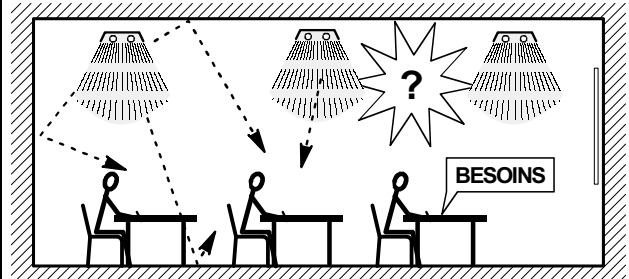


1 - APPROCHE QUALITATIVE

1-1 Objectifs

Le local	<p style="text-align: center;">Analyse</p> <ul style="list-style-type: none"> • BESOINS QUALITATIFS <li style="padding-left: 20px;">↳ CHOISIR : <li style="padding-left: 40px;">- Type de lampes <li style="padding-left: 40px;">- Type de luminaires • BESOINS QUANTITATIFS <li style="padding-left: 20px;">↓ <hr/> <p style="text-align: center;">CALCULER :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de luminaires - Répartition en plan
-----------------	---



1-2 Conséquences sur les connaissances minimales

ASPECT THEORIQUE		ASPECT NORMATIF	ASPECT TECHNOLOGIQUE
Physique	La lumière Les couleurs Les grandeurs	Les normes Les recommandations	Les types de lampes Les types de luminaires
Physiologie	Perception Fatigue	Les labels	Les modes d'éclairage

2 - LA LUMIERE

2-1 Nature de la lumière

La lumière est une des plages d'ondes électromagnétiques qui nous parviennent. Pour la lumière, on parle de spectre visible.

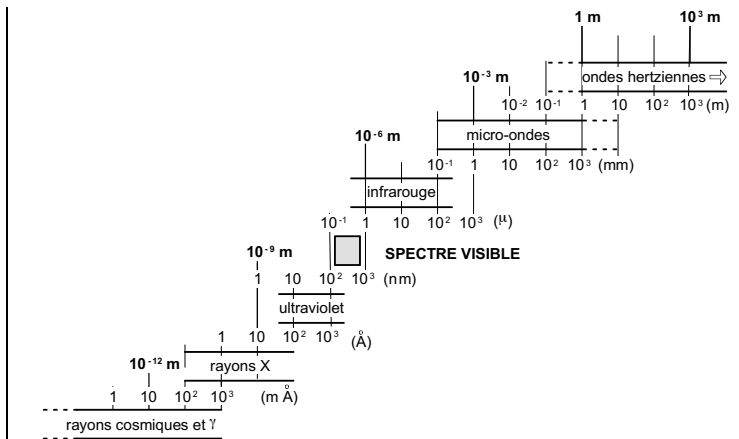
Longueur d'onde : λ
Fréquence : f

Célérité : c (~ 300 000 km/s)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Unités de longueur d'onde au voisinage du visible :

L'Angström : 10^{-10} m
Le nanomètre : 10^{-9} m
Le micron (μ) : 10^{-6} m



2-2 Longueurs d'ondes du spectre visible

Rayonnement	Long. onde (nm)
UV-C	180-280
UV-B	280-315
UV-A	315-380
Violet externe	400
Violet moyen	420
Violet bleu	440
Bleu moyen	470
Bleu vert	500
Vert moyen	530
Vert jaune	560
Jaune moyen	580
Jaune orangé	590
Orangé moyen	600
Orangé rouge	610
Rouge moyen	650
Rouge externe	780
IR courts	780-2000
IR moyens	2000-4000
IR longs	4000-10000

Les rayonnements non visibles (UV et IR) ont, dans certains cas, une influence sur la perception des couleurs.

3 – NOTRE PERCEPTION DE LA LUMIERE ET DES OBJETS

Notre vision des objets est en fait la perception d'un rayonnement émis.

3-1 - L'œil

En simplifiant :

L'œil s'adapte

- A l'intensité lumineuse,
- A la distance des objets

L'œil reçoit :

- Les formes projetées sur la rétine.
- Les couleurs du spectre émis.

3-2 – La rétine

Elle reçoit l'image projetée des objets.
Elle dispose de capteurs photo sensibles :

- **Les cônes** R ; V ; B (vision diurne)
- **Les bâtonnets** (vision nocturne)

3-3 - Perception des couleurs

En période diurne : vision photopique

Ce sont les cônes qui sont mobilisés.
Ils ne captent que les couleurs Rouge, Vert et Bleu du spectre reçu.
En fonction du « dosage » RVB, le cerveau procède à une addition de ces couleurs fondamentales dont le résultat est une image en couleurs des objets.

En période nocturne : vision scotopique

Seuls les bâtonnets réagissent à la faible luminosité et le résultat est une image monochromatique des objets.

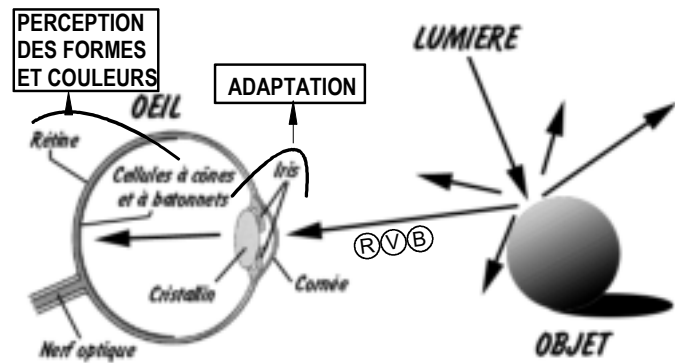
« Entre les deux » : vision méso-pique

Cônes et bâtonnets sont mobilisés.
Les couleurs de l'image perçue dépendent du niveau de l'éclairément.

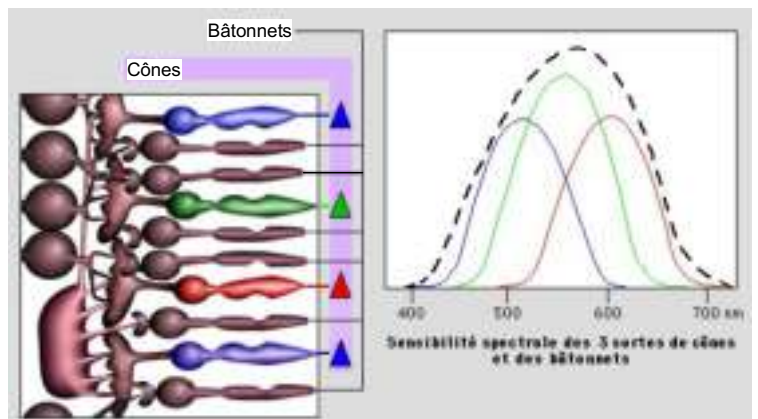
Couleurs des objets (remarque) :

Les couleurs perçues dépendent de la nature de la lumière qui éclaire l'objet.

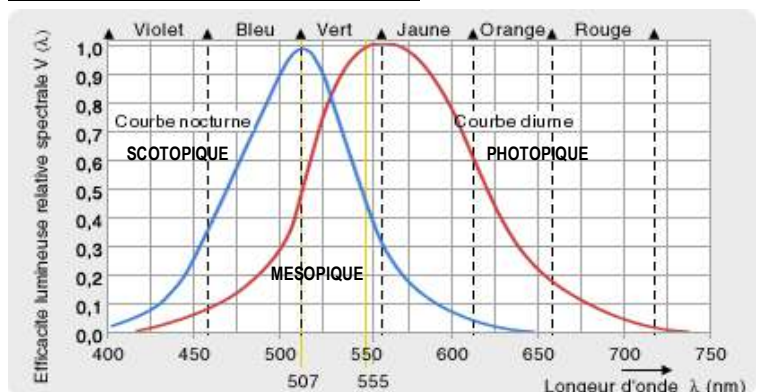
Schéma de fonctionnement de l'œil



Capteurs photosensibles : cônes et bâtonnets



Sensibilité spectrale des couleurs :



3 - 4 - Autres paramètres de la vision (Extrait NF X 90)

Adaptation : processus de modification de l'état d'un système visuel qui a été ou est soumis à des stimulus lumineux de différentes luminances, répartitions spectrales et étendues angulaires.

Accommodation : ajustement de la convergence du cristallin qui permet d'amener sur la rétine l'image d'un objet situé à une distance donnée.

Acuité visuelle : capacité de perception distincte de fins détails ayant une très petite séparation angulaire.

Contraste(s) : Évaluation de la différence d'aspect de deux ou plusieurs parties du champ observé, juxtaposées dans l'espace ou dans le temps (d'où contraste de luminosité, contraste de clarté, contraste de couleur, contraste simultané, contraste successif, etc.)

Éblouissement : conditions de vision dans lesquelles on éprouve une gêne ou une réduction de l'aptitude à distinguer des détails ou des objets, par suite d'une répartition défavorable des luminances ou d'un contraste excessif

Luminosité : attribut d'une sensation visuelle selon lequel une surface paraît émettre plus ou moins de lumière

4 - NOTIONS DE PHOTOMETRIE

4-1 Flux lumineux : F en lumen (lm)

Caractérise la quantité de lumière, émise par seconde par une source lumineuse indépendamment de la répartition spatiale.

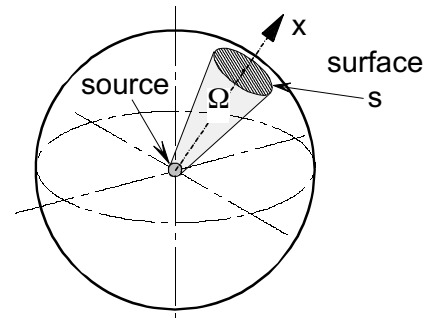
4-2 Intensité lumineuse : I en candela (cd)

Grandeur définissant l'intensité du flux lumineux suivant une direction.

Flux lumineux suivant le cône de direction x : F_x

Angle solide du cône : $\Omega = \frac{S}{R^2}$ (stéradians)

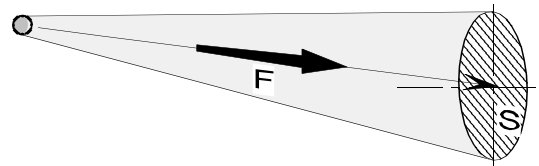
Intensité lumineuse suivant x : $I_x = \frac{F_x}{\Omega} = F_x \frac{R^2}{S}$



4-3 Éclairement : E en lux (lx)

Il s'agit de la densité de lumière reçue par une surface éclairée

Éclairement : $E = \frac{F}{S}$ en lux (1lx = 1 lm/m²)



4-4 Relation entre éclairement et intensité lumineuse

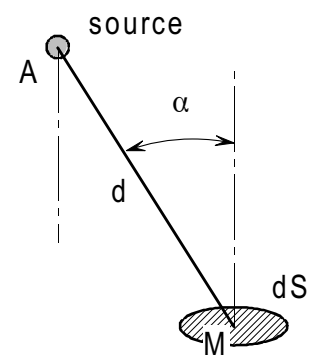
Pour la surface élémentaire dS :

Éclairement : $E = \frac{dF}{dS}$

Angle solide : $d\Omega = \frac{dS \cdot \cos \alpha}{d^2}$

Intensité lumineuse : $I = \frac{dF}{d\Omega} = \frac{dF \cdot d^2}{dS \cdot \cos \alpha} = E \cdot \frac{d^2}{\cos \alpha}$

Relation : $E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2}$



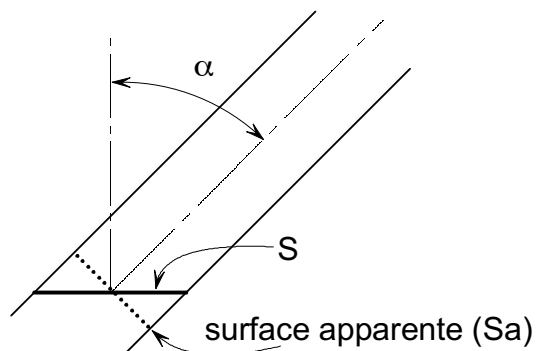
Éclairement d'une surface :

- Proportionnel à l'intensité lumineuse de la source
- Inversement proportionnel au carré de la distance parcourue par la lumière

4-5 Luminance : L en cd/m²

Pour une source non ponctuelle ou une surface réfléchissante, la luminance est :

$$L = \frac{I}{S_a} \rightarrow L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$



4-6 Relation entre éclairement et luminance

Pour corps suivant la loi de Lambert (la surface diffusante présente la même luminance dans toutes les directions), et possédant un facteur de réflexion ρ

Nous avons : $E = \frac{\Pi \cdot L}{\rho}$

A l'approche théorique, il convient d'ajouter des paramètres intervenant dans les projets de choix et de définition des appareils d'éclairage.

1 – LES LAMPES

1-1 – Les différentes familles

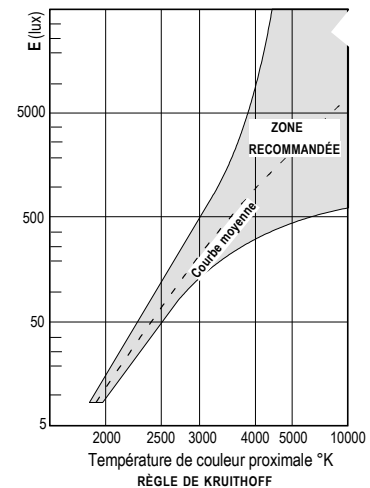
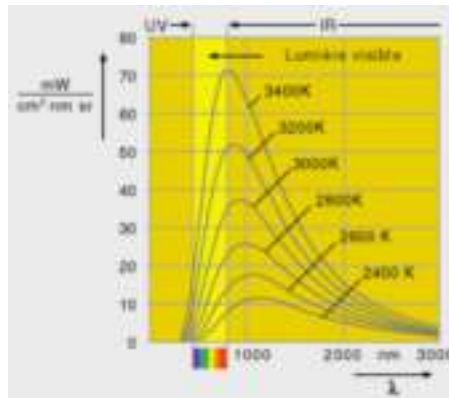


1-2 – Flux lumineux (F_{la} en lm) (paramètre « quantitatif » des projets d'éclairage)

Traduit la « luminosité » de la source.

1-3 Température de couleurs (paramètre « qualitatif » des projets d'éclairage)

- Il s'agit d'une notion associée à la densité spectrale d'existence énergétique du corps noir de Planck qui, au fur et à mesure de l'augmentation de la température émet une part de plus en plus grande du rayonnement dans le visible.



Température de couleur proximale (T_{cp})

La température de couleur (T_{cp}) est la couleur apparente d'une source lumineuse mesurée en degré Kelvin (°K) par référence au corps noir de Planck (ou barre de métal) chauffé jusqu'à ce qu'il émette un rayonnement de même chromaticité que la source.

Densité spectrale d'existence énergétique du corps noir (de Planck)

Notion de teinte de lumière

- Teintes chaudes : de 2000 à 3000 °K (prédominance jaune-rouge)
- Teintes moyennes : de 3000 à 5000 °K (impression blanc neutre)
- Teintes froides : au dessus de 5000 °K (prédominance bleu-violet)

Règle de Kruthoff :

Pour le confort visuel, la température de couleur (T_{cp}) doit être adaptée à l'éclairément (E) recherché.

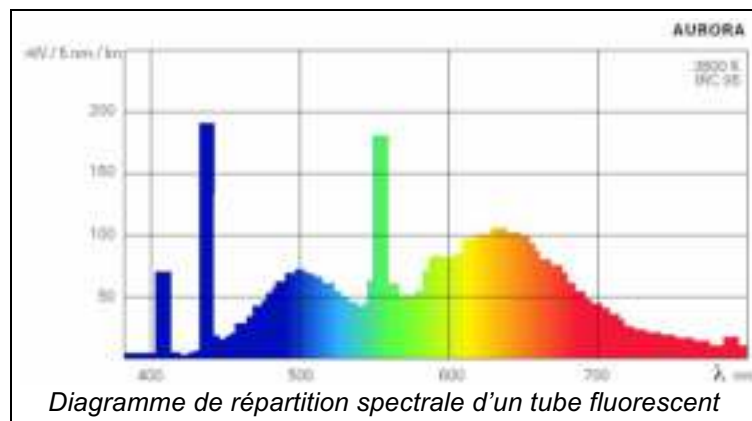


Diagramme de répartition spectrale d'un tube fluorescent

1-4 - Indice de rendu des couleurs d'une lampe (I.R.C. ou Ra)

(paramètre « qualitatif » des projets d'éclairage)

Il s'agit du degré de concordance de la couleur d'un objet, par rapport à son apparence sous l'effet d'une source lumineuse de référence → indice allant de 0 à 100

- I.R.C. < 70 : médiocre - industrie mécanique
- I.R.C. > 80 : bonne qualité
- I.R.C. > 85 : salles de classe ou bureaux
- I.R.C. > 95 : musées, galeries, certains magasins

Nota : Malgré une température de couleur identique, des lampes peuvent avoir des indices de rendu des couleurs différents en raison de différences dans la répartition spectrale de leur rayonnement.

1-5 Types de Lampes et caractéristiques

Une lampe est aussi caractérisée par sa durée de vie et son efficacité lumineuse = $\frac{\text{Flux lumineux émis (lm)}}{\text{Puissance électrique absorbée (W)}}$

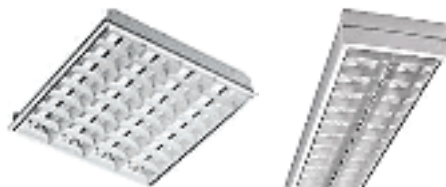
En principe, 3 types différents de générateurs de lumière peuvent être distingués: radiateur thermique, décharge à basse pression et décharge à haute pression.

DEFINITIONS		CARACTERISTIQUES			
		I.R.C.	Efficacité Lumineuse	Durée	
INCANDESCENCE	Classiques:	C'est le type même du radiateur thermique, dans lequel un filament de tungstène échauffé par le passage d'un courant électrique devient lumineux à une température d'environ 2600 à 3000°C. Cet échauffement est obtenu, dans une ampoule de verre dans une atmosphère de gaz inerte destiné à diminuer l'évaporation du filament (argon, krypton...)		10 à 16 lm/W	1000 h
	Halogènes:	Comparables, par leur construction et leur mode de fonctionnement, aux lampes à incandescence, elles contiennent, par contre, de petites adjonctions d'halogènes (brome, chlore, fluor, iode, ...) dans le gaz de remplissage afin d'éviter presque complètement le noircissement provoqué par l'évaporation des atomes de tungstène.		20 à 25 lm/W	2000 h
A DECHARGE	Principe:	<i>Lorsqu'on applique une tension d'amorçage dans une enceinte en verre fermée, contenant des gaz rares, des vapeurs métalliques, il se produit un arc de décharge. L'arc généré dans les substances gazeuses de remplissage émet un rayonnement dû à l'ionisation du gaz par les électrons. Un stabilisateur nommé ballast est nécessaire pour ce type de lampe.</i>			
	Vapeur de sodium:	Le tube contient du néon additionné de sodium : <ul style="list-style-type: none">condensé à froid sur les parois du tubevaporisé lors de l'amorçage et de l'élévation de température en décollant	20	110 lm/W	4000 h à 5000 h
	Vapeur de mercure:	Argon + très peu de mercure	40	50 lm/W	12000 h
	Iodures métalliques:	Décharge dans des vapeurs de mercure additionnées d'iodures métalliques	70	90 lm/W	
	Tubes fluorescents:	La décharge se produit dans un tube contenant un gaz rare, des sels alcalino-terreux et une faible quantité de mercure, la paroi du tube est recouverte d'une matière fluorescente (luminescente) Le rayonnement UV obtenu lors des décharges dans la vapeur de mercure, d'abord non utilisé pour la génération de lumière est transformé en lumière visible par des poudres fluorescentes.	Var.	50 à 70 lm/W	7500 h
	Auxiliaires :	<i>il importe d'assurer: L'amorçage préchauffage des électrodes par starter électrodes auxiliaires - la stabilisation self~ + condensateur ballast électronique</i>			

Nota : Les LED (Light Emitting Diode) sont des diodes électroluminescentes dont le principe de fonctionnement est analogue à celui des tubes fluorescents.

2 – LES LUMINAIRES

Appareils (déterminants) qui vont « utiliser » le flux des lampes pour assurer l'éclairage voulu.

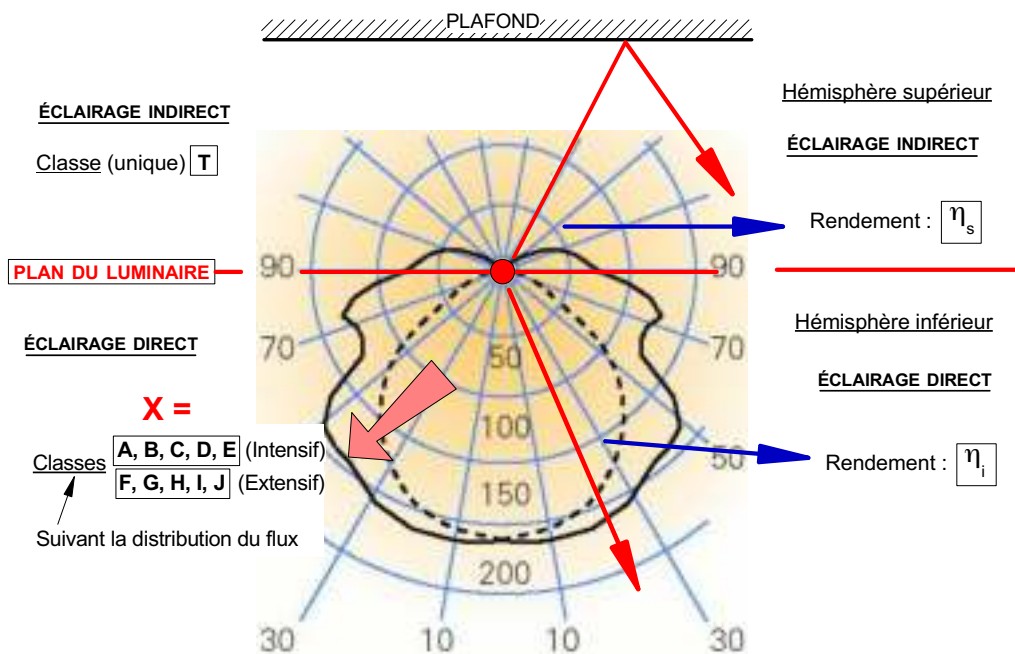


2-1 Les type d'éclairage

DIRECT INTENSIF	DIRECT EXTENSIF	INDIRECT	DIRECT-INDIRECT
Classes photométriques A ou B ou C ou D	Classes photométriques E ou F ou G ou H	CLASSE PHOTOMETRIQUE Unique : T	Classes photométriques A...à...H (+) T
Éclairage direct : Obtenu grâce à des réflecteurs placés sur les lampes, l'éclairage est important mais les contrastes sont durs et les surfaces polies réfléchissent fortement		Éclairage indirect : On utilise des surfaces diffuses réfléchissantes et diffuses, les contrastes sont adoucis et les surfaces polies ne brillent pas	

2-2 Rendement photométrique d'un luminaire

Rendement d'un luminaire : $\eta = \frac{\text{Flux sortant du luminaire}}{\text{Flux total des lampes du luminaire}}$



Ces caractéristiques du luminaire sont regroupées dans le SYMBOLE PHOTOMETRIQUE : $\eta_i X + \eta_s T$

TYPE « DIRECT-INDIRECT »	TYPE DIRECT														
<table border="1"> <tr> <td>DIRECT</td> <td>INDIRECT</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">0,62G+0,10T</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Classe</td> </tr> <tr> <td>Rendement: η_i</td> <td>Rendement: η_s</td> </tr> </table>	DIRECT	INDIRECT	0,62G+0,10T		Classe		Rendement: η_i	Rendement: η_s	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">0,51C</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Rendement: η_i</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Classe</td> </tr> </table>	0,51C		Rendement: η_i		Classe	
DIRECT	INDIRECT														
0,62G+0,10T															
Classe															
Rendement: η_i	Rendement: η_s														
0,51C															
Rendement: η_i															
Classe															

2-3 Classe de qualité de l'éclairage d'un luminaire

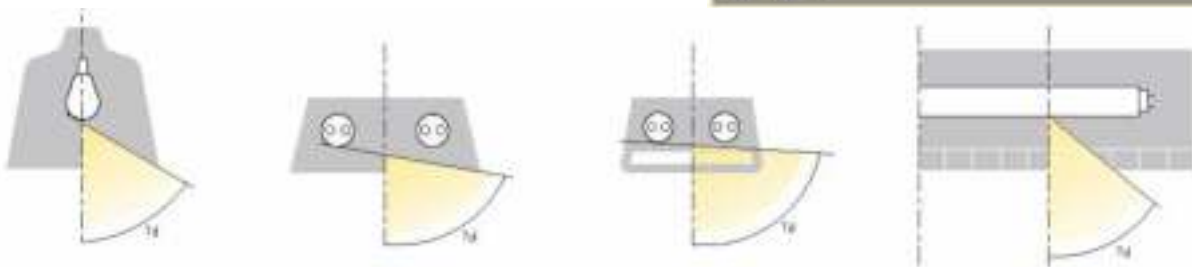
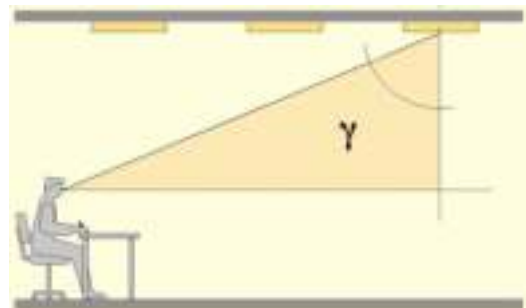
CLASSES	TÂCHES OU ACTIVITÉS
A	Exécution de tâches visuelles très exigeantes, par exemple assemblages électroniques minutieux, arts graphiques, bijouterie, joaillerie.
B	Exécution de tâches avec des exigences visuelles particulières, par exemple contrôle fin. Exécution de tâches avec des exigences visuelles modérées mais demandant une concentration importante et continue, par exemple travail de bureau, assemblage de composants de petite taille
C	Exécution de tâches avec des exigences visuelles et une concentration modérées, par exemple travail d'atelier en position assise, assemblage de pièces de taille moyenne pour un travail debout.
D	Exécution de tâches avec des exigences visuelles simples exigeant une concentration normale pour des travailleurs qui se déplacent fréquemment dans une zone très limitée, par exemple manutention de service autour d'une grosse machine, montage de pièces de dimensions importantes.
E	Locaux dans lesquels les personnes n'ont pas de poste de travail fixe, elles se déplacent pour 50 exécuter des tâches de très faibles exigences visuelles. Locaux qui ne sont pas utilisés de façon continue par les mêmes personnes.

2 - 4 Angle de défilement d'un luminaire

Lorsqu'un observateur s'approche d'un appareil à grille il atteint une position à partir de laquelle la lampe, jusqu'alors cachée, devient visible.

La direction matérialisée par l'œil et la lampe forme avec la verticale passant par la lampe un angle appelé angle de défilement : γ_d

Cette donnée angulaire caractérise aussi les risques d'éblouissement dus à l'ensemble lampe - luminaire.



L'angle de défilement γ_d est évalué par rapport à la partie inférieure du corps lumineux.

3 - ENVIRONNEMENT LUMINEUX – EXIGENCES « REGLEMENTAIRES »

3-1 Eclairage recommandé pour les projets d'éclairage

Eclairage moyen initial :

C'est l'éclairage moyen lorsque l'installation est neuve.
L'éclairage moyen initial est la valeur prise en considération dans les calculs relatifs au projet d'éclairage.

En absence d'indication, l'éclairage moyen initial est de :

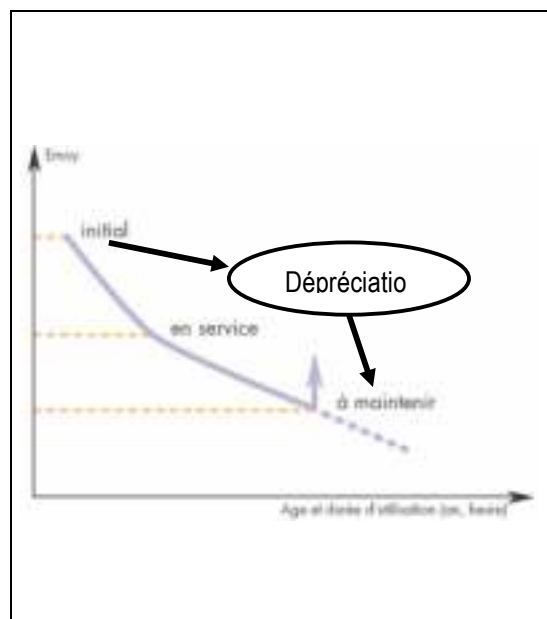
- 1,5 fois l'éclairage à maintenir pour les locaux à faible empoussièremment,
- 1,75 fois l'éclairage à maintenir pour les locaux à empoussièremment moyen,
- 2 fois l'éclairage à maintenir pour les locaux à empoussièremment élevé.

Eclairage moyen en service :

C'est l'éclairage moyen que l'on doit constater au milieu de la période couvrant 2 interventions consécutives de maintenance.

Eclairage moyen à maintenir :

C'est l'éclairage moyen, juste encore acceptable avant une intervention d'entretien : nettoyage des luminaires complété ou non par le remplacement simultané des lampes.



Les niveaux d'éclairage (E) recommandés par l'A.F.E. sont les éclairages moyens à maintenir.

EXEMPLES D'ECLAIREMENTS MOYENS A MAINTENIR (Lux)

BATIMENTS INDUSTRIELS		Industries du vêtement	
Bâtiments agricoles		Piqûre	850
Poulaillers	40	Contrôle final	850
Étables, salles de traite	125	Industries textiles	
Étables, couloirs d'alimentation	25	Cardage, étirage	250
Préparation des aliments du bétail	125	Bobinage	250
Laiterie	250	Filage	425
Industries alimentaires		Tissage gros ou clair	425
Brassage	250	Tissage fin ou foncé	625
Préparation du chocolat brut	125	Comparaison de couleurs	850
Conditionnement bouchées confiserie	425	Industries du verre	
Conserveries, mise en boîte	425	Chaufferie	125
Laiteries	250	Composition	125
Cuisson	250	Soufflage ou moulage	250
Industries du tabac		Décoration	425
Echantillonnage	425	Gravure	425
Industries du bois		BUREAUX ET LOCAUX ADMINISTRATIFS	
Scieries	125	Bureaux de travaux généraux	425
Travail à l'établi	250	Dactylographie	425
Travail aux machines	425	Salles de dessin, tables	850
Finition, polissage, vernissage	425	ETABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT	
Contrôle final	625	Salles de classe (*)	325
Industries céramiques		Tableaux(*)	425
Fours	125	Amphithéâtres	325
Moulage, presses	250	Tables de démonstration	625
Vernissage	425	Laboratoires	625
Décoration	425	Salles de dessin d'art	425
Industries chimiques		Bibliothèques, tables de lecture	425
Éclairage de circulation	175	MAGASINS	
Broyeurs, malaxeurs	250	Boutiques	200
Calandrage, injection	425	Self-services	300
Fabrication des pneus	250	Grandes surfaces	500
Salles de contrôle	425	LOISIRS, RESIDENCES, LIEUX DE CULTE	
Laboratoires	425	Salles de spectacles	
Comparaisons de couleurs	850	Foyers	125
Industries du cuir		Amphithéâtres	80
Vernissage	425	Salles de cinéma	40
Couture	850	Salles des fêtes	250
Comparaisons de couleurs	850	Habitations	
Constructions électriques et électroniques		Lecture	325
Montage	625	Travail d'écolier	325
Travail de pièces moyennes	425	Couture	625
Travail de petites pièces	625	Chambre à coucher, éclairage localisé	175
Travail très délicat ou très petites pièces	1500	Préparations culinaires	425
Fonderies		Coin bricolage	425
Nettoyage	175	Hôtels	
Modelage grossier	175	Réception, halls	250
Modelage fin	425	Salles à manger	250
Sablerie	250	Cuisines	425
Fabrication des noyaux	425	Chambres et annexes	250
Industries du livre		Eglises	
Typographie	425	Nef	80
Pupitre de composition	625	Chœur	125
Lithographie	850	CIRCULATION	
Reliure de livres	425	Couloirs, escaliers	80-250
Mécanique générale		ESPACES EXTERIEURS	
Machines-outils et établis, soudure	250	Entrées, cours, allées	25
Travail de pièces moyennes	425	Voies de circulation couvertes	40
Travail de petites pièces	625	Docks et quais	60
Travail très délicat ou très petites pièces	1500	Postes de pompage, stations services	250
Industries du papier			
Calandrage	250		
Stockage			
Entrepôts 1	25		

Logements collectifs : parties communes → voir NF C 15.100

Établissements d'enseignement → voir label Promotélec « salles de classes »

3-2 Facteur de dépréciation (pour le calcul d'un éclairage à maintenir)

Le flux lumineux d'une installation décroît dans le temps car :

- Empoussièrément des locaux
- Vieillessement des lampes
- Altération des luminaires

Ces paramètres de dépréciation sont pris en compte à l'aide des facteurs suivant :

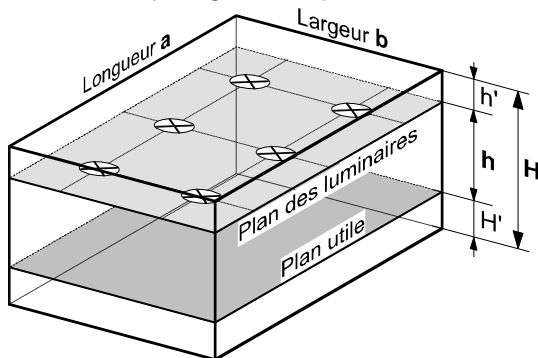
Facteur d'empoussièrément f_e	Faible 0,95	Moyen 0,85	Fort 0,75
Facteur de vieillissement des lampes f_L	Incandescent 0,9	Halogène 0,95	Fluorescent 0,85
Facteur d'altération du luminaire f_l	Luminaire courant 0,85		Luminaire spécial 0,95

Facteur compensateur de dépréciation:
$$d = \frac{1}{f_e} \times \frac{1}{f_L} \times \frac{1}{f_l} \quad (d \geq 1)$$

3-3 Projets d'éclairage – la démarche

A - EXIGENCES			B - ELEMENTS DE CALCUL	
Éclairage	E_{moyen} (à maintenir ou initial)		→ calcul du facteur « d » ou bien « d = 1 »	
Luminaires	Doivent être adaptés à l'utilisation		Rendement : $\eta_i X + \eta_s T$	$E_{sp}^t (s/h)_{\text{max}}$
Lampes	Tcp (°K)	IRC ou RA	Flux d'une lampe : F_{la}	
			Facteurs de réflexion (rho) (choix ou imposés)	Plafond : Mur : Sol :
			Indice du local	$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}$
			Rapport de suspension	$J = \frac{h'}{h+h'}$
			Utilances (tableaux X ; T)	U_X U_T
			Facteur d'utilisation $u = \eta_i \cdot U_X + \eta_s \cdot U_T$	
			Facteur compensateur de dépréciation (cas où l'éclairage exigé est E_a à maintenir) $f_e =$ $f_L =$ $f_l =$	
			$d = \frac{1}{f_e} \times \frac{1}{f_L} \times \frac{1}{f_l}$	

Caractéristiques géométriques :



LES RELATIONS

Flux total émis par les lampes (mise en service) : $F_{\text{tot}} = N \cdot n \cdot F_{la}$

N = nombre de luminaires
 n = nombre de lampes par luminaire

Flux total initial à prévoir : (Pour un plan utile de surface S)

$$F_{\text{tot. ini}} \times u = E_{\text{ini}} \times S \geq (E_{\text{à maintenir}} \times d) \times S$$

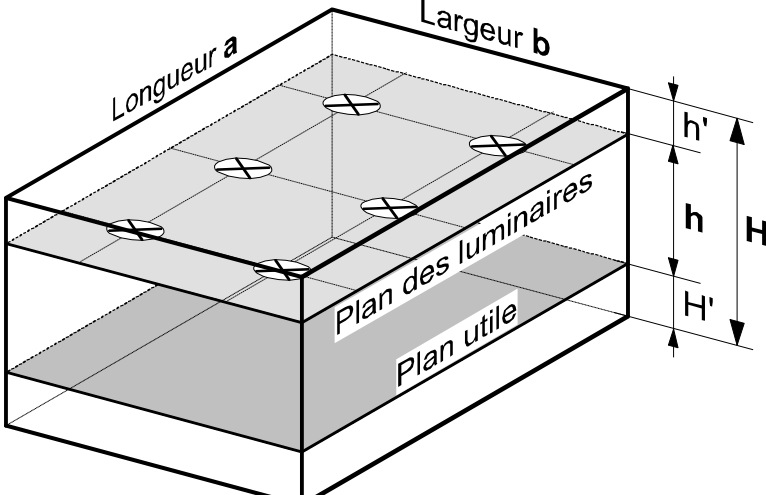
Nombre de luminaires à prévoir (pour $S = a \times b$) :

$$N \geq \frac{(E \times a \times b) \times d}{(n \times F_{la}) \times u} \quad \text{avec } d = 1 \text{ si } E = E_{\text{initial}}$$

ÉTUDE SIMPLIFIÉE D'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR

1 - LES DONNÉES

1-1 Le local

Activité :	GEOMETRIE (cotes en mètres) :		
Éclairage sur plan utile : $E \geq$ lux	Longueur :	a =	
	Largeur :	b =	
	Hauteur local :	H =	
	Plan utile :	H' =	
	Suspension :	h' =	
	Hauteur utile :	h =	
	FACTEURS DE REFLEXION (ρ) :		
Plafond :		X 10 →	
Murs :			
Sol :			

1-2 Choix de l'appareillage

LUMINAIRES		Rapport s/h maximum	
TYPE	Symbole photométrique	long	trans

LAMPES

TYPE	T ^{re} de couleurs	I.R.C.	FLUX UNITAIRE	n ^{bre} par lum.
	T = °K		F _{la} = lm	n =

2 - CALCULS PRELIMINAIRES

2-1 Caractéristiques géométriques du local

INDICE DU LOCAL	RAPPORT DE SUSPENSION
$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} =$	$J = \frac{h'}{h+h'} =$
K =	J =

2-2 Facteur compensateur de dépréciation de l'installation (pour un éclairage à maintenir)

	CRITERES	FACTEURS
Empoussièrement :		f _e =
Vieillessement des lampes		f _L =
Altération des luminaires		f _l =
$d = \frac{1}{f_e} \times \frac{1}{f_L} \times \frac{1}{f_l} =$		d =

3 - CALCUL DU NOMBRE DE LUMINAIRES $N \geq \frac{(E \times a \times b).d}{(n \times F_{la}).u}$

3-1 - Facteur d'utilisation : $u = \eta_i \cdot U_{X(A-J)} + \eta_s \cdot U_T$

UTILANCES : U_X

Données :

Facteurs de réflexion :
(x10) :

Suspension : J =

Local : K =

ÉCLAIRAGE DIRECT	ÉCLAIRAGE INDIRECT
Classe photométrique :	Classe unique T
Rendement : $\eta_i =$	Rendement : $\eta_s =$
U =	U _T =

FACTEUR D'UTILISATION : $u = \eta_i \cdot U_X + \eta_s \cdot U_T$

$u = \eta_i \cdot U_X + \eta_s \cdot U_T =$

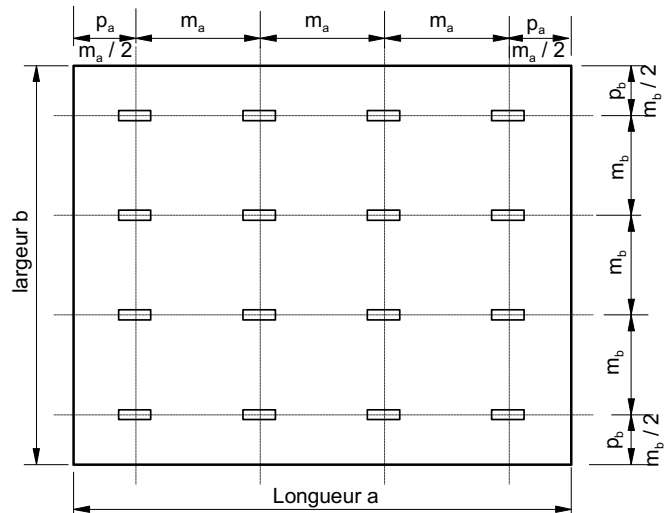
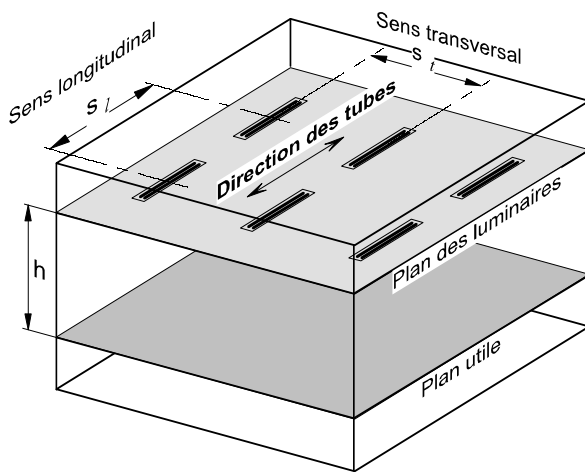
u =

3-2 - Nombre de luminaires

$N \geq \frac{(E \times a \times b).d}{(n \times F_{la}).u} =$ -----

$N \geq$ soit **N =**

3-3 - Répartition (pour obtenir un facteur d'uniformité $\geq 0,8$)



Sens longitudinal / tubes	Sens transversal / tubes
$s_l \leq$	$s_t \leq$
Files : $N_l \geq$	Files : $N_t \geq$

Implantation théorique :