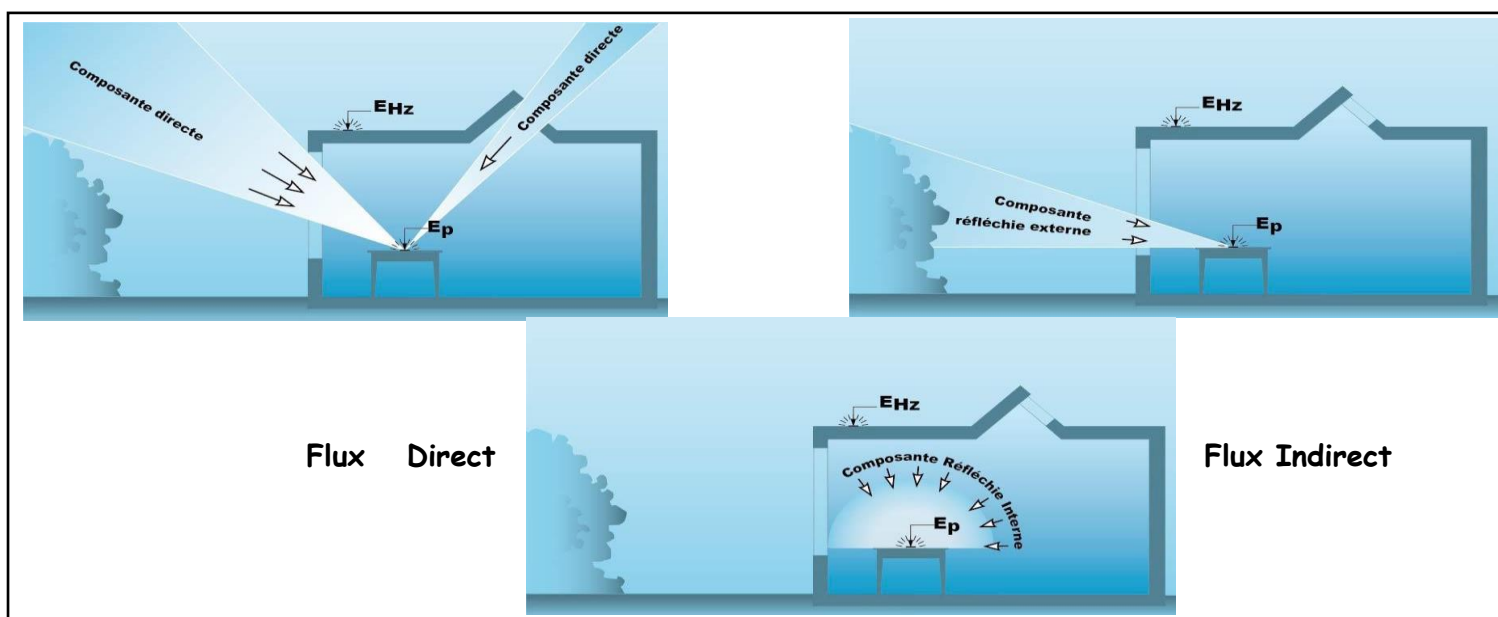


Figure II.5 : Types d'éclairage

II.5 L'éclairage Artificiel

Durant tout le temps où des travailleurs sont appelés à y travailler ou à y circuler, un éclairage artificiel doit être prévu lorsque l'éclairage naturel sur les lieux de travail n'est pas suffisant, soit par la disposition des lieux ou des nécessités techniques, soit dès la tombée de la nuit. [22]

L'éclairage artificiel doit être choisi et installé en tenant compte des paramètres suivants :

II.5.1 Le flux lumineux

Le flux lumineux (Φ) d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité de l'œil, de la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace de cette source par unité de temps. Ou c'est la fraction de l'énergie rayonnée par une source de lumière naturelle ou artificielle sous forme d'ondes électromagnétiques qui produisent l'impression de lumière (400-700 nm). Le flux lumineux se mesure en lumens.

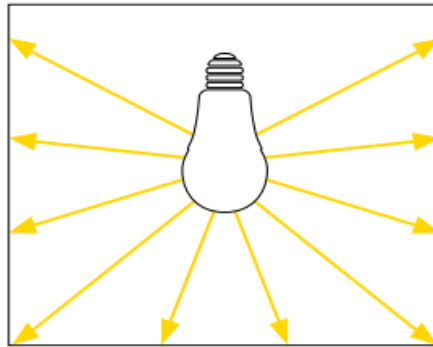


Figure II.6 : Le flux lumineux

II.5.2 L'intensité lumineuse

C'est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en candela (cd).

$$I = \Phi / \Omega$$

L'angle solide (Ω) d'un cône est le rapport de la surface (S) découpée sur une surface sphérique (ayant son centre au sommet de ce cône) au carré du rayon de la sphère. Il s'exprime en stéradians (sr).

$$\Omega = S / r^2$$

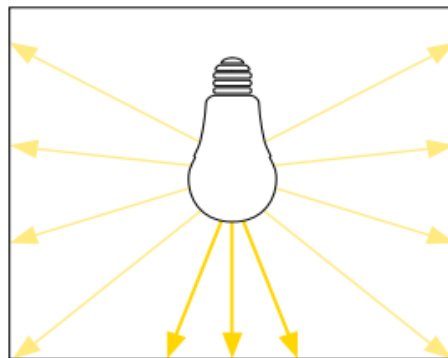


Figure II.7 : L'intensité lumineuse

L'intensité lumineuse permet de caractériser les luminaires en indiquant sur un graphe leur intensité lumineuse dans les différentes directions.

Candela (cd) : c'est l'unité de base pour mesurer l'intensité lumineuse. Une candela équivaut à 1 lumen par stéradian (lm/sr). Elle est définie comme l'intensité lumineuse allant dans une direction particulière, et est donc liée à l'angle d'ouverture vers la lumière.

II.5.3 L'éclairement

L'éclairement (E) d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le lux, Il peut également être défini comme le nombre de lumens tombant sur 1 (lm/m^2)

$$E = \Phi / S$$

Le lux c'est l'unité de mesure permettant de quantifier cette quantité de lumière sur certaines surfaces et objets.

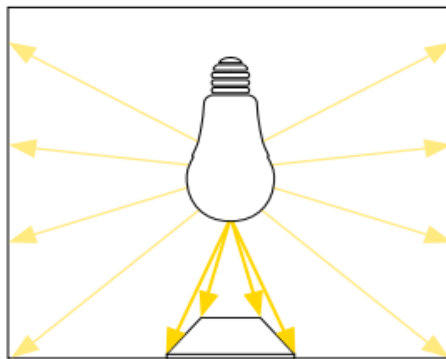


Figure II.8 : L'éclairement

Selon la surface S qui reçoit le flux lumineux on détermine l'éclairement.

I : étant l'intensité lumineuse

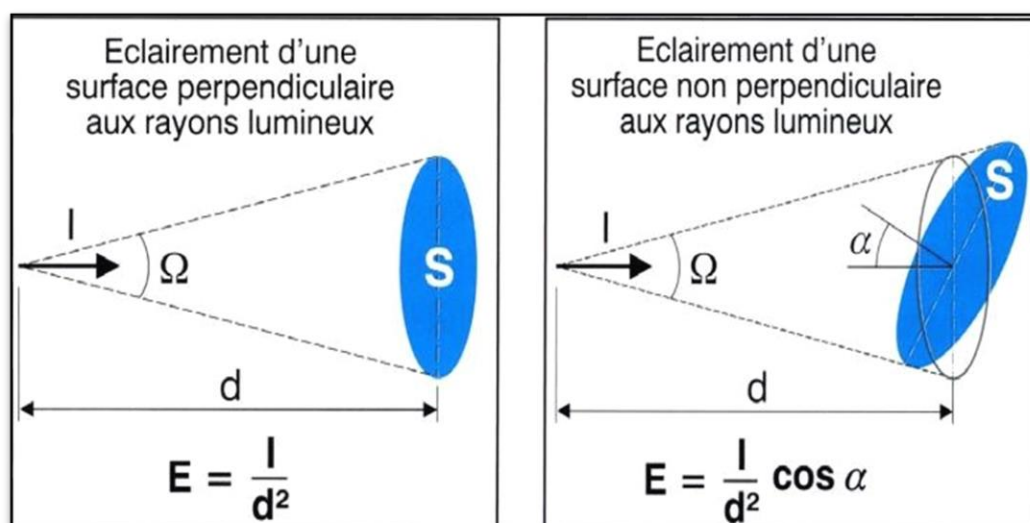


Figure II.9 : Détermination de l'éclairement

Un autre nom est souvent utilisé pour désigner l'éclairement, celui de "lumière incidente". Il ne faut pas oublier que le flux lumineux d'une ampoule sera toujours constant, mais que l'éclairement sera d'autant plus grand qu'il sera proche de la surface sur laquelle la lumière est incidente.

II.5.4 Combien de types d'éclairement existe-t-il ?

Lorsque la surface sur laquelle tombe la lumière est horizontale, on parle d'éclairement horizontal. Nous pouvons l'observer sur les bureaux et les sols. En revanche, lorsque la surface sur laquelle tombe la lumière est verticale, on parle d'éclairement vertical. C'est le cas des murs ou des fenêtres.

II.5.5 Comment calcule-t-on et mesure-t-on l'éclairement lumineux ?

Comme nous l'avons déjà mentionné, **l'éclairement est exprimé en lux (lx)**. Nous pouvons le calculer à partir de la formule suivante :

$$\text{Lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$$

Pour mesurer la luminance, **on utilise un luxmètre**, qui convertit le signal lumineux en un signal électrique qui est ensuite amplifié et permet de lire l'intensité sur une échelle de lux calibrée. Il est important qu'avant de procéder à la mesure, l'appareil soit étalonné et marqué 0

II.6 Mesures du flux lumineux

Le flux lumineux est la grandeur fondamentale en photométrie [23] : elle permet de définir toutes les autres grandeurs photométriques.

Il est défini à partir du flux énergétique Φ_e (exprimé en watts) plus souvent nommée puissance rayonnée. Ce dernier est un flux d'énergie rayonnée [24] :

$$\Phi_e = \frac{dQ_{\text{ray}}}{dt} \quad \text{où } Q_{\text{ray}} \text{ est l'énergie rayonnée, exprimée en joules (J).}$$

En photométrie, pour tenir compte de la sensibilité de l'œil humain, différente à chaque longueur d'onde du rayonnement, on corrige la puissance du rayonnement électromagnétique en le pondérant par une fonction d'efficacité lumineuse spectrale. Ces fonctions sont définies par des valeurs tabulées et deviennent nulles pour l'infrarouge ou l'ultraviolet qui se situent hors du domaine du spectre visible. Elles diffèrent selon le domaine de vision dans lequel on se trouve : vision diurne ou nocturne.

II.6.1 Vision photopique

En vision photopique (diurne) :

$$\text{Où} \quad \Phi_{v,\lambda}(\lambda) = \Phi_{e,\lambda}(\lambda) K(\lambda) = \Phi_{e,\lambda}(\lambda) K_m V(\lambda), \quad (\text{II.1})$$

$K(\lambda)$ est la fonction d'efficacité lumineuse spectrale photopique ;

$K_m = 683,002 \text{ lm/W}$ est l'efficacité lumineuse spectrale maximale photopique [24], correspondant à une fréquence de 540THz, c'est-à-dire à une longueur d'onde de très proche de 555 nm dans l'air (jaune-vert). [25]

$K(\lambda)$ aussi notée $\bar{y}(\lambda)$ en colorimétrie, est l'efficacité lumineuse spectrale relative photopique, sans dimension.

