

III. Eclairage

Introduction

La vision est parmi les cinq sens le plus sollicité dans les activités professionnelles. En effet si l'œil perçoit un très petit spectre parmi les radiations électromagnétiques ; cette perception lui permet la reconnaissance des formes et des couleurs, et participe à l'évaluation du mouvement et des distances.

L'activité humaine s'exerce dans des lieux divers soumis à des variations climatiques et d'ensoleillement. L'être humain n'a pas la possibilité de voir la nuit. Pour compenser les variations naturelles et permettre la poursuite de l'activité un éclairage artificiel est souvent nécessaire.

En outre dans les sociétés industrielles où la vie n'est plus rythmée par l'alternance du jour et de la nuit mais par la nécessité d'assurer une production continue quelle que soit les conditions climatiques le recours à un éclairage artificiel peut être permanent pour certains salariés.

1. Définition de l'éclairage:

La lumière est l'énergie radiante capable d'exciter la rétine et de produire une sensation visuelle. Elle fournit l'information visuelle sur l'environnement. Par exemple : manière dont la lumière est distribuée dans un tableau par des moyens picturaux.

La lumière constitue une partie infime du large spectre des rayonnements électromagnétiques. Distribués selon leur longueur d'ondes ou leur fréquence, ces rayonnements s'étendent des rayons cosmiques aux ondes hertziennes ondes radio. La lumière se propage sous forme d'ondes, en ligne droite à environ 300 000 km/s dans le vide. Lorsqu'elle traverse un milieu transparent, sa vitesse diminue en fonction de l'indice de réfraction du milieu.

La lumière correspond à la partie du spectre à laquelle les récepteurs visuels sont sensibles : le spectre visible. Les rayonnements lumineux visibles occupent un intervalle de longueur d'ondes de 380 à 770 nanomètres (nm).

2. Longueur d'onde

$$1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$$

380nm	410	470	520	570	610	670	770nm
UV	violet	bleu	vert	jaune	orange	rouge	IR

À chaque gamme de longueur d'ondes correspond une sensation colorée. La gamme de longueur d'ondes à laquelle l'œil est sensible s'étend du violet jusqu'au rouge. Les longueurs d'ondes plus courtes (ultraviolets) ou plus longues (infrarouges) sont invisibles. La lumière blanche correspond à la perception simultanée de l'ensemble des radiations du spectre visible dans un rapport donné. Lorsqu'une lumière blanche traverse un prisme, elle est décomposée en ses différentes composantes colorées, chacune d'elles ayant sa longueur d'ondes. La principale source de lumière naturelle est la lumière solaire. Les sources de lumière artificielle sont les lampes à incandescence et à fluorescence.

La sensibilité maximum de l'œil se situe, en vision de jour, dans le jaune-vert pour une longueur d'ondes de 555 nm. En vision de nuit, cette sensibilité maximum se décale vers le bleu.

3. Grandeurs physiques

La notion d'éclairage fait intervenir différentes grandeurs fondamentales définies par la **CIE (Commission internationale de l'éclairage)**. Ces grandeurs physiques sont utilisées pour évaluer certaines caractéristiques physiques de la lumière déterminantes pour la sensation visuelle. Cependant les grandeurs les plus couramment utilisées en éclairage sont l'éclairement et la luminance.

3.1 Flux lumineux (Q)

Il caractérise la puissance lumineuse de la source rapportée à la sensibilité de l'œil, de façon à ne considérer qu'une puissance susceptible de provoquer la sensation visuelle. C'est la quantité d'énergie émise par une source sous forme de rayonnement visible dans toutes les directions par unité de temps. L'unité de mesure est :

- Unité : Lumen (lm)
- Symbole Q

3.2 Intensité lumineuse (I)

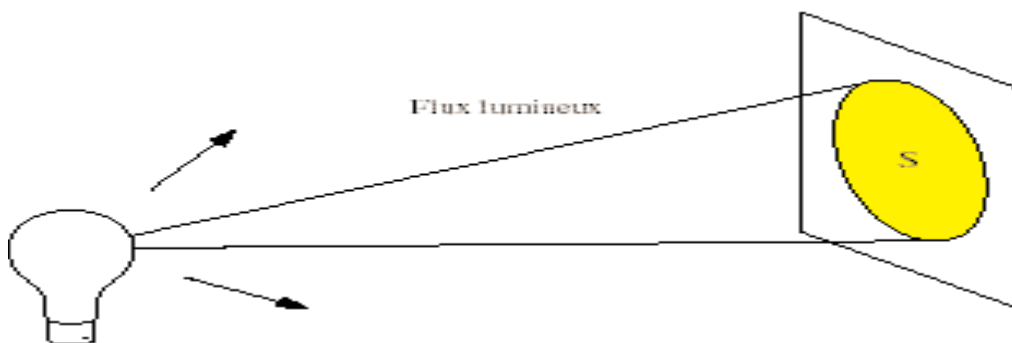
Cette grandeur définit l'importance du flux lumineux émis dans une direction donnée par une source ponctuelle. L'unité de mesure est :

