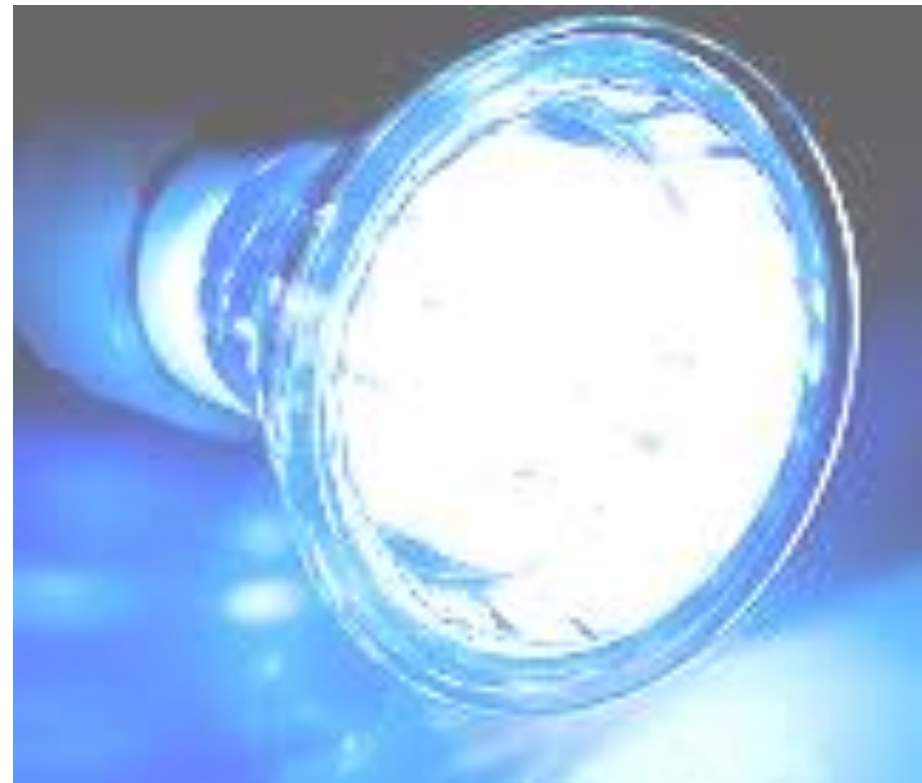


1^{ère} Année Master Efficacité Energétique Programme *Physique du Bâtiment*

■ Chapitre 1 Introduction

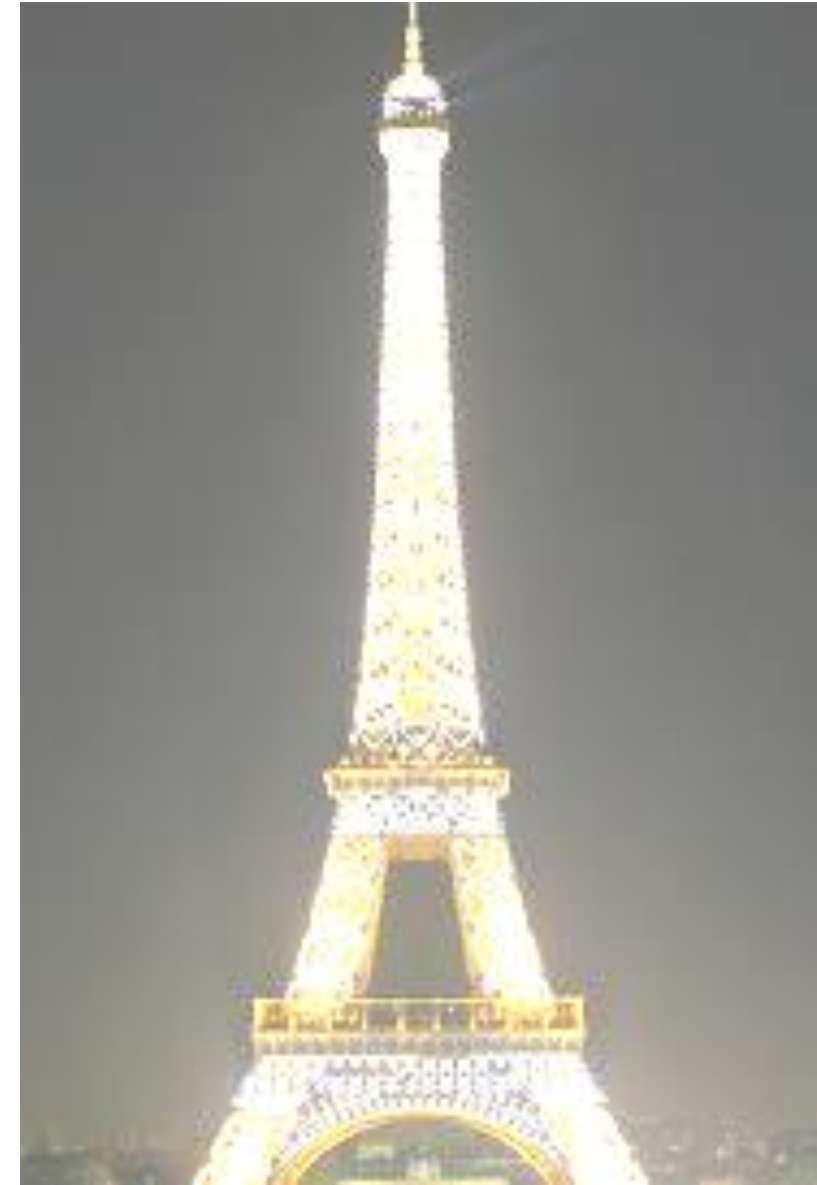
1. Généralités sur l'Eclairage
2. Grandeur photométriques