$\Phi_{e,\lambda} = \frac{d\Phi_e}{d\lambda}$ est la densité spectrale de flux énergétique[a], en watts par mètre (W/m) ;

$\Phi_{v,\lambda}(\lambda)$ est le densité spectrale de flux lumineux, en lumens par mètre (lm/m) ;

Pour une lumière polychromatique, le flux lumineux d'est obtenu par intégration :

$$\Phi_v = \int_0^\infty \Phi_{e,\lambda}(\lambda) K(\lambda) d\lambda = K_m \int_0^\infty \Phi_{e,\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda. \quad (\text{II.2})$$

Cette expression est souvent considérée de façon incorrecte comme l'interprétation de la loi d'Abney qui lui est proche. [25]

II.6.2 Vision scotopique

En vision scotopique (nocturne), les expressions sont identiques, seule la fonction d'efficacité lumineuse spectral utilisée est différente compte tenu du fait que seuls les bâtonnets fonctionnent :

$$\text{où} \quad \Phi_{v,\lambda}(\lambda) = \Phi_{e,\lambda}(\lambda) K'(\lambda) = \Phi_{e,\lambda}(\lambda) K'_m V'(\lambda), \quad (\text{II.3})$$

$K'(\lambda)$ est la fonction d'efficacité lumineuse spectrale scotopique ;

$K'_m = 1\,700,05 \text{ lm/W}$ est l'efficacité lumineuse spectrale maximale scotopique, correspondant à une fréquence de 590THz, c'est-à-dire à une longueur d'onde de 507 nm dans l'air

$V'(\lambda)$ est l'efficacité lumineuse spectrale relative scotopique, sans dimension.

$\Phi_{e,\lambda}$ est la densité spectrale de flux énergétique, en watts par mètre (W/m) ;

$\Phi_{v,\lambda}(\lambda)$ est le densité spectrale de flux lumineux, en lumens par mètre (lm/m) ;




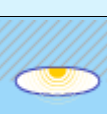




Par intégration sur le domaine visible, le flux lumineux pour une lumière polychromatique :

$$\Phi_v = \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda}(\lambda) K'(\lambda) d\lambda = K'_m \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda}(\lambda) V'(\lambda) d\lambda. \quad (\text{II.4})$$

II.7 Types de Luminaires

Voilà ci-dessous un résumé des types de luminaires avec leurs applications principales, voir également des situations standards par type de pièce et bâtiment, la page dédiée aux plafonds et faux plafonds ainsi que celle consacrée aux solutions pour l'installation et la maintenance.

Cette adéquation entre les luminaires et leurs applications est liée par des contraintes d'ergonomie et de confort et de performance énergétique, exprimées dans des textes de références (comme la norme d'éclairage intérieur) et est construite dans un projet d'éclairage. [26]

Type de luminaire	Dessins	Utilisation typique	Source typique	Montage typique	Caractéristiques
Applique		Eclairage d'appoint	LED	Sur un mur à l'horizontal	Luminaire généralement direct/indirect
Borne		Extérieur, résidentiel	LED	En saillie dans le sol	Luminaire d'environ 1m de haut
Chemin lumineux		Magasin type hypermarché ou supermarché	LED	En saillie	Grandes longueurs de luminaires pour des bâtiments de grandes hauteurs accueillant du public
Downlight		Couloir, toilettes	LED	Dans faux plafond	Luminaire peu encombrant et discret tout en étant performant, souvent de forme circulaire
Encastré		Tertiaire (bureaux, écoles...)	LED	Dans faux plafond	Luminaire bon marché, le plus discret possible, optique diffuse ou dirigée
Encastré de sol		Extérieur	LED	Encastré dans le sol	Éclairage architectural extérieur de bâtiment ou signalétique (suivant la puissance)
Encastré mural		Extérieur (notamment lieux sans plafond) ou intérieur	LED	Encastré dans un mur	Permet d'éclairer au sol sans avoir de plafond et/ou d'éclairer sans éblouissement
Gamelle		Entrepôt, usine	LED	En suspension	Pour lieux de grandes hauteurs, flux lumineux important







Hublot		Escalier, local technique, extérieur	LED	Sur un mur	Luminaire très utilisé, à la fois étanche, résistant mécaniquement et qui peut être esthétique, voir IP et IK
Lampadaire		Eclairage de bureaux, particulier	LED	Posé sur le sol	Luminaire d'environ 2m de hauteur, très varié dans ses formes et ses utilisations
Lanterne		Extérieur	LED	Attachée à une console ou une crose	Partie éclairante d'un lampadaire extérieur rattachée au mat (ou à un mur) par une console ou une crose
Luminaire étanche		Lieu technique	LED	Varié	Luminaire technique ayant bien souvent une résistance mécanique importante, voir IP et IK
Luminaire omnisport		Salle de sport	LED	En saillie	Pour lieux de grandes hauteurs, résistant mécaniquement aux balles et ballons, voir IK
Luminaire salle blanche		Salle blanche (hôpitaux ou laboratoire)	LED	Dans faux plafond	Luminaire type de bureaux mais proposant une étanchéité (bien souvent par le dessous uniquement, voir IP)
Plafonnier		Tertiaire (bureaux, écoles...)	LED	En saillie	Luminaire bon marché et relativement discret, optique diffuse ou dirigée
Projecteur extérieur		Stades, places publiques	LED	Sur mat	Luminaire de forte puissance à flux souvent dirigé, généralement pour des applications en grandes hauteurs
Projecteur intérieur		Magasin (éclairage d'accentuation)	LED	Sur rail	Luminaire de petites dimensions à flux dirigé, déplaçable et orientable facilement
Ruban LED		Corniche, présentoir	LED	Posé ou collé	Ruban souple continu de LED qui remplace les réglettes fluorescentes
Spot		Magasin, toilettes	LED	Dans faux plafond ou sur rail électrique	Luminaire de petites dimensions donc faible flux lumineux
Suspension		Tertiaire / architectural / particulier	Halogène, LED	En suspension	Luminaire de formes et de types très variés

Tableau II.1 : Types de Luminaires

II.8 Les lampes

Une lampe est un convertisseur d'énergie. Bien qu'elle puisse trouver d'autres applications, son but premier est la transformation de l'énergie électrique en rayonnement électromagnétique dans le domaine visible. Il existe de nombreux moyens de créer de la lumière. La méthode standard de création d'un éclairage général consiste à convertir l'énergie électrique en lumière. [27]

II.8.1 Les principaux types de lampes

Au fil des années, différents systèmes de nomenclatures ont été établis par des normes et des commissions nationales et internationales.

En 1993, la Commission électrotechnique internationale (CEI) a publié un nouveau système international de codification des lampes (Système international de codification des lampes (ILCOS)) (CEI, 1999) destiné à remplacer les systèmes régionaux et nationaux existants. [28]

Il y'a différents type de lampes d'éclairage :

- Lampes à incandescence :
 - ✓ Standard.
 - ✓ Halogène.
- Lampe LED
- Lampes à décharge :
 - A. Lampes à décharge basse pression :
 - ✓ Lampes à vapeur de sodium basse pression.
 - ✓ Lampes tube fluorescente.
 - ✓ Lampes fluo compactes.
 - ✓ Lampe induction.
 - B. Lampes à décharge haute pression :
 - ✓ Lampes à l'halogénure métallique.
 - ✓ Lampes à vapeur de sodium haute pression.
 - ✓ Lampes à vapeur de mercure.

II.8.2 Lampes à incandescence

II.8.2.1 Lampes à incandescence classique

Elle est créée par Thomas Edison en 1879, ces lampes utilisent un filament de tungstène placé dans un gaz inerte ou dans le vide à l'intérieur d'une ampoule de verre. Le gaz inerte élimine l'évaporation du tungstène et réduit le noircissement de l'enveloppe. Il existe une grande variété de formes de lampes dont l'aspect vise surtout un but décoratif. La structure d'une lampe standard d'éclairage général est illustrée par (la figure II.10) [29]

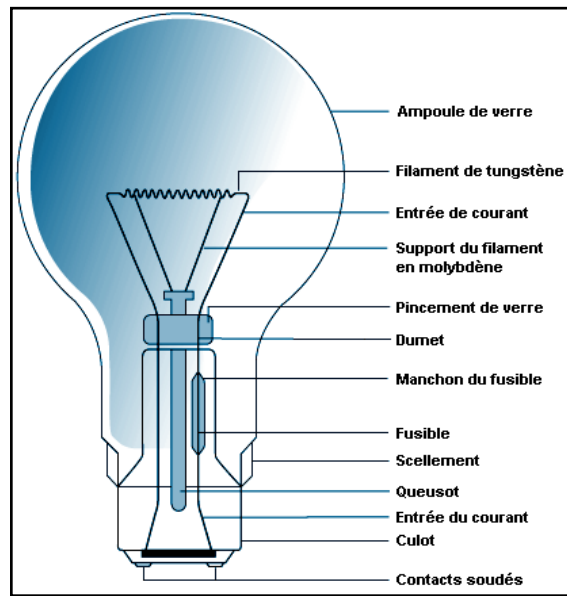


Figure II.10 : Schéma d'une lampe d'éclairage général standard

Les lampes à incandescence existent également dans un large éventail de couleurs et de finitions. Le tableau II.2 donne des exemples de codes ILCOS et de formes types.

Tableau II.2 : Couleurs et formes courantes des lampes à incandescence avec codes ILCOS

Couleur/forme	Code
Claire	/C
Dépolie	/F
Blanc	/W
Rouge	/R
Bleu	/B
Vert	/G
Jaune	/Y
Standard (poire)	IA
Flamme	IB
Conique	IC
Globe	IG
Oignon	IM

Les lampes à incandescence demeurent très utilisées pour l'éclairage domestique du fait de leur coût modique et de leur compacité. Toutefois, pour l'éclairage commercial et industriel, leur faible efficacité les rend d'un emploi coûteux, ce qui explique pourquoi les lampes à décharge constituent le choix le plus courant. Ainsi, une lampe de 100 W possède une efficacité type de 14 lumens/watt, tandis qu'une lampe fluorescente de 36 W apporte 96 lumens/watt.

Les lampes à incandescence dont on peut facilement faire varier le flux en réduisant la tension d'alimentation restent employées lorsque la variation de la lumière constitue une caractéristique d'utilisation importante.

Le filament de tungstène constitue une source lumineuse compacte, facile à focaliser au moyen de réflecteurs ou de lentilles. Les lampes à incandescence sont très utiles à l'éclairage des vitrines pour lequel il est nécessaire d'orienter le faisceau lumineux.

II.8.2.2 Lampes tungstène halogène

Elle créée par Edward G. Zubler et Frederick [30], ces lampes produisent de la lumière de la même manière, à partir d'un filament de tungstène. Cependant, l'ampoule contient un gaz halogène (brome ou iode) qui limite chimiquement l'évaporation du tungstène (voir figure II.11)

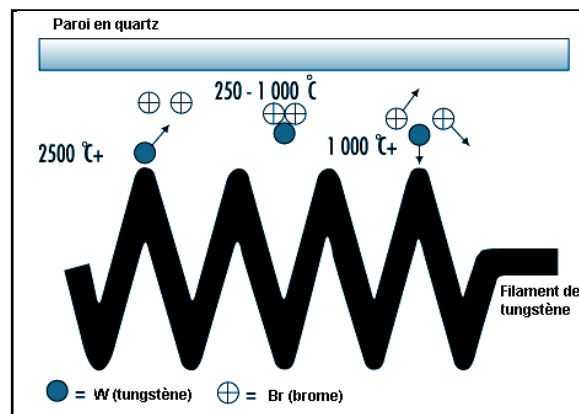


Figure II.11 : Le cycle halogène

Pour le cycle halogène, il est essentiel que l'ampoule présente une température de paroi de 250 °C minimum pour assurer le maintien de l'halogénure de tungstène à l'état gazeux et, donc, éviter sa condensation sur l'ampoule. Cette température implique de fabriquer les ampoules en quartz et non pas en verre, ce qui permet de réduire leur taille.

La plupart des lampes tungstène halogène offrent une meilleure durée de vie que des lampes à incandescence équivalentes, et leur filament atteignant une température supérieure, il génère une lumière plus intense, d'une couleur plus blanche.

Les lampes tungstène halogène sont maintenant très utilisées dans les domaines où une taille réduite et un haut niveau de performances constituent des besoins primordiaux, y compris l'éclairage des scènes de théâtre et des plateaux de cinéma et de télévision où l'orientation et la variation de flux sont des attentes courantes.

II.8.2.3 Lampes tungstène halogène basse tension

A l'origine, ces lampes ont été conçues pour les projecteurs de diapositives. En 12 V pour la même puissance, le filament devient plus petit et plus épais que pour 230 V, ce qui permet une meilleure focalisation, ainsi qu'une augmentation du flux lumineux du fait de la plus grande masse du filament qui autorise une température de fonctionnement plus élevée.