- Unité : Candela (cd)
- Symbole : I

3.3 Éclairement (E)

C'est le quotient du flux lumineux reçu par un élément d'une surface par l'aire de cet élément. Il caractérise la quantité de lumière reçue par unité de surface. L'unité de mesure est :

- Unité : Lux (lx), 1 Lux = 1 Lumen / m²
- Symbole : E



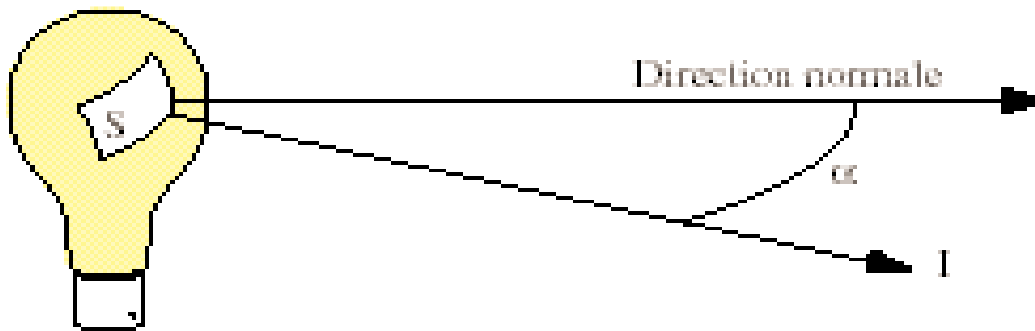
3.4 Luminance (L)

Les capacités visuelles et le confort visuel ne sont pas affectés par le flux lumineux qui frappe la surface de travail, mais par la lumière qui parvient aux yeux de l'opérateur par l'intermédiaire de la zone ou de l'objet éclairé : cette lumière correspond à la luminance.

La luminance est le flux lumineux émis ou réfléchi par unité de surface dans une direction donnée. Cette notion ne s'applique donc pas seulement aux sources mais aussi à tous les objets qui renvoient une partie de la lumière qu'ils ont reçue.

En matière d'éclairage, on considère principalement la luminance d'une source primaire (lampe ou luminaire), ou celle d'une source secondaire (surface éclairée qui réfléchit la lumière). L'unité de mesure est :

- Unité : la candela/m² (cd/m²).
- Symbole : L



Luminance:

$$L = \frac{I}{S \cos a}$$

3.5 Contraste (C)

C'est l'appréciation subjective de la différence d'apparence entre deux parties du champ visuel vues simultanément ou successivement. Il peut s'agir d'un contraste de couleur, d'un contraste de luminance, d'un contraste simultané ou successif. Du point de vue physique, le contraste de luminance entre deux plages lumineuses est généralement représenté par la formule :

$$C = \frac{L2 - L1}{L1}$$

3.6 Couleur

Température de couleur (Tc)

Elle permet de caractériser la teinte dominante d'une source lumineuse. Lorsqu'on observe une source de lumière (une lampe à incandescence ou un tube fluorescent) même si celle-ci apparaît blanche, elle présente une dominante :

- plutôt jaune orangé pour une lampe à incandescence,
- plutôt blanc bleuté pour certains tubes fluorescents.

L'unité de mesure est.

- Unité : le Kelvin
- Symbole : K

Les appellations de sources chaudes ou froides correspondent à des températures de couleur bien définies :

$T_c < 3000\text{ K}$	$3500\text{ K} < T_c < 5000\text{ K}$	$T_c > 5000\text{ K}$
teintes chaudes	teintes intermédiaires	teintes froide

4. L'éclairage naturel :

D'une manière générale, et réglementaire pour les constructions neuves, la lumière naturelle, venant par des ouvertures latérales ou par le plafond, doit pouvoir être utilisée pour l'éclairage des locaux destinés au travail, mais il n'y a pas de niveau minimal d'éclairage naturel fixé.

Mais en pratique, la lumière naturelle est rarement suffisante pour une activité professionnelle.

Dans les constructions neuves, « *les locaux affectés au travail doivent comporter à hauteur des yeux des baies transparentes donnant sur l'extérieur, sauf en cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées* ».

5. Appareils et méthodes de mesure:

5.1 Mesure de l'éclairage :

Les mesures doivent être réalisées à l'aide de luxmètre bien étalonné et ayant une réponse spectrale correspondant à une norme définie par la Commission Internationale de l'Eclairage.

- Il faut d'une part déterminer l'**éclairement moyen général** dans le local qui correspond à la moyenne des éclairagements relevés en un certain nombre de points significatifs du local, la cellule du luxmètre étant placée horizontalement à la hauteur du plan utile.

- Il faut encore vérifier le **niveau d'éclairage au poste de travail** en plaçant la cellule au niveau des détails et des objets qui doivent être vus pour que la tâche puisse être exécutée, le salarié étant à son poste de travail dans sa position habituelle. La personne effectuant la mesure doit veiller à ne pas modifier par sa présence l'éclairage du poste de travail.
- Si dans le local concerné, des fluctuations de flux lumineux sont prévisibles, dues en particulier à l'éclairage naturel, il est important de relever au poste de travail les niveaux d'éclairage à différentes périodes de la journée ou de l'année.

5.2 Mesure des luminances:

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un luminance-mètre répondant à certaines normes. Le luminance-mètre est placé à la hauteur des yeux des travailleurs et orienté dans la direction de la source lumineuse, du reflet ou de la surface concerné

6. Technique de l'éclairage:

La technique de l'**éclairage** consiste à mettre en œuvre les différentes sources de lumière (naturelle et artificielle), selon des règles établies de manière à assurer de bonnes performances visuelles et une ambiance lumineuse agréable.

Pour réaliser un bon **éclairage intérieur**, il faut :

- Choisir un niveau d'éclairage correspondant au travail à effectuer (par exemple 150 lux dans un entrepôt, 300 lux dans un atelier de grosse mécanique....etc).
- Assurer une bonne orientation de la lumière pour aider à la perception des formes et du relief.
- Éviter l'éblouissement provoqué par la vision directe du ciel ou des lampes (ou de leurs images données par des surfaces brillantes).
- Harmoniser les contrastes de luminance entre la tâche et les parois du local, pour ne pas perturber la vision ;
- Utiliser des lampes à haute efficacité lumineuse et à bon rendu des couleurs.
- Faire usage de lampe dont la température de couleur s'accorde avec l'éclairage à réaliser ;

- Disposer d'un **éclairage électrique** également variable, en faisant usage de gradateurs électroniques programmés lorsque l'on utilise des **lampes à incandescences** ou **fluorescentes**.

Pour assurer un bon **éclairage extérieur**, il faut essentiellement :

- Utiliser des lampes à haute efficacité lumineuse, mises en œuvre de manière à créer de forts contrastes de luminance entre les obstacles et le sol (chaussée en particulier).
- Pour les voies publiques : Les **lampes** les plus couramment utilisées pour l'**éclairage public** sont les lampes à vapeur de sodium, principalement à haute pression.
- En rase campagne, les routes importantes sont éclairées soit sur toute leur longueur, soit en certains points particuliers (échangeurs d'autoroutes, carrefours).
- **L'éclairage** des routes diminue dans une proportion voisine de 30% le nombre des accidents de nuit. On cherche généralement à obtenir un niveau moyen de luminance de 1 à 2 cd/m² et une uniformité telle que le rapport des luminances extrêmes ne dépasse pas 0,4.

7. Raisons de L'éclairage au travail :

Il faut prévoir l'éclairage dès la décision de transformer d'anciens locaux ou d'en aménager de nouveaux.

L'éclairage au travail doit viser à :

- Faciliter d'une part l'exécution d'une tâche.
- Assurer le bien-être.

La réalisation d'un éclairage performant nécessite donc de suivre une démarche scrupuleuse permettant de répondre aux besoins en éclairage :

- Connaître le type de décor et d'architecture afin d'y intégrer les appareils d'éclairage.
- Définir avec exactitude les besoins en éclairage et les exigences visuelles, en tentant de répondre aux quatre questions suivantes : Quelle est l'activité exercée, pourquoi veut-on éclairer, pour qui éclaire-t-on, et quelle influence l'environnement exerce-t-il sur le lieu à éclairer ?
- Connaître enfin les possibilités et les conditions d'une maintenance des installations d'éclairage.

8. Lampes et luminaires

Le choix de la lampe et des luminaires dépend à la fois de l'activité exercée et des dimensions du local à éclairer.

Applications	Lampes	Puissance en watts (W)	Température de couleur en kelvins (K)	Indice de Rendu des Couleurs (IRC)	Efficacité lumineuse en lumen par watt (lm/W)	Durée de vie économique (heures)	Luminaires
<ul style="list-style-type: none"> Ateliers et autres locaux industriels courants, d'une hauteur inférieure à : - 8 m pour un rendement standard - 12 pour haut rendement Bureaux administratifs, grandes surfaces Salles blanches 	Tubes Fluorescents haut rendement	18 à 58	2 700 A 6 500	85	75 à 103	10 000 à 14 000 (18 000 à 20 000 avec ballast électronique , 21 000 à 36 000 pour les tubes longue durée) 16 000 à 20 000	De la réglette simple, réflecteur industriel, au module encastré étanche à optique très basse luminance pour salles blanches
	ou Tubes fluos 16 mm électroniques	14 à 80			96 à 104		
	Iodures (ou halogénures) métalliques	35 à 2 000	3 000 à 6100	65 à 93	54 à 120	6 000 à 10 000	Armature à décharge
	Vapeur de mercure (ballon fluorescent)	125 à 400	3 300 à 4300	33 à 60	32 à 60	8 000 à 12 000	Armature à décharge
Locaux de grande hauteur, stockage, hangars	Sodium haute pression	50 à 1 000	2 000 à 2 500	25 à 80	46 à 150	10 000 à 18 000	Armature à décharge
Locaux où l'accès aux luminaires est difficile (nécessité de stopper la fabrication par exemple)	Induction	55 à 165	2 700 à 4000	80	60 à 80	60 000	Luminaire spécifique

9. Risque de l'éclairage :

Les risques liés aux conditions d'éclairage sont variables en fonction de la qualité ou de la quantité de lumière. Un éclairage inadapté peut entraîner :

- Fatigue oculaire en raison des efforts à fournir par l'œil pour discerner les détails, ou au contraire se protéger des éblouissements,
- Fatigue intellectuelle pour acquérir, comprendre et analyser les perceptions,
- Fatigue physique entraînée par les contractures de posture.
- Les éclairages insuffisants ou trop violents sont des sources potentielles d'accidents par mauvaise perception des obstacles (risques de chutes) ou mauvaise perception des informations (entraînant des erreurs de manipulation...)
- Les éclairages spécifiques et les alternances de variations d'éclairage demandent un temps d'adaptation plus long qu'une lumière naturelle ou adaptée pour la réalisation d'une activité.
- Le travail en éclairage artificiel entraîne une perte des repères temporeux-spatiaux.
- Un éclairage inadapté dans un espace avec pollution spécifique est une source d'explosion ou d'incendie

Tous les risques inhérents à l'activité humaine peuvent être associés aux risques liés à l'éclairage. Parmi quelques-uns on peut citer ceux liés :

9.1 Risque pour la sante:

- Chutes
- Brûlures oculaires
- Affections oculaires dues au rayonnement thermique
- Affections oculaires dues au rayonnement thermique associé aux poussières
- Cancer de la peau

9.2 Risques pour l'environnement :

- Pollution lumineuse de voisinage par reflet ou réverbération de certains immeubles en verre
- Pollution chimique des lampes fluorescentes avec ou sans halogène qui contiennent du mercure et qui doivent être éliminées dans des circuits spécialisés

- Risque d'incendie et d'explosion dans les espaces clos avec présence de vapeurs inflammables d'où la nécessité d'un matériel d'éclairage adapté

10. Actions préventives :

10.1 Prévention technique collective:

- Prendre en compte la nature, la qualité et la quantité de lumière au moment de la conception des locaux.
- Intégrer l'éclairage et éclairer convenablement les équipements de travail chaque fois que possible.
- Adapter l'éclairage à l'environnement de travail afin d'éviter la fatigue visuelle
- Rendre l'accès aux organes de commande d'éclairage facile avec voyants lumineux dans les locaux aveugles.
- Rendre l'accès pour l'entretien facile.
- Respecter les normes en vigueur et les règles de l'art pour assurer l'éclairage de sécurité.
- Assurer l'entretien régulier du matériel d'éclairage
- Vérifier annuellement l'éclairage de sécurité
- Tenir à jour le rapport de vérification et le registre de sécurité

10.2 Prévention individuelle:

- Ecran adapté, bien orienté pour le travail administratif avec un niveau d'éclairement adapté à la tâche, à l'état visuel et à l'âge du sujet
- Equipement de protection individuelle adapté :
 - ✓ Lunettes appropriées (soudage, travaux extérieurs...)
 - ✓ Crème protectrice en cas de travail en plein soleil
 - ✓ Vêtements réfléchissants en cas de travail nocturne