1^{ère} Année Master Efficacité Energétique Programme *Physique du Bâtiment*

■ Chapitre 2 Eclairage

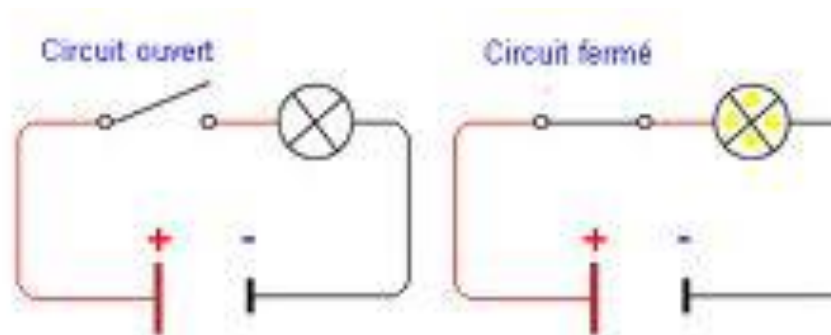
1. Types d'éclairage
2. Confort visuel
3. Ambiances lumineuses



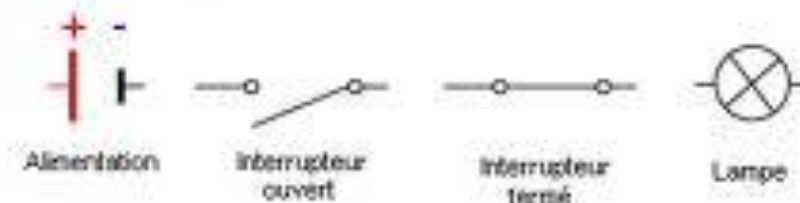
1^{ère} Année Master Efficacité Energétique Programme *Physique du Bâtiment*

■ Chapitre 3 Réseaux électriques

1. Installations électriques
2. Types de distributions intérieures



Nomenclature:



Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions **Lumière**

Physique :

Ondes ou radiations lumineuses composées d'un rayonnement électromagnétique ou d'un flux de particules énergétiques se propageant dans un milieu matériel

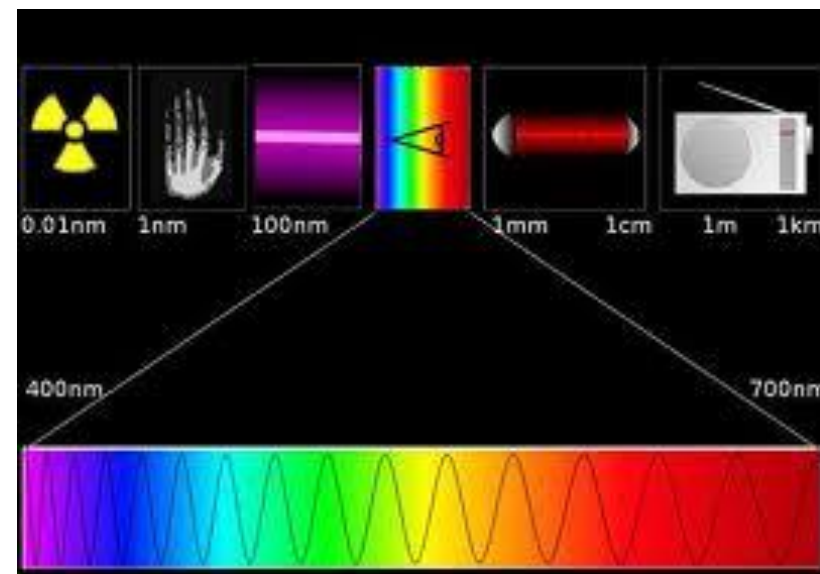
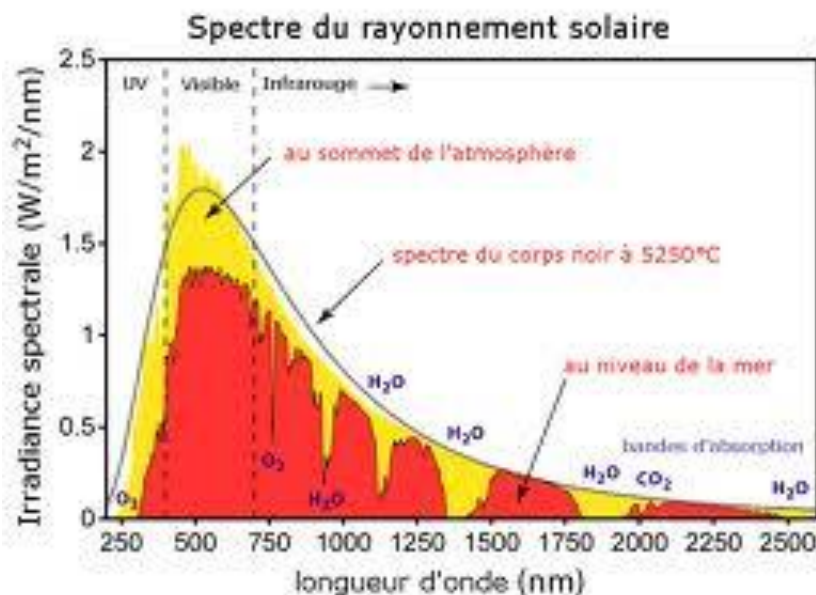
Architecture:

Ce éclaire les objets
Et les rends visibles

Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions Spectre électromagnétique



Lumière visible entre 400nm et 700nm de la
 Longueur d'ondes $1nm = 10^{-9} m$

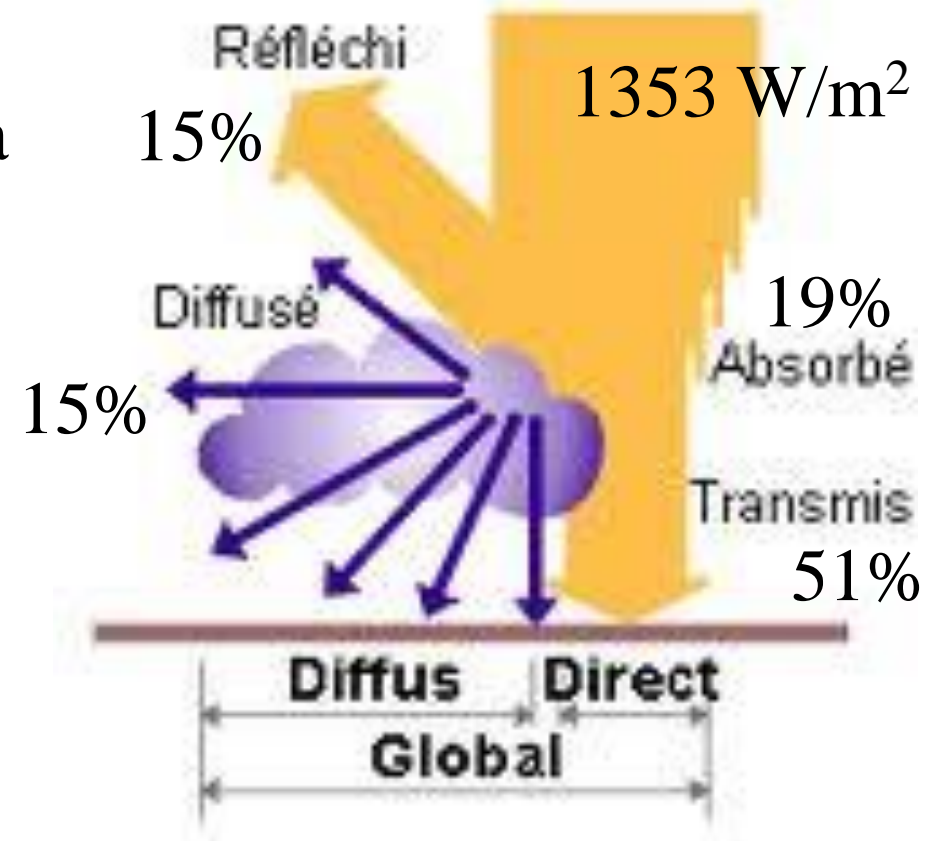
Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions **Rayonnement solaire**

Energie du rayonnement solaire à la limite de l'atmosphère: 1353 W/m^2

Energie à la surface du soleil :
66 Million de W/m^2



Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions Etats du Ciel

Conditions météorologique multiples et variés



Quatre états du ciel définie pour l'étude de l'éclairement



Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions Etats du Ciel

Chaque état est caractérisé par la répartition de sa luminance sur la voûte céleste

Ciel uniforme

Sa luminance est indépendante des paramètres géométriques: elle est constante en tout point du ciel à un moment donné



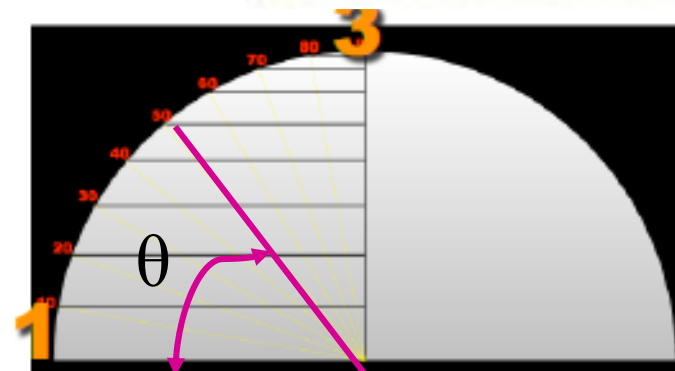
Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions Etats du Ciel

Ciel couvert CIE

Sa luminance varie en fonction de la position sur la voute céleste :



Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions Etats du Ciel

Ciel clair (sans soleil): ciel serein

Sa luminance varie en fonction de la position sur la voute céleste et de la position du soleil.

Il ne fait intervenir que la composante diffuse du rayonnement solaire

Nuages clairs



Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

1- Définitions Etats du Ciel

Ciel clair avec soleil

Il fait intervenir et la composante diffuse et la composante directe du rayonnement solaire.

Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

Enseignements:

1- Définitions Etats du Ciel

Ciel couvert

- Disponibilité : en moyenne de 12h par jour
- Etendue : Source omnidirectionnelle peu éblouissante
- Energie : Peu de chaleur véhiculée
- Géométrie : Aller chercher la lumière vers le haut
- Orientation : Privilégier les orientations Sud.

Ciel clair avec soleil

- Energie : chaleur intense
- Etendue : Source éblouissante

Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

2- Types et source d'éclairage

Sources d'éclairage:

Naturelle

- rayonnement solaire.

Artificielle

- Energie électrique \implies Charbon, pétrole, nucléaire, hydroélectrique

Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

2- Types et source d'éclairage

Types d'éclairage:

Directe

- La lumière reçu par la surface (ou plan de travail) n'est pas réfléchi.

Indirect

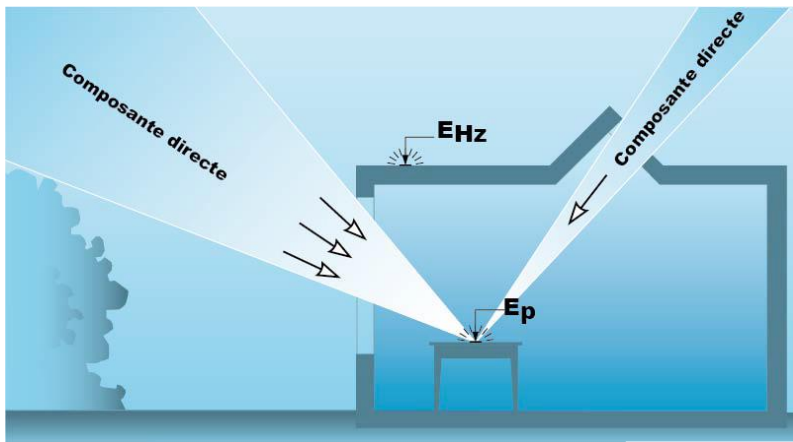
- Avant d'arriver à destination, la lumière percute des obstacles.

Mixte = Directe + indirecte

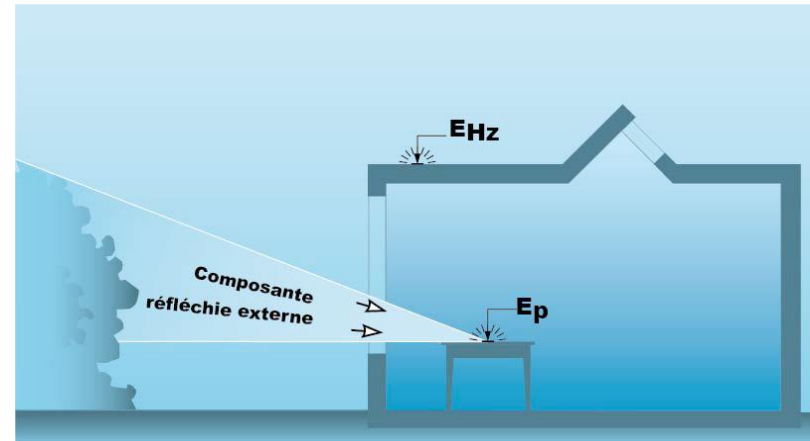
Chapitre 1 Introduction

Eclairage Généralités

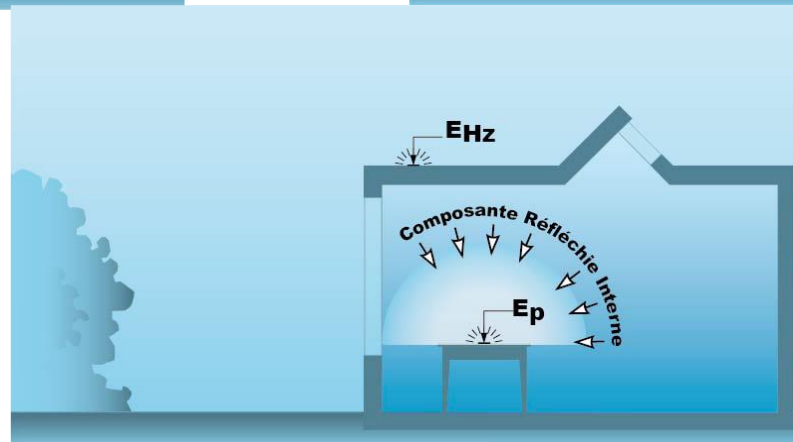
2- Types et source d'éclairage



Flux Directe



Flux Indirecte

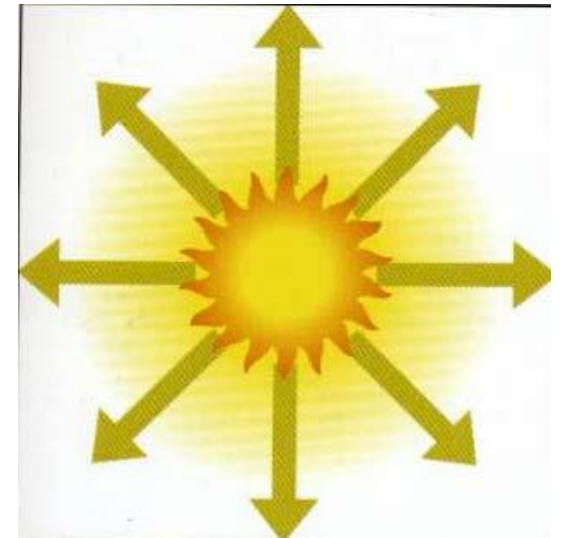


Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

1- Flux lumineux

Le flux lumineux Φ d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité de l'oeil, de la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace de cette source par unité de temps. Il s'exprime en *lumen (lm)*



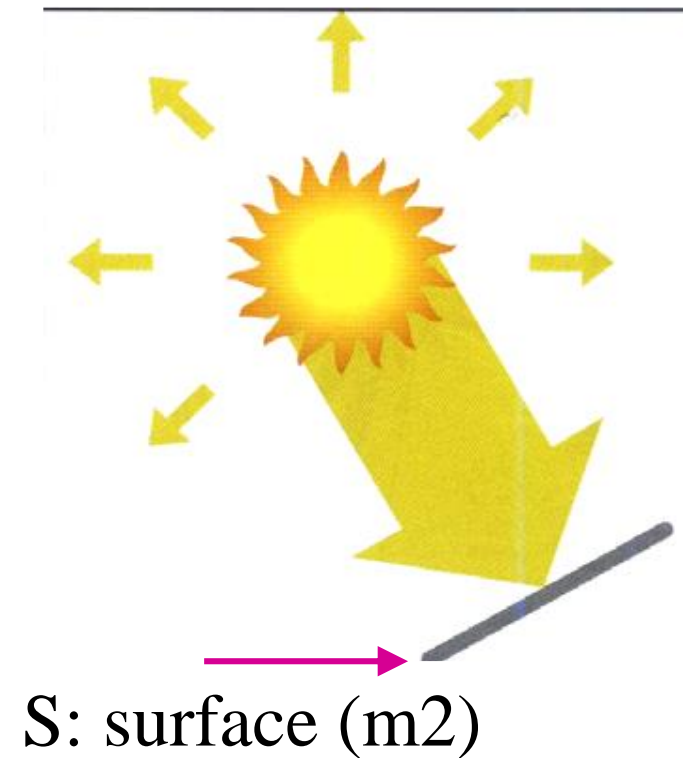
Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

2- Eclairement

L'éclairement (E) d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le **lux**, équivalent à 1 lm/m^2

$$E = \Phi / S$$



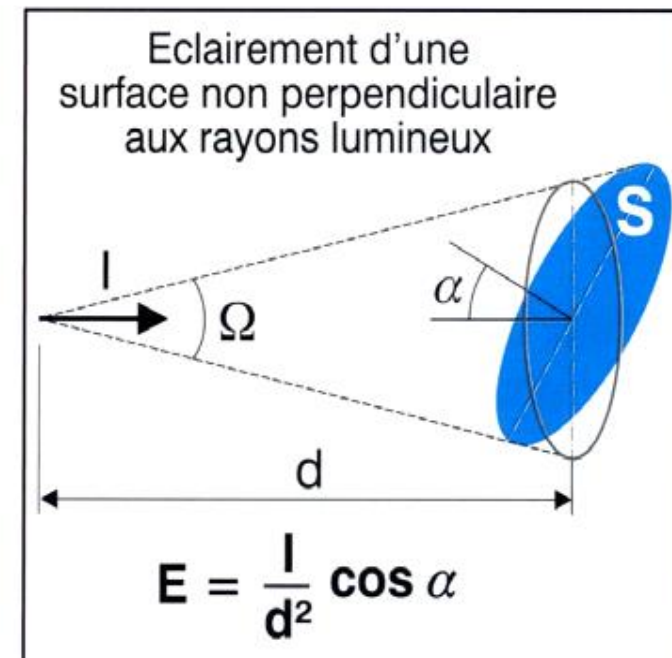
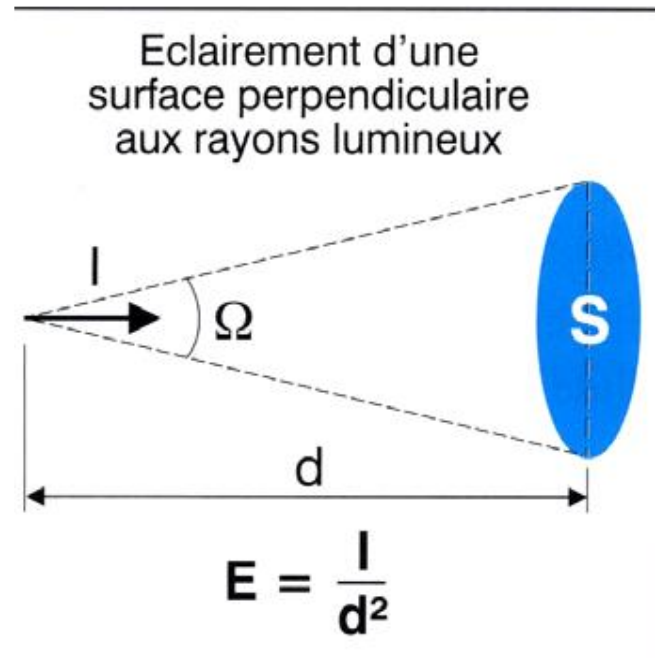
Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

2- Eclairement

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

I : étant l'intensité lumineuse