Le filament épais est plus robuste. Ces avantages n'ont pas échappé au marché de l'éclairage des surfaces de vente et, bien qu'elles requièrent un transformateur réducteur de tension, ces lampes sont maintenant largement utilisées pour l'éclairage des vitrines (voir figure II.12). [31]

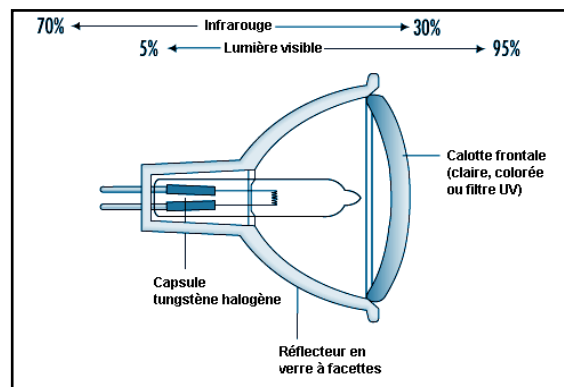


Figure II.12 : Lampes à réflecteur dichroïque basse tension

Bien que les utilisateurs de projecteurs de cinéma réclament le plus de lumière possible, une chaleur excessive détériore le support transparent. Un type de réflecteur spécial a été développé, qui ne réfléchit que le rayonnement visible et transmet vers l'arrière de la lampe le rayonnement infrarouge (chaleur). Ce dispositif est désormais intégré à un grand nombre de lampes à réflecteurs basse tension pour l'éclairage des étalages et pour le matériel de projection.

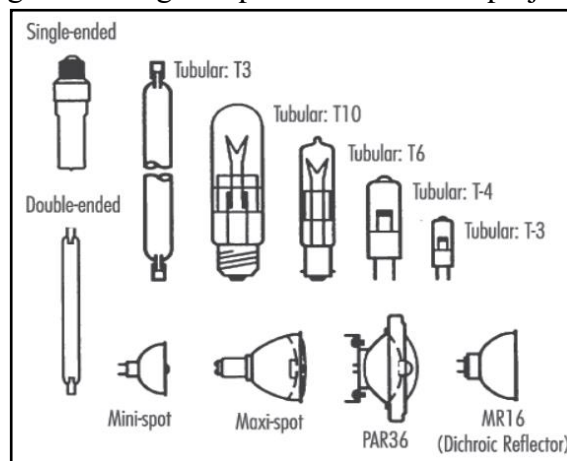


Figure II.13 : les formes de lampe halogène

II.8.3 Lampe LED (Anglais Light-Emitting Diode)

Elle est créée en 1907 par Henry Joseph Round. Ce type de lampe utilise les diodes électroluminescentes qui ils sont permet la transformation d'électricité en lumière.

Les LED créent de la lumière par électroluminescence dans un matériau semi-conducteur. (Figure II.14) L'électroluminescence est le phénomène par lequel un matériau émet de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant électrique ou un champ électrique - cela se produit lorsque des électrons sont envoyés à travers le matériau et remplissent les trous d'électrons. Un trou d'électrons existe lorsqu'un atome manque d'électrons (chargé négativement) et a donc une charge positive.



Figure II.14 : Lampe LED

II.8.3.1 Constituants de lampe LED

Elle contient du culot, plaque diode électronique, protection plastique transparente, circuit imprimé, corps de lampes, système optique. (Figure II.15)



Figure II.15 : Schéma qui déterminer les constituant de lampe LED

II.8.4 Lampe à décharge basse pression

On dit que lampe à décharge ces les lampes qui fonctionnent par décharge d'un courant électrique dans une atmosphère gazeuse. La décharge se fait au travers d'un tube à décharge qui se trouve dans une ampoule vide. [32]

II.8.4.1 Lampe tube fluorescente

Elle est créée en 1910 par Georges Claude [33], Il s'agit de lampes à vapeur de mercure basse pression qui existent en deux versions : à «cathodes chaudes» et à «cathodes froides». Le tube fluorescent classique utilisé dans les bureaux et les usines correspond à la première version ; le terme «cathode chaude» se rapporte à l'amorçage de la lampe par préchauffage des électrodes pour créer une ionisation suffisante du gaz et des vapeurs de mercure afin de stabiliser la décharge.

Les lampes à cathodes froides sont principalement utilisées pour les enseignes et la publicité (voir [figure II.16](#)).

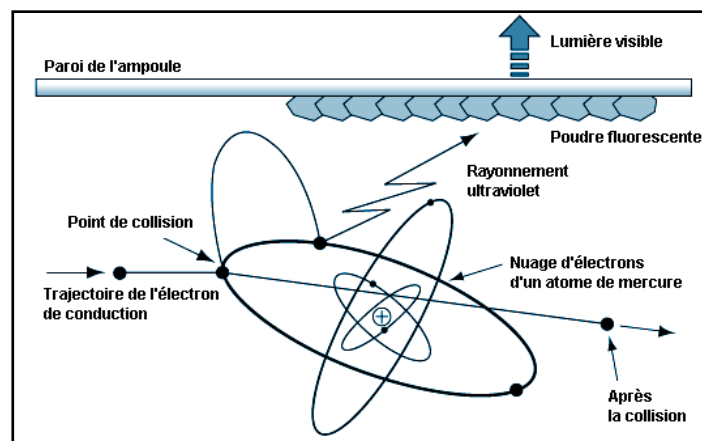


Figure II.16 : Principe de la lampe fluorescente

Les lampes fluorescentes nécessitent un ballast externe pour l'amorçage et la stabilisation du courant. Outre la petite quantité de vapeur de mercure, elles contiennent un gaz d'amorçage.

La basse pression du mercure provoque une décharge à émission lumineuse dans le bleu pâle. La majeure partie du rayonnement se trouve dans la zone ultraviolette à 254 nm, fréquence de rayonnement caractéristique du mercure.

La paroi intérieure du tube comporte une fine couche de substance fluorescente, qui absorbe les ultraviolets (UV) et rayonne l'énergie sous forme de lumière visible. La qualité de la couleur de la lumière est déterminée par la couche fluorescente. Il existe différentes substances fluorescentes émettant diverses couleurs et offrant plusieurs rendus des couleurs.

De nouvelles substances fluorescentes à bande étroite furent développées dans les années soixante-dix. Elles émettaient séparément dans le rouge, le bleu et le vert mais, combinées, elles produisaient une lumière blanche. Un dosage des proportions permettait d'obtenir une gamme

d'apparences colorées offrant toutes un excellent rendu des couleurs. Ces substances employées pour les lampes à trois bandes sont plus efficaces que les anciennes et constituent la solution d'éclairage la plus économique, même si les lampes sont plus chères. L'amélioration de l'efficacité réduit les coûts d'installation et de fonctionnement. (figure II.17)

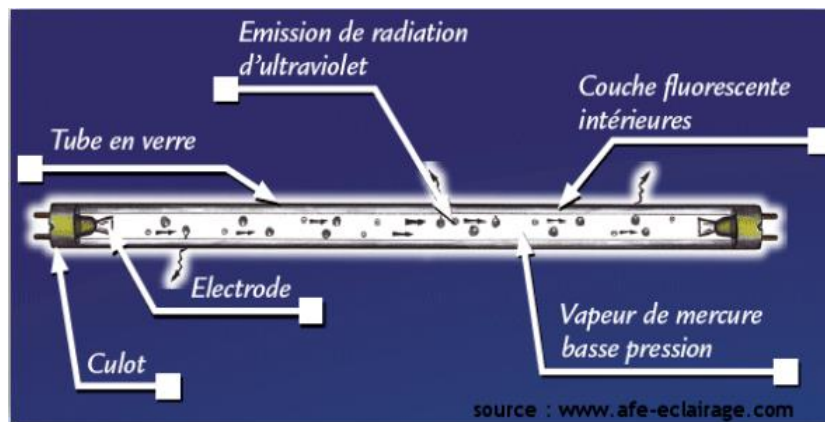


Figure II.17 : Schéma détermine le fonctionnement de tube fluorescent

Le principe des «trois bandes» a été étendu aux lampes cinq bandes pour les applications nécessitant un excellent rendu des couleurs, comme dans les galeries d'art et en chromaticité industrielle.

Les substances fluorescentes modernes à bande étroite offrent une plus large durabilité, un meilleur maintien du flux lumineux et une durée de vie de lampe accrue.

II.8.4.2 Lampes fluorescentes compactes

Du fait de sa forme linéaire, le tube fluorescent n'est pas destiné dans la pratique à remplacer la lampe à incandescence. Des tubes étroits et de petite taille peuvent être configurés pour avoir à peu près la même dimension que la lampe à incandescence, mais cela impose une densité superficielle de puissance beaucoup plus importante sur les substances fluorescentes. [31] L'utilisation des substances à trois bandes est essentielle pour obtenir une durée de vie acceptable pour les lampes (voir [figure II.18](#)).

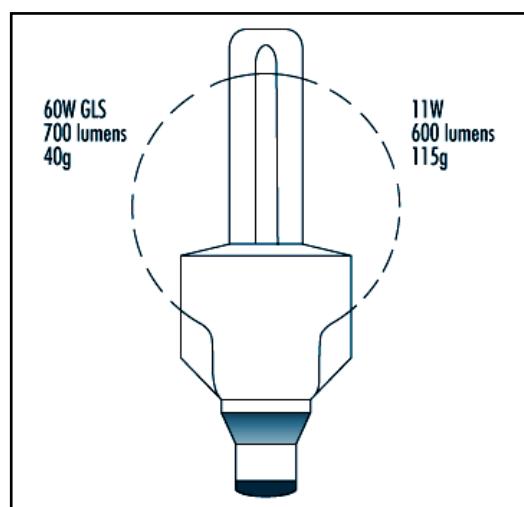


Figure II.18 : Lampe compacte à tube fluorescent replié en double U

Toutes les lampes fluorescentes compactes utilisent des substances à trois bandes. Si elles sont employées avec des tubes fluorescents, ces derniers doivent donc également émettre sur trois bandes pour assurer l'homogénéité des couleurs.

Certaines lampes compactes comportent un ballast incorporé pour pouvoir être substituées aux lampes à incandescence. La gamme s'agrandit et permet une évolution facile des installations existantes pour un éclairage présentant un meilleur rapport énergie/efficacité. Ces lampes à ballast incorporé ne conviennent pas aux installations comportant des gradateurs de lumière.

II.8.4.3 Lampes à induction

La première lampe a été créée en 1991 pour les grands publics. Ce type de lampe est une lampe à vapeur mercure de basse pression comme le tube fluorescent et la lampe fluocompacte, elle est bâchée par une ampoule opale de forme ovoïde ou bien tube fermer qui est formé un cercle.

Lampe à induction interne : l'antenne génère un champ magnétique autour d'elle. Celle-ci relié au ballast générateur d'impulsions à haute fréquence (généralement 2,65 MHz), lorsqu'il est alimenté provoque une variation rapide du champ magnétique au cours du temps. Champ magnétique génère un courant électrique par induction électromagnétique. Le courant électrique dans le milieu gazeux produit une lumière ultraviolette invisible après converti en lumière visible grâce à revêtement phosphore. (Figure II.19)

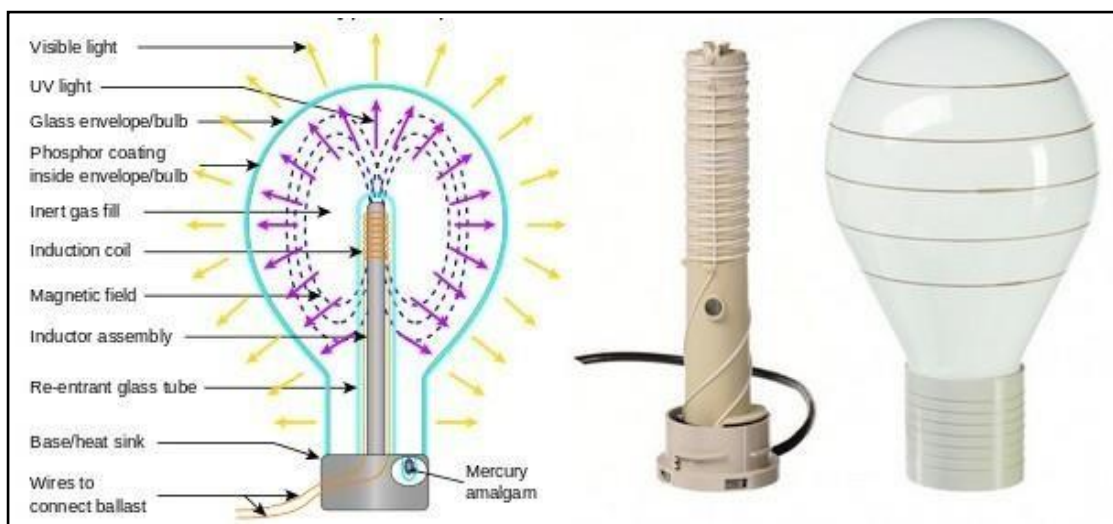


Figure II.19 : Lampe à induction interne

Lampe à induction externe : ont placée deux ferrites autour l'ampoule en forme de tube qui sont assurent la même fonction de l'antenne dans une lampe à induction interne. Ce champ magnétique variable est généré au niveau des ferrites par l'impulsion à basse fréquence (généralement 250 kHz) qui a fourni par le ballast. Ce champ magnétique est transmis à la lampe par l'aimant qui constitue les ferrites, alors ce champ fonctionne la même que dans une lampe à induction interne. (Figure II.20) Ensuite le courant électrique produit la lumière le même que lampe Fluorescente ou

lampe fluocompacte. [34]

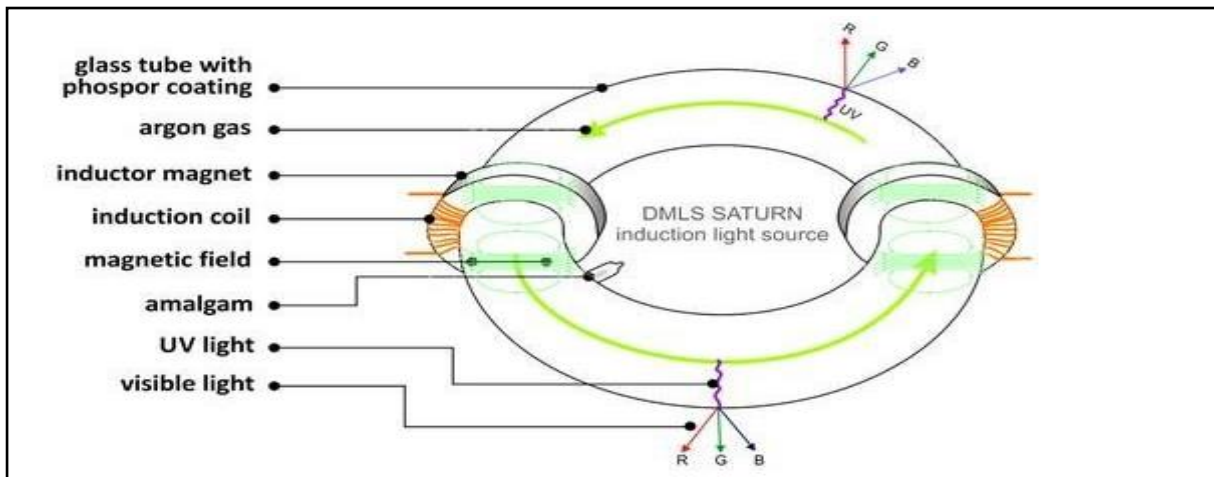


Figure II.20 : Lampe à induction externe

II.8.4.4 Lampes à vapeur de sodium basse pression

Le tube à décharge présente une taille similaire au tube fluorescent, mais il est constitué d'un verre feuilleté spécial recouvert à l'intérieur d'une couche résistante au sodium. Le tube à décharge en forme de long « U » est enfermé dans une ampoule extérieure sous vide pour assurer la stabilité thermique. Pendant l'amorçage, les lampes émettent une lueur rouge intense due au gaz néon qu'elles contiennent. [35]

Le rayonnement caractéristique des vapeurs de sodium basse pression est un jaune monochromatique, couleur proche de la sensibilité maximale de l'œil humain. Avec près de 200 lumens/watt, les lampes à vapeur de sodium basse pression sont actuellement les lampes qui ont l'efficacité lumineuse la plus élevée. Cependant, elles demeurent limitées aux applications dans lesquelles la discrimination des couleurs ne revêt pas d'importance, comme les routes nationales et les souterrains, ainsi que les rues résidentielles.

Dans de nombreux cas, ces lampes sont remplacées par des lampes à vapeur de sodium haute pression qui, parce qu'elles ont une taille réduite, permettent de mieux maîtriser la répartition de la lumière, notamment pour l'éclairage urbain où la pollution lumineuse constitue une préoccupation grandissante. (Voir [figureII.21](#)). [36]

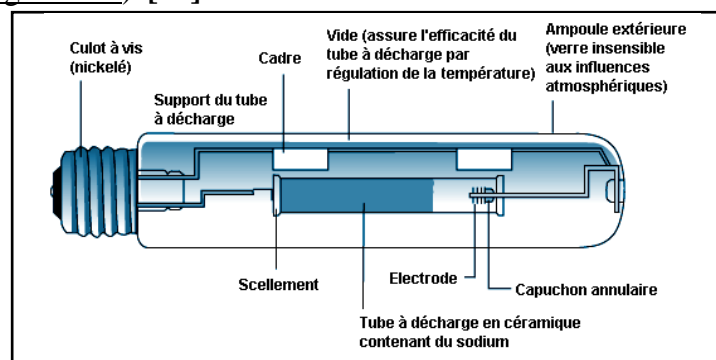


Figure II.21 : Constitution d'une lampe à vapeur sodium basse pression



Figure II.22 : Lampe à vapeur de sodium basse pression

II.8.5 Lampe à décharge haut pression

II.8.5.1 Lampes à vapeur de mercure à haute pression

Les lampes à décharge à haute pression sont plus compactes et supportent des charges électriques plus importantes ; elles nécessitent par conséquent des tubes à décharge en quartz pour résister à la pression et à la température. Le tube à décharge est enfermé dans une enveloppe extérieure en verre remplie d'azote ou d'argon-azote pour réduire l'oxydation et les décharges. L'ampoule filtre efficacement le rayonnement ultraviolet généré par le tube à décharge.

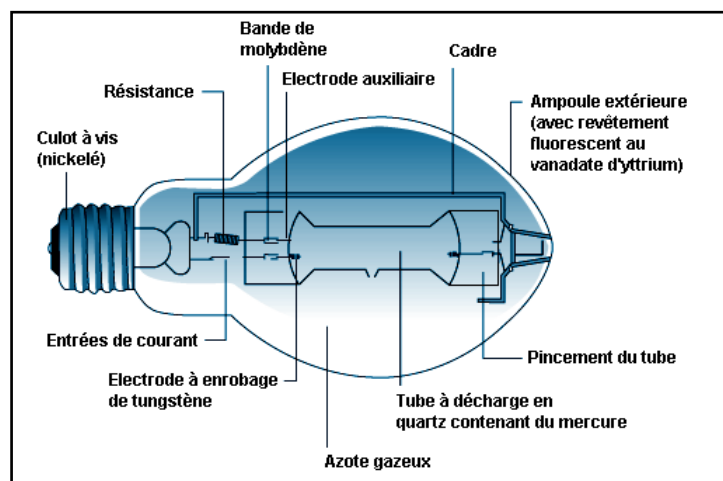


Figure II.23 : Eléments constitutifs d'une lampe à vapeur de mercure

A haute pression, la décharge dans la vapeur de mercure émet principalement un rayonnement bleu et vert. Pour améliorer la couleur, une couche de poudre fluorescente sur l'ampoule extérieure ajoute une émission rouge. Il existe des versions de luxe avec une plus grande part de rouge, donnant un flux lumineux supérieur et un meilleur rendu des couleurs.

Toutes les lampes à décharge haute pression demandent un certain temps pour atteindre le fonctionnement en régime établi. La décharge initiale est favorisée par le gaz d'amorçage, puis le métal s'évapore au fur et à mesure que la température de la lampe augmente.

Lorsque la pression est stable, la lampe ne redémarre pas immédiatement sans un système d'amorçage spécial. Il faut attendre que la lampe refroidisse suffisamment et que la pression chute pour que la tension d'alimentation normale ou le circuit d'allumage puisse rétablir l'arc.

Les lampes à décharge ayant une caractéristique de résistance négative, le ballast extérieur est nécessaire pour limiter le courant. Ces éléments de ballast entraînent des pertes, de sorte que l'utilisateur doit prendre en compte la consommation totale dans le calcul des coûts de fonctionnement et de l'installation électrique. Il existe une exception pour les lampes à mercure haute pression, dont un type comporte un filament de tungstène qui fonctionne comme limiteur de courant et ajoute les couleurs chaudes à la décharge bleue et verte, ce qui permet le remplacement direct des lampes à incandescence.

Bien que les lampes à vapeur de mercure aient une durée de vie assez longue d'environ 20 000 heures, le flux lumineux tombe à environ 55% du flux initial à la fin de cette période et par conséquent la durée de vie économique peut être plus courte. [37]

II.8.5.2 Lampes aux halogénures métalliques

Il est possible d'améliorer la couleur et le flux lumineux des lampes à vapeur de mercure en ajoutant différents métaux à l'arc du mercure. La dose étant faible pour chaque lampe, il est plus pratique, pour une application précise, d'employer les métaux sous forme de poudre comme les halogénures qui, lorsque la lampe chauffe, se dissocient en libérant le métal.

Une lampe aux halogénures métalliques peut utiliser un certain nombre de métaux différents, chacun émettant dans sa couleur caractéristique, comme par exemple :

- Dysprosium
- Yttrium
- Thulium
- Scandium
- Holmium
- Thallium [21]



Figure II.24 : Lampe halogénure métallique

Il n'existe pas de mélange standard de métaux; par conséquent, les lampes aux halogénures métalliques de différents fabricants risquent de ne pas être interchangeables aussi bien dans leur aspect que dans leurs performances de fonctionnement. En ce qui concerne les lampes de faible puissance, entre 35 et 150 W, la compatibilité physique et électrique se rapproche d'une norme commune.

Les lampes aux halogénures métalliques nécessitent un ballast d'amorçage et de stabilisation, mais leur diversité implique de veiller soigneusement à la compatibilité de la lampe et du ballast pour assurer un bon amorçage et des conditions de fonctionnement correctes. [38]

Lorsque la pression du sodium augmente, le rayonnement passe en bande large autour de la raie jaune pour donner un aspect blanc doré. Toutefois, au fur et à mesure que la pression augmente, l'efficacité diminue. A l'heure actuelle, il existe trois types de lampes à vapeur de sodium haute pression, comme indiqué dans le tableau II.3.

Type de lampe (code)	Température de couleur (K)	Efficacité (lumens/watt)	Durée de vie (heures)
Standard	2 000	110	24 000
De luxe	2 200	80	14 000
Blanche (White SON)	2 500	50	

Tableau II.3 : Types de lampes à vapeur de sodium haute pression

II.8.5.3 Lampes à vapeur de sodium haute pression

La première lampe à vapeur de sodium sous haute pression est créée en 1956, elles sont commercialisées par GENERAL ELECTRIC et PHILIPS. Ce type des lampes est une lampe à décharge à haute pression qui est utilisées des autres composants chimiques comme mercure et xénon afin de fixer la bonne propriété électrique de l'arc et d'allumer la lampe. Habituellement est bâchée par une ampoule translucide de forme tubulaire. Certaines sont couvertes par une ampoule ovoïde opale, de même aspect que celles des lampes à vapeur mercure haute pression. Elle émet une lumière blanche avec des teintes orangées. [21]



Figure II.25 : Lampes à vapeur de sodium haute pression

Il existe des variantes de la lampe, mais la façon la plus courante de l'allumer est le démarrage par impulsions. Un amorceur est intégré au ballast et envoie une impulsion d'énergie à haute tension dans le tube à arc. Cette impulsion amorce un arc à travers le gaz xénon.

La lampe devient bleu ciel lorsque le xénon s'allume. L'arc chauffe alors le mercure et la vapeur de mercure s'allume, donnant à la lampe une couleur bleuâtre. La lampe chauffe et le sodium est le dernier matériau à se vaporiser. La vapeur de sodium produit un arc de plus de 240 C°. Le sodium est mélangé à d'autres impuretés pour créer une lumière plus "blanche". Le mercure contribue à ajouter un spectre de lumière bleue au jaune pur du sodium. [36]

Elle contient de culot en laiton, support de fixation, getter des résidus de gaz, joint d'étanchéité monolithique, armature en acier, tube à arc en céramique contenant du sodium et mercure et xénon, ampoule extérieure en verre, vide.

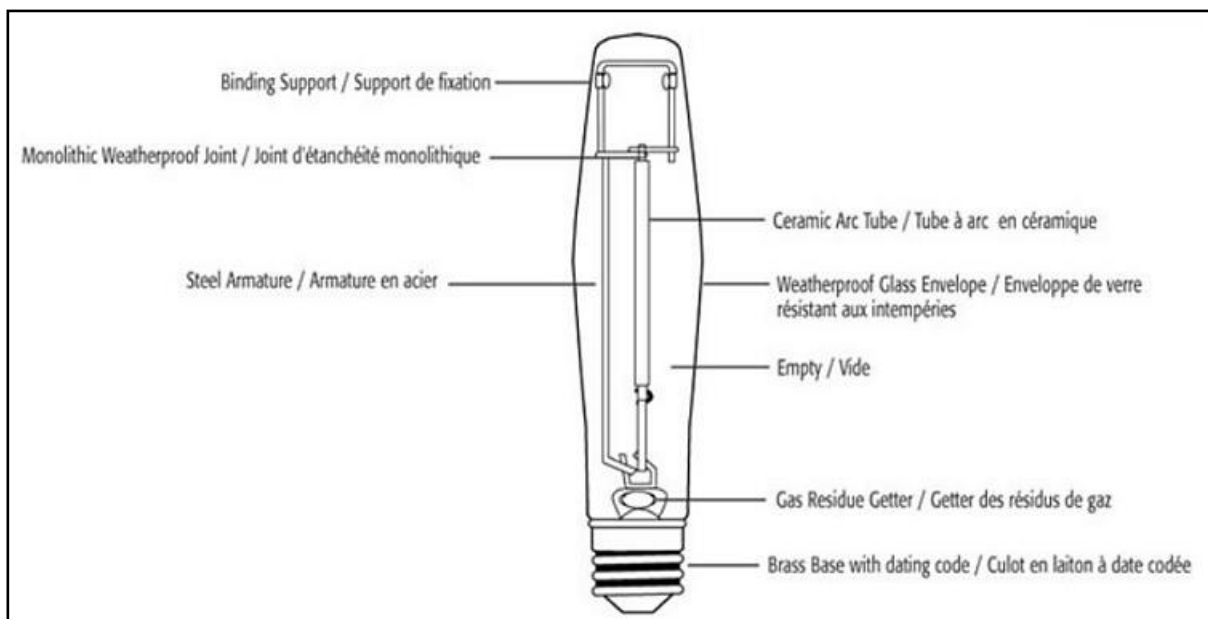


Figure II.26 : Schémas déterminent les constituants de lampe à vapeur de sodium haute pression.

II.9 Le contrôle optique de l'éclairage

Si une lampe nue est utilisée dans un luminaire, la répartition de la lumière risque de ne pas être acceptable et le système ne sera certainement pas économique. Dans ce type de situation, la lampe nue est susceptible de constituer une source d'éblouissement pour les occupants de la pièce et, même si une partie de la lumière atteint le plan de travail, l'efficacité de l'installation peut se trouver sérieusement réduite du fait du phénomène d'éblouissement. [39]

II.9.1 Les écrans opaques

Si une lampe est installée dans une enceinte opaque comportant une seule ouverture permettant le passage de la lumière, la distribution de celle-ci se trouvera limitée.

Comme le montre la [figure II.27](#).

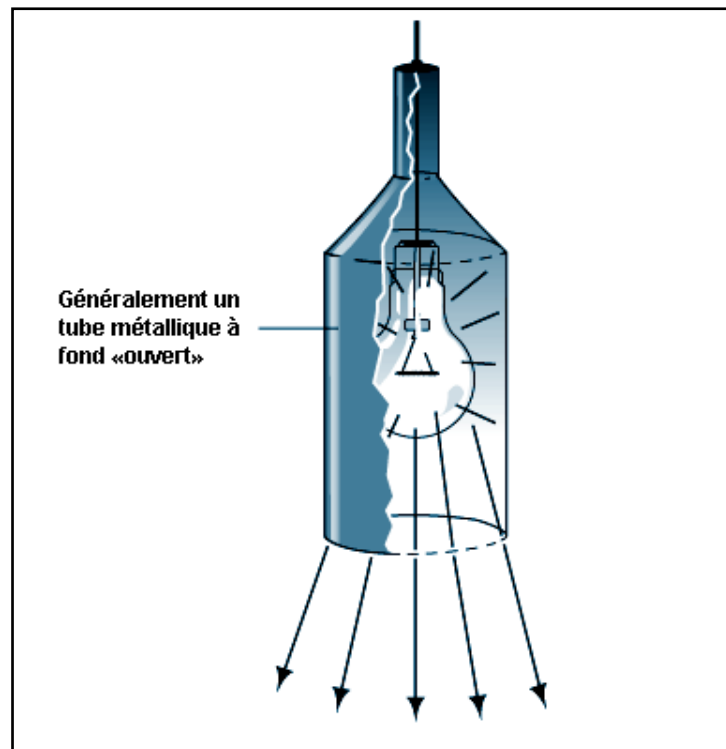


Figure II.27 : Contrôle du flux lumineux par un écran opaque

II.9.2 La réflexion

Cette méthode de contrôle de la lumière utilise des surfaces réfléchissantes qui peuvent varier d'un aspect très mat à un aspect très spéculaire ou de type miroir. Elle est plus efficace que les écrans opaques, car la lumière dispersée est récupérée et réorientée là où elle est nécessaire.

Ce principe est illustré à la [figure II.28](#).

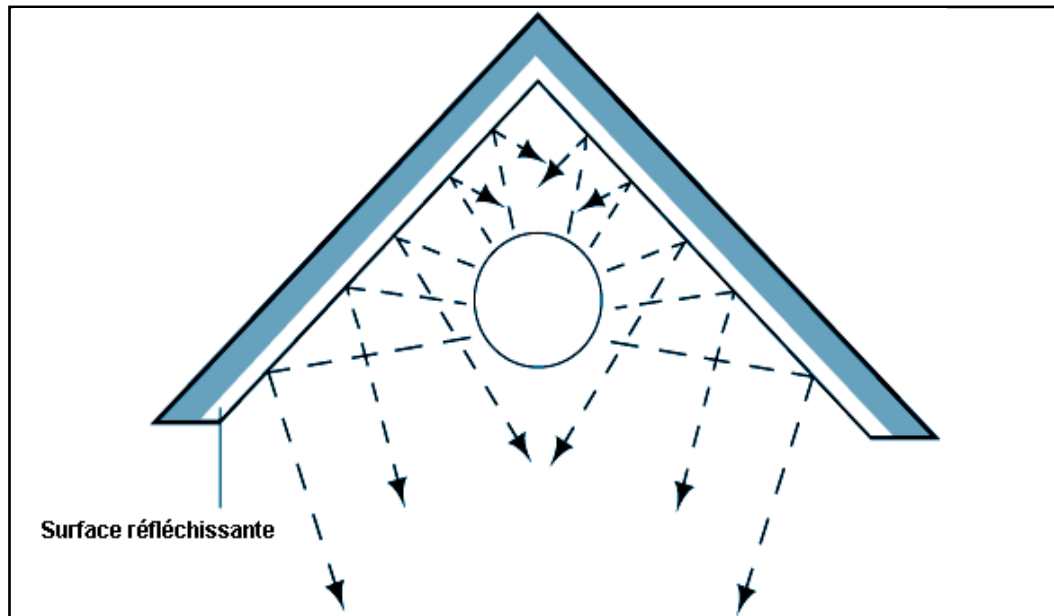


Figure II.28 : Contrôle du flux lumineux par réflexion

II.9.3 La diffusion

Si une lampe est installée dans une matière translucide, la dimension apparente de la source lumineuse augmente, tandis que sa luminosité diminue. Les diffuseurs existants absorbent malheureusement une partie de la lumière émise, ce qui a pour conséquence de réduire l'efficacité globale du luminaire. La [figure II.29](#) illustre le principe de la diffusion.

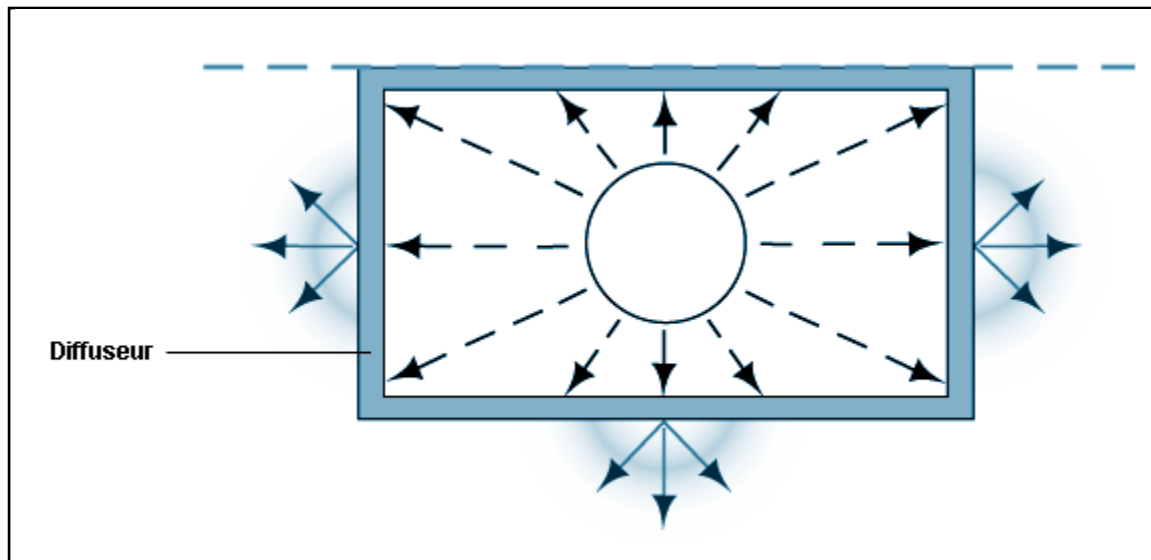


Figure2.29 : Contrôle du flux lumineux par diffusion

II.9.4 La réfraction

Cette méthode utilise l'effet de «prisme», selon lequel un prisme de verre ou de plastique change la direction des rayons lumineux et redirige ainsi la lumière vers la zone où elle est nécessaire. Cette méthode est très bien adaptée à l'éclairage général d'intérieur. Elle présente l'avantage de combiner une bonne limitation de l'éblouissement et une efficacité acceptable. La [figure II.30](#) montre comment la réfraction aide au contrôle optique.

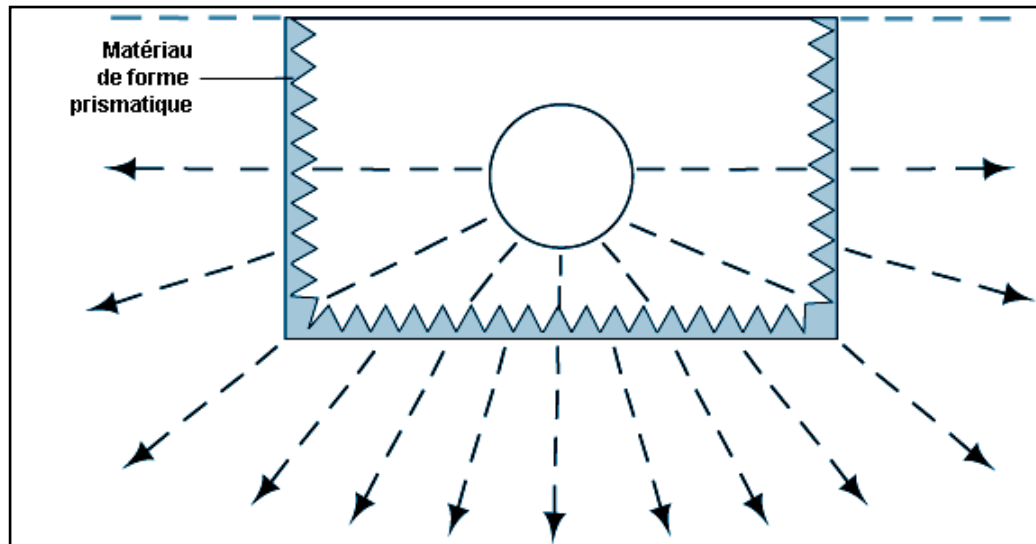


Figure II.30 : Contrôle du flux lumineux par réfraction

II.10 Les conditions nécessaires du confort visuel :

L'être humain possède une extraordinaire capacité d'adaptation à son milieu et à son environnement rapproché. De tous les types d'énergie qu'il utilise, la lumière est le plus important. Élément clé de notre capacité de voir, elle est nécessaire pour apprécier la forme, la couleur et la position dans le panorama visuel des objets qui nous entourent dans notre vie quotidienne. La plupart des informations que nous recevons par l'intermédiaire de nos sens le sont à près de 80% par la vue. Très souvent, parce que nous sommes tellement habitués à disposer de cette faculté, nous la tenons pour acquise. Toutefois, nous devons toujours garder présent à l'esprit que certains aspects de notre santé, comme notre humeur ou notre niveau de fatigue, sont affectés par l'éclairage et la couleur des objets qui nous environnent. Du point de vue de la sécurité au travail, la performance et le confort visuels revêtent une importance primordiale.

En effet, de nombreux accidents sont dus à un mauvais éclairage ou à des erreurs humaines causées par des difficultés à identifier des objets ou des risques associés aux machines, aux systèmes de transport, aux matières dangereuses, etc.

Il est courant de constater des problèmes visuels associés à un système d'éclairage déficient sur le lieu de travail. Du fait de la capacité du système visuel à s'adapter à des situations d'éclairage insuffisant, ces aspects ne sont pas toujours considérés avec le sérieux qu'ils méritent.

Un système d'éclairage bien conçu doit offrir des conditions optimales de confort visuel. Pour cela, il est indispensable que architectes, éclairagistes et responsables de l'hygiène du travail collaborent à un stade précoce. Cette collaboration doit être mise en place dès le début du projet, pour éviter des erreurs qui seraient difficiles à corriger une fois celui-ci terminé. Au nombre des aspects les plus importants à garder à l'esprit figurent le type de lampe qui sera utilisé et le système d'éclairage qui sera installé, la distribution des luminances, les efficacités lumineuses et la composition spectrale de la lumière.

Le fait que la lumière et les couleurs affectent la productivité et le bien-être psychophysiologique des travailleurs devrait encourager les éclairagistes, les physiologistes et les ergonomes à étudier et à définir les meilleures conditions d'éclairage et de couleur pour chaque poste de travail. La combinaison des éclairages, le contraste de luminances, l'apparence de couleurs de la lumière, le rendu des couleurs ou encore leur choix sont des éléments déterminants de l'environnement chromatique et du confort visuel. [40]

II.10.1 Les facteurs déterminants du confort visuel

Les conditions préalables que doit impérativement remplir un système d'éclairage pour assurer les conditions nécessaires à un bon confort visuel sont les suivantes :

- Un éclairage uniforme ;
- Une luminance optimale ;
- L'absence d'éblouissement ;
- Des contrastes appropriés ;
- Un rendu correct des couleurs ;
- L'absence d'effet stroboscopique ou de fluctuations de la lumière.

Il est important de considérer la lumière sur les lieux de travail non seulement selon des critères quantitatifs, mais aussi selon des critères qualitatifs. La première étape consiste à étudier le poste de travail, la précision requise dans les tâches effectuées, le volume de travail, la mobilité du travailleur, etc. La lumière doit comprendre à la fois les composantes directes et diffuses du rayonnement. Le résultat de cette combinaison produira des ombres d'une intensité plus ou moins prononcée

permettant au travailleur de percevoir la forme et la position des objets. Il convient d'éliminer les reflets gênants, rendant difficile la perception des détails, tout comme les phénomènes d'éblouissement ou les ombres portées.

L'entretien périodique de l'installation d'éclairage est très important. L'objectif est d'éviter le vieillissement des lampes et l'accumulation de poussière sur les luminaires, qui aboutiraient à une dégradation constante du flux lumineux. Il est donc important de choisir des lampes et des systèmes faciles à entretenir. Une ampoule à incandescence conserve toute son efficacité jusqu'au moment précédant son claquage, contrairement aux tubes fluorescents, dont l'efficacité peut chuter de 75% après un millier d'heures de fonctionnement.

CHAPITRE III

Amélioration De L'éclairage Dans Un Atelier De Production

III.1 Introduction

Chaque projet d'éclairage est différent selon la diversité des clients pour qui il est conçu.

Il est important, au début de chaque projet, de fixer les buts et les objectifs. Il est nécessaire que le client implique son concepteur d'éclairage le plus tôt possible pour aboutir à une bonne solution. Il est préférable d'utiliser une méthodologie de processus pour qu'il y ait une interaction entre l'équipe de conception et le client en vue d'obtenir une évaluation objective et subjective.

Avant de commencer la conception technique de l'éclairage, il faut effectuer une analyse spatiale, fonctionnelle et comportementale. Cette analyse permet d'observer la fonctionnalité des espaces et l'influence sur le comportement des gens.

III.2 Etude de cas : le projet d'éclairage de sécurité

Un projet complet d'éclairage comporte normalement les trois phases suivantes :

1. Le choix du **type d'éclairage**.
2. Le choix des **lampes** et des **luminaires** (voir livre **L11 : Les sources de lumière**), ce qui implique en particulier le choix de la **couleur**.
3. Le dimensionnement de l'installation (calcul du nombre de lampes et luminaires permettant d'atteindre l'**éclairage**).

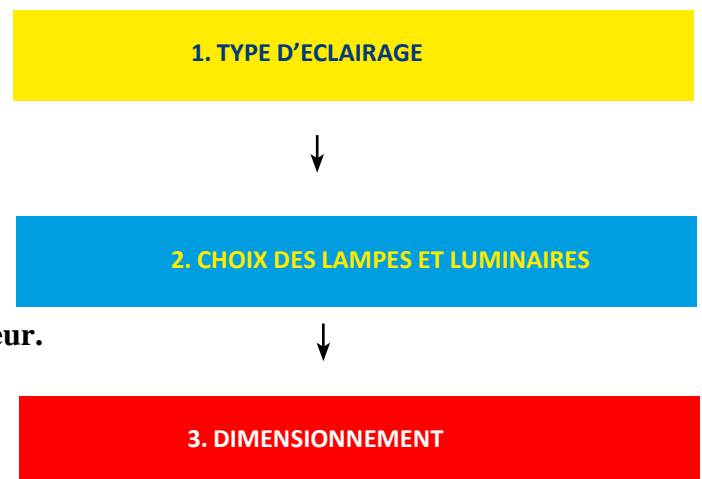


Figure III.1 : Schéma d'un étude d'éclairage.

III.3 Le choix du type d'éclairage

Le choix du luminaire se fait en fonction du type d'éclairage choisi a priori, ce type définissant la répartition du flux lumineux dans l'espace. Le classement adopté s'appuie sur les trois répartitions suivantes de base :

- ✓ **Intensive** lorsque le flux lumineux est dirigé vers un point précis de l'espace.
- ✓ **Semi-intensive** lorsque la situation est intermédiaire.
- ✓ **Extensive** lorsque le flux lumineux est diffusé dans un large faisceau.

III.4 Le plan des luminaires et l'indice de local

Les luminaires sont situés dans un plan horizontal, dit «**plan des luminaires**», situé à la hauteur (**h**) au-dessus du plan utile. A partir de cette grandeur il est possible de définir la caractéristique dimensionnelle du local : l'**indice** (de ce local), noté ici (**Φ**), qui vaut :

$$\Phi = \frac{a \cdot b}{H(a + b)} \quad (\text{III.1})$$

(a et b) étant les côtés définis par le schéma ci-contre.

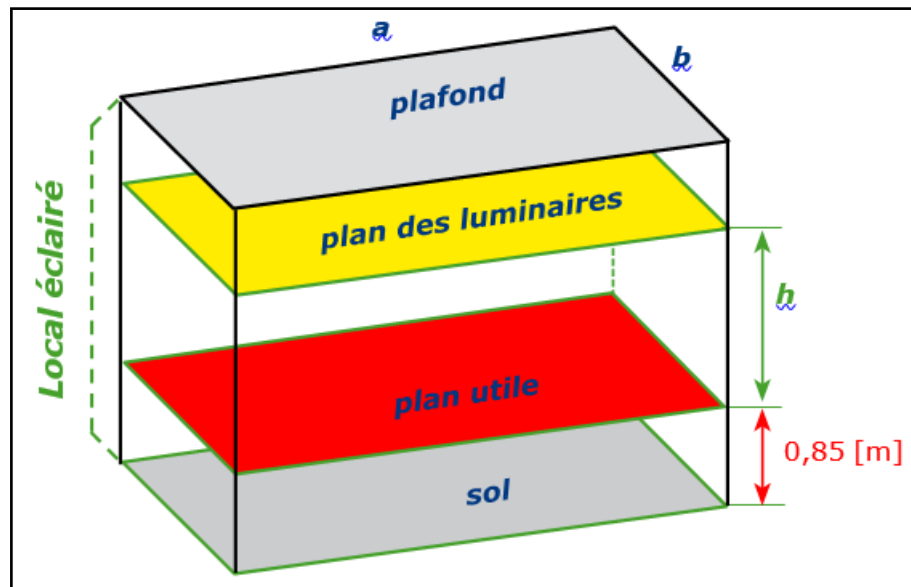


Figure III.2 : Schéma de locale

III.5 Calcul d'éclairage pour garantir une ambiance de travail en sécurité

Dimensions du local de production :

$V = a \times b \times H$ on prendre $H = 5.5$ m

$V = 80 \times 40 \times 5.5$

$V = 17600 \text{ m}^3$

- Détermination du nombre de lampes :

$N = S / L^2$ (L : distance entre les lampes)

S : surface du local (m^2)

H définit la hauteur de suspension du

luminaire, elle est fonction de la puissance

de la lampe et les caractéristiques du luminaire.

D'après les normes : $H = (2,5\text{m pour } P \leq 200\text{W et } 4\text{m pour } P > 200\text{W})$

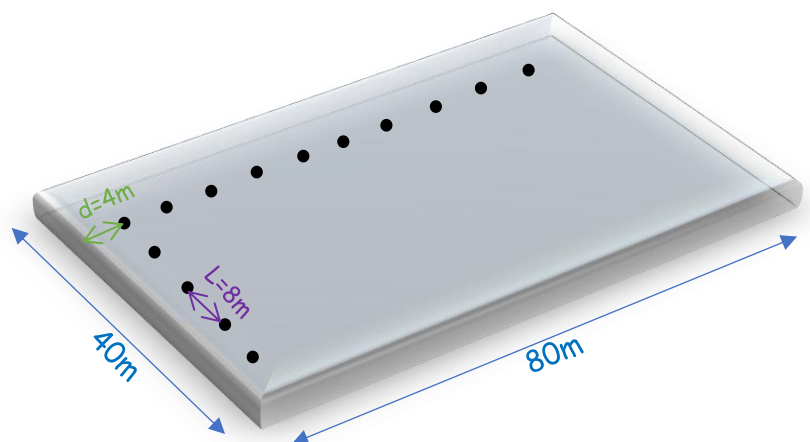


Figure III.3 : Dimensions du local de production

Détermination du rapport L/H (il est fonction du type de luminaire, intensif, extensif...) et du type d'arrangement L/H = 1,2 à 3,2 (voir tab III.1)

Type de luminaire	Disposition	
	A une rangée	A plusieurs rangée
Réflecteur extensif	1,8 à 2	1,8 à 2,5
Réflecteur intensif ou à boule	1,2 à 1,4	1,2 à 1,4
Réflecteur à prédominance directe	1,5 à 1,6	1,6 à 1,8
Réflecteur à boule	1,9 à 2,5	2,3 à 2,8

Tableau III.1 : Valeurs du rapport L/H

On détermine L= H (1,2 à 3,2)

Si le local fait 80x40 mètres avec H= 5.5m

- L= 5,5(1,2 à 3,2) alors L= (6,6 à 17,6) on choisit L = 8m

Donc le nombre de lampes $N = (80 \times 40) / 8^2 = 50$ lampes

- calcul du flux lumineux d'une lampe :

$$F_l = \frac{E \cdot K \cdot S}{Z \cdot \eta \cdot N} \quad (\text{III.2})$$

K: coefficient de dépréciation

Z: coefficient d'inégalité de la lumière

η : coefficient d'utilisation de la lumière

E: éclairement (lux) $E = E_{adm}$

Disposition en carré à plusieurs rangées.

D'après les normes $d = L (0,4 \text{ à } 0,6)$ donc $d = 8 (0,4 \text{ à } 0,6)$; $d = (3,2 \text{ à } 4,8)$ mètres.

On prend $d = 4\text{m}$

- **Détermination du flux lumineux** (tab III.2)

Type de production	Dimensions des objets (mm)	Fond	contraste	Lampe fluorescente		Lampe à incandescence	
				Ecl. Comb.	Ecl. Loc.	Ecl. Comb.	Ecl. Loc.
Particulière	≤ 0,1	Sombre	Faible	3000	750	1500	300
		Sombre	Moyen	2000	750	1000	300
		Sombre	Elevé	1500	500	750	300
		Clair	Elevé	150	300	400	150
Haute	0,1 à 0,3	Sombre	Faible	2000	750	1000	300
		Sombre	Moyen	1000	400	500	150
		Sombre	Elevé	750	150	400	100
		Clair	Elevé	500	300	300	75
Moyenne	0,3 à 1	Sombre	Faible	1000	300	500	150
		Sombre	Moyen	750	200	400	100
		Sombre	Elevé	500	150	300	75
		Clair	Elevé	400	150	200	50
Petite	1 à 10	Sombre	Faible	150	150	150	50
		Sombre	Moyen	150	150	150	70
		Sombre	Elevé	150	100	100	30
		Clair	Elevé	100	100	100	30
Grosse	> 10	Sombre	Faible				
		Sombre	Moyen				
		Sombre	Elevé	100	100	100	30
		Clair	Elevé				

Tableau III.2 : Valeurs de l'éclairage admissible : E en Lux

L'éclairage d'un Atelier de production de composants électroniques dans la dimension des objets à réaliser est moyenne et comprise entre 0.3 à 1 (mm) avec un fond sombre contraste moyen et des lampes à incandescence dont l'éclairage localisé

Donc l'éclairage admissible $E = 100$ Lux

- **Détermination du facteur K** (tab III.3)

Dégagement de fumées et poussières	Lampe à incandescence	Lampe fluorescente	Délais de nettoyage
Grand dégagement	2	1,7	2 fois / mois
Dégagement moyen	1,8	1,5	-- // --
Dégagement faible	1,3	1,3	-- // --
Espace libre	1,5	1,3	-- // --

Tableau III.3 : Valeurs du facteur K de dépréciation

K varie de (1,3 à 2) on a choisi K =1,5 compte tenu un espace libre de poussières et de fumé

- **Détermination du coefficient Z** (tab III.4)

Caractéristiques	0,8	1	1,2	1,4	1,5	1,75	2	L/H
Luminaire extensif Lampe dépolie	0,63	0,74	0,87	0,95	0,97	0,86	0,83	Z
Luminaire extensif Lampe normale	0,60	0,70	0,87	0,90	0,87	0,83	0,80	Z
Luminaire extensif	0,54	0,72	0,72	0,80	0,85	0,92	0,88	Z
Luminaire à prédominance directe	0,55	0,66	0,87	0,91	0,87	0,73	0,59	Z

Tableau III.4 : Valeurs du coefficient d'inégalité de la lumière (Z)

Z varie de (0,54 à 0,97) on a choisi la valeur du $Z = 0.85$ compte tenu du rapporte L/H

$L/H = 8/5.5 = 1.45$ ainsi que les caractéristiques du luminaire (intensif).

- **Détermination du coefficient η** (tab III.5)

Système d'éclairage	Indice du local (Φ)	σ_p : Plafond : 70%			σ_p : Plafond : 50%		
		σ_m : Murs			σ_m : Murs		
		50%	30%	10%	50%	30%	10%
Eclairage direct avec réflecteur en tôle d'aluminium pour lampes fluorescentes	0,6	0,49	0,42	0,39	0,46	0,42	0,39
	0,8	0,58	0,51	0,48	0,54	0,51	0,48
	1,0	0,64	0,56	0,53	0,59	0,59	0,53
	1,25	0,69	0,60	0,58	0,62	0,60	0,57
	1,50	0,73	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61
	2,0	0,78	0,68	0,66	0,69	0,67	0,65
	2,5	0,81	0,71	0,69	0,72	0,70	0,69
	3,0	0,84	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71
	4,0	0,87	0,75	0,74	0,75	0,74	0,73
5,0	0,88	0,76	0,76	0,76	0,75	0,74	
Eclairage direct avec réflecteur en tôle d'aluminium à deux tubes fluorescentes	0,6	0,31	0,24	0,20	0,28	0,23	0,20
	0,8	0,39	0,31	0,28	0,36	0,31	0,27
	1,0	0,45	0,37	0,33	0,41	0,36	0,33
	1,25	0,51	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38
	1,50	0,56	0,46	0,43	0,50	0,45	0,42
	2,0	0,62	0,52	0,49	0,55	0,51	0,48
	2,5	0,67	0,56	0,53	0,58	0,55	0,53
	3,0	0,70	0,59	0,56	0,61	0,58	0,56
	4,0	0,74	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60
5,0	0,76	0,65	0,63	0,65	0,64	0,62	
Eclairage direct pour tubes fluorescents encastrés.	0,6	0,32	0,27	0,25	0,30	0,27	0,25
	0,8	0,38	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30
	1,0	0,42	0,36	0,34	0,38	0,36	0,33
	1,25	0,46	0,40	0,37	0,42	0,39	0,37
	1,5	0,48	0,42	0,40	0,44	0,41	0,39
	2,0	0,52	0,45	0,43	0,46	0,44	0,43
	2,5	0,55	0,47	0,46	0,48	0,46	0,45
	3,0	0,57	0,49	0,47	0,49	0,48	0,47
	4,0	0,59	0,51	0,49	0,51	0,50	0,49
5,0	0,61	0,52	0,51	0,52	0,51	0,50	

Eclairage semi-direct avec plafonnier diffuseur pour lampes fluorescentes.	0,6	0,20	0,15	0,13	0,18	0,14	0,12
	0,8	0,26	0,20	0,17	0,23	0,19	0,16
	1,0	0,30	0,24	0,21	0,26	0,22	0,20
	1,25	0,34	0,28	0,25	0,29	0,26	0,23
	1,5	0,37	0,31	0,27	0,32	0,28	0,26
	2,0	0,42	0,35	0,32	0,35	0,32	0,30
	2,5	0,45	0,38	0,35	0,38	0,35	0,33
	3,0	0,48	0,40	0,37	0,39	0,37	0,35
	4,0	0,51	0,43	0,41	0,41	0,40	0,38
	5,0	0,53	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40
Eclairage mixte avec diffuseur verre, base ouverte ou prismatique pour lampes à incandescences	0,6	0,37	0,30	0,26	0,33	0,28	0,24
	0,8	0,45	0,37	0,32	0,40	0,35	0,31
	1,0	0,52	0,42	0,38	0,45	0,40	0,36
	1,25	0,58	0,48	0,44	0,50	0,46	0,42
	1,5	0,63	0,52	0,48	0,53	0,49	0,46
	2,0	0,69	0,58	0,54	0,59	0,55	0,51
	2,5	0,74	0,62	0,59	0,62	0,58	0,56
	3,0	0,77	0,65	0,62	0,64	0,61	0,58
	4,0	0,82	0,69	0,66	0,67	0,65	0,63
	5,0	0,85	0,72	0,69	0,70	0,67	0,65
Eclairage direct-indirect avec luminaires suspendus à deux tubes fluorescents	0,6	0,21	0,16	0,13	0,19	0,15	0,13
	0,8	0,28	0,22	0,19	0,24	0,20	0,18
	1,0	0,33	0,27	0,23	0,29	0,24	0,22
	1,25	0,38	0,31	0,27	0,32	0,28	0,25
	1,5	0,42	0,35	0,31	0,35	0,32	0,29
	2,0	0,48	0,40	0,37	0,40	0,36	0,33
	2,5	0,53	0,44	0,41	0,43	0,39	0,37
	3,0	0,56	0,47	0,44	0,45	0,42	0,39
	4,0	0,60	0,51	0,48	0,47	0,45	0,43
	5,0	0,63	0,53	0,51	0,49	0,47	0,45

Tableau III.5 : Valeurs du facteur (η) d'utilisation des installations d'éclairage

Il dépend de : l'indice du local (Φ)

Système d'éclairage Direct :

$$\phi = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad \text{(III.1)}$$

$$\phi = \frac{80 \cdot 40}{5.5 (80+40)} = 4.84$$

Réflexion des murs et plafond (σ_m et σ_p) murs (10 à 50%) et plafond (50 à 70%)

Dans le (tab III.5) on a choisi facteur de réflexion du murs 50% et plafond 70% dans un système d'éclairage mixte avec diffuseur pour lampes à incandescences.

On a trouvé $\eta = 85\%$

- On calcule F_l flux lumineux d'une lampe (III.2) en lumen (Im)

Choix de la puissance d'une lampe : il est défini selon :

La tension d'alimentation U= 220 Volts

Le type de lampe : à incandescence.

Le flux lumineux calculé

$$F_l = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 3200}{0,85 \cdot 0,85 \cdot 50} = 13000 \text{ lm}$$

Lampes à incandescence	Puissance des lampes (Watt)	Tension U = 220V	Tension U = 110V	F L U X L U M I N E U X (Lumen) Im
	40	350	460	
	60	600	720	
	75	869	915	
	100	1050	1320	
	150	1845	2280	
	200	2660	3200	
	300	4350	5160	
	400	6000	7000	
	500	8000	9100	
	750	12980	14250	
	1000	18800	19500	
	1500	27700	28250	
	2000	37000	38940	

Tableau III.6-1 : Valeur du flux lumineux des lampes à incandescence (F_l)

Dans le (tab III.6-1) on a flux lumineux est 13000lm donc la Puissance d'une lampe $P_l = 800W$

On évalue la puissance de l'installation $P = 800 \times 50 = 40.000 \text{ watts} = 40Kw$

Lampes fluorescentes	Puissance des lampes (Watt)	Tension $U = 220V$	Longueur (mm)	F L U X L U M I N E U X (Lumen) lm
	80	1100	Standard	
	120	2900	Standard	
	150	4800	Standard	
	240	8000	Standard	
	300	9500	Standard	
	500	10000	215	
	1000	24000	255	
	2000	54000	295	

Tableau III.6-2 : Valeur du flux lumineux des lampes fluorescentes.

On définit le courant d'éclairage :

$$I = \frac{P}{U} \tag{III.3}$$

$$I = \frac{40000}{220} = 182A$$

- On choisit la section du fil pour l'installation (Tab III.7) soit en cuivre ou en aluminium !

Pour éviter tout risque d'incendie, on doit augmenter un peu la section du fil section $35mm^2$ pour 170/130 on prend alors une section du fil supérieure à $35mm^2$

Donc la section du fil est $40mm^2(170/215)$ et le matériaux : Cuivre.

Section du fil (mm^2)	Intensité du courant (A)	
	Cuivre	Aluminium
0,5	11	
0,75	15	
1	17	
1,5	23	
2,5	30	24
4	41	32
6	50	39
10	80	55
16	100	80
25	140	105
35	170	130
50	215	163

Tableau III.7 : Valeur de l'intensité du courant d'éclairage.

On calcule le diamètre de câble :

On a la section du fil $S = 40 \text{ mm}^2$ dans le (tab III.7)

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ donc :}$$

$$d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} \quad (\text{III.4})$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 40}{\pi}} = 7\text{mm}$$

Alors le diamètre de fil est 7mm

Couleurs et matériaux des murs et plafonds	Facteurs de réflexion σ_p et σ_m (%)
Blanc	75
Crème	70
Jaune	50
Vert	45
Gris	35
Rouge	25
Vert foncé	20
Pierre taillée	50
Ciment	40
Brique rouge	20
Bois chêne	20
Bois acajou	10

Tableau III.8 : Valeurs des coefficients de réflexion des murs et plafond

- On trouve les couleurs et matériaux des murs et plafonds (tab III.8)

Facteur de réflexion : $\sigma_p = 70\%$ donc la couleur est Crème.

$\sigma_m = 50\%$ le matériaux est Pierre taillée.

Le calcul économique repose sur :

- Le temps d'éclairage (1x8), (2x8), (3x8) :

Choisissons l'équipe (2x8h)

Calcul du nombre de Kwh : $16h \times 40Kw = 640Kwh$, puis on évalue la valeur totale

(Prix d'un Kwh est 3.30Da)

$$640 \times 3.30 = 2112 \text{ Da}$$

- Les prix des lampes incandescences ($50 \times 300 = 15000 \text{ Da}$)
- Le prix des douilles ($50 \times 150 = 7500 \text{ Da}$)

On doit calculer les distances de l'atelier pour trouver la longueur des câbles :

$$(32 \times 2) + (72 \times 2) + (16 \times 2) + (56 \times 2) + (8 \times 5) + 16 = 408 \text{ m}$$

Le prix d'un mètre de fil est 250Da alors le prix total est $(408 \times 250 = 102000\text{Da})$

III.6 Conclusion

Les luminaires sont généralement désignés comme l'appareil qui abrite une ou plusieurs lampes et des équipements auxiliaires. Ils servent à réfléchir ou à diriger la lumière, et ont également une fonction de protection pour la lampe.

Ces composants garantissent que l'éclairage ne provoque pas de scintillement, qu'il est bien réparti et qu'il est bien protégé des chocs ou de tout autre facteur externe pouvant l'affecter.

En fonction de l'espace auquel il est destiné, on peut trouver différents types de luminaires.

Pour la vérification, on doit mesurer l'éclairement moyen. L'éclairement moyen est la valeur arithmétique moyenne des éclairements ponctuels mesurés avec un luxmètre dans des conditions précises et selon un maillage défini.

La définition des différentes tâches visuelles pour l'étude de l'éclairage d'un local, telle que la norme 12464 la prévoit, offre de nouvelles perspectives dans la conception d'éclairages. La quantité et la qualité de lumière peuvent être déterminées exactement pour chaque zone de travail.

Les concepts d'éclairage en fonction du poste de travail sont un outil sur mesure permettant d'exploiter les possibilités élargies. Ils se répercutent aussi favorablement sur le budget, les gains réalisés pouvant alors être mis à profit pour l'amélioration du confort d'éclairage et de l'ambiance.

Il est difficile de prévoir les consommations d'éclairage artificiel d'un local en fonction des disponibilités d'éclairage naturel. Les consommations dépendent bien entendu de la disponibilité d'éclairage naturel dans le local, mais aussi du système d'éclairage artificiel.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail, on a procédé au dimensionnement d'un atelier de production de composants électroniques en vue de l'amélioration de l'éclairage afin de garantir des ambiances de travail sans risques d'accidents.

On a appliqué la méthode de dimensionnement simplifié au cas d'étude choisi pour déterminer les caractéristiques d'un système d'éclairage général, le choix des luminaires, des lampes ainsi que le coût. La méthode envisagée est basée sur les techniques d'EDF préconisée en matière d'éclairage des ateliers de production

L'application de la méthode de dimensionnement simplifié au cas choisi pour cette étude a résulté d'utiliser 50 lampes à incandescence pour l'éclairage intérieur.

Toutes ces lampes sont formées de modules individuels d'une tension d'alimentation de 220 Volts, et d'une puissance de 800 watts pour chaque lampe, d'un courant d'éclairage total de 182 Ampère. Ce système d'éclairage fonctionne d'une manière confortable avec un confort visuel.

Les lampes à incandescences ne sont pas très efficaces, elles génèrent beaucoup de pertes énergétiques pour produire de la lumière. Désormais l'avenirs de l'éclairage est à la recherche de sources lumineuses plus brillantes efficaces et fiables. Les LED répondent parfaitement à cette nouvelle inspiration en affichant des performances dix fois meilleures et une grande durée de vie.

L'éclairage devient un composant très important ; la lumière devient un facteur de connectivité et de communication ; le faisceau lumineux peut servir à transmettre des informations sans fil via le système Li-Fi (Light-Fidelity) avec un débit dix fois supérieur au Wi-Fi.

Bibliographique

- [1] www.officiel-prevention.com (Les différents facteurs d'ambiances professionnelles dangereuses)
- [2] www.officiel-prevention.com (Les ambiances de travail dangereuses Mai 2022)
- [3] Association interprofessionnelle des Centres Médicaux et Sociaux de santé au travail de la région Île-de-France -risques professionnels et Prévention- Principaux risques.
- [4] MARTINET, Corine, MEYER, Jean-Pierre, Travail à la chaleur et confort thermique, dans Les notes scientifiques et techniques de l'INRS, n° 184, décembre 1999.
- [5] Fiches d'aide Ambiances thermiques de travail, dans la série Stratégie SOBANE, septembre 2012.
- [6] Candas V. (2003), "L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13e Journée du CUEPE, 22 mai 2003
- [7] Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2020
- [8] BIT, Bureau International du Travail, Encyclopedia of Occupational Health and Safety, vol.I - III, Genève 1983
- [9] NATIONS UNIES, Transport de marchandises dangereuses, 8^e éd., New York 1993
- [10] PISSC, Programme international sur la sécurité des substances chimiques et CCE, Commission des communautés européennes, Fiches internationales de sécurité chimique
- [11] Encyclopédie de sécurité et de santé au travail- L'évaluation des risques biologiques- Vito Foà et Lorenzo Alessio.
- [12] L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) Les risques biologiques en milieu professionnel- juin 2014.
- [13] Cranmer, M. 1970: «Determination of p-nitrophenol in human urine», Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, vol. 5, pp. 329-332.
- [14] Les risques biologiques liés aux techniques de génie génétique en laboratoire, ED 6131, 2012, 31 p.
- [15] Centre de développement pédagogique – Planétarium de Montréal – La lumière – 2005
- [16] C.I.E. Publication n°17.4 : Vocabulaire international de l'éclairage, Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale (Genève), 1987.
- [17] Les publications de la C.I.E. et du C.N.B.E. (Comité National Belge de l'Eclairage) peuvent être obtenues a de ce dernier organisme : VUB-TW, Pleinlaan 2, 1050 Bruxelles
- [18] Techniques de l'éclairage J.J. Embrechts, chargé de cours à l'Université de Liège 1992.
- [19] La Lumière Naturelle Comme Phénomène Physique chapitre1 la lumière symbolique dans les mosquées - Cas du M'zab (Belakehal A, 2007) ...
- [20] (Embrechts. J.J, 2004)
- [21] (Aoul. A, 2000).
- [22] Univ Aboubekr Belkaid, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de Génie civil, 1^{ère} Année Master, Efficacité Energétique, Programme Physique du Bâtiment, Chapitre1, Mr Baba Ahmed.I

- [23] *Lumière et Couleur, Ed. Techniques Ingénieur.*
- [24] *Bass et Al. 2009, p.37.4 p.37.2*
- [25] *Séve 2009, p.60-61-64*
- [26] www.leclairage.fr/luminaire-type-et-montage/
- [27] *Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), 1994: Code for Interior Lighting (Londres).*
- [28] *Commission électrotechnique internationale (CEI), 1999: Système international de codification des lampes (ILCOS), CEI/TS 61231, 2^e édition (Genève).*
- [29] *Brian Clegg, 2001, Light years, Wiley, p. 205-20.*
- [30] *Edward G. Zsibler, Chagrin Falls, and Frederick A. Mosby, Cleveland, Ohio, assigns to General Electric Company, a corporation of New York. Method of manufacture of iodine cycle incandescent lamps. 8 décembre 1964.*
- [31] *Pelletier, N. 2011. Retrait des ampoules à incandescence du marché au Canada d'ici 2012: analyse des alternatives et recommandations (Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke.), page 10-33.*
- [32] *Comwell, M. G. (2005). Guide de référence de l'éclairage, page 45-54 ,85-102,120-123.*
- [33] *Baillet, R., & Claude, G. (2010). Le Génie fourvoyé: créateur de l'Air Liquide, du tube au néon, de l'énergie thermique des mers. EDP Sciences, Paris.*
- [34] *ROAUX, E. (2005). La lampe à induction. REE. Revue de l'électricité et de l'électronique, (3), 69-73.*
- [35] *Pr.Peer Eric Moldvar, Sources artificielles de lumière, École Polytechnique de Montréal, page 117-119,124-135*
- [36] *M.Whelan & Rick DeLair,2011, Lampe au sodium, Edison Tech Center.*
- [37] *Pascal ANDUJAR & Pascal ANDUJAR & Alexis DESCATHA et auteur correspondant: Lynda Bensefa-Colas, 2011, Intoxication au mercure, Groupe Hospitalier Cochin Saint Vincent-de-Paul.*
- [38] *M.Whelan, 2012, Lampes aux halogénures métalliques, Edison Tech Center.*
- [39] *Association française de normalisation (AFNOR), 1975: Couleurs d'ambiance pour les lieux de travail, NF X 08-004 (Paris).*
- [40] *Commission internationale de l'éclairage (CIE), 1992: Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems, publication CIE n° 97-1992 (Vienne).*

ملخص

يجب أن نهىء جو العمل المتعلق بالإضاءة شرط من شروط الممارسات الجيدة وقواعد فن الإضاءة في وحدات الإنتاج التي تنسق بين مكونات الضوء / العين / الرؤية / الرفاهية في الظروف البيئية والاقتصاد المرضي.

أردنا من خلال هذا المشروع تسليط الضوء على توزيع الضوء بطريقة مرغوبة وتجنب أي إزعاج بصري للمساعدة في ضمان سلامة الموظفين ؛ تم الإبلاغ عن تحجيم غرفة الإنتاج من حيث الإضاءة.

الآن بعد أن تم الاهتمام بالاعتبارات البيئية ، تطورت التكنولوجيا لتقديم مصابيح قابلة للتعتيم ، ومتغيرة الألوان ، ويتم التحكم فيها عن بُعد ، ويعمل بها الهاتف المحمول. لذلك من الممكن تغيير الألوان أو حتى برمجتها. مع هذه التغييرات ، لم تعد الإضاءة مقتصرة على المصابيح البسيطة المعلقة في السقف. أصبح إنشاء الإضاءة بشكل متزايد لعبة ملونة وتمريئاً على التصميم.

الكلمات الرئيسية : إضاءة ; تدفق مضيئة ; مصابيح ; مؤشر السطوع ; إضاءة ; تفاوت الضوء ; الاستهلاك ; التركيبات ; إضاءة.

Abstract

The working environment for lighting must establish the conditions for best practices and good lighting practices in production units that bring the light/eye/vision/well-being components into harmony in environmental and economic conditions satisfactory.

Through this project we wanted to highlight a distribution of light in a desirable way avoiding any visual discomfort to ensure the safety of the staff; a sizing of a production room in terms of lighting was reported.

Now that environmental considerations are taken into account, technology has evolved to offer dimming lamps with color change, remote controlled, controlled by a mobile phone. It is therefore possible to sieve, change the colors or program them. With these changes, lighting is no longer limited to simple light bulbs hanging from the ceiling. Creating a lighting becomes more and more a color game and a design exercise.

Keywords : lighting ; luminous flux ; lamps ; brightness index ; illumination ; inequality of light ; depreciation ; luminaires.

Résumé

Une ambiance de travail relative à l'éclairage doit établir les conditions de bonnes pratiques et de règles de l'art de l'éclairage dans les unités de production qui mettent en harmonie les composants lumière/œil/vision/bien être dans les conditions environnementales et économiques satisfaisantes.

Nous avons voulu à travers ce projet mettre en relief une distribution de la lumière d'une manière souhaitable en évitant toute gêne visuelle pour permettre d'assurer la sécurité du personnel; un dimensionnement d'un local de production en matière d'éclairage a été rapporté

Maintenant que les considérations environnementales sont prises en charge, la technologie a évolué pour proposer des lampes à gradation avec changement de couleur, télécommandées, pilotées par un téléphone portable. Il est donc possible de tamiser, changer les couleurs ou encore les programmer. Avec ces changements, l'éclairage n'est plus limité à de simples ampoules accrochées au plafond. Créer un éclairage devient de plus en plus un jeu de couleur et un exercice de design.

Mots clés : éclairage ; flux lumineux ; lampes ; indice de luminosité ; éclairage ; inégalité de la lumière ; dépréciation ; luminaires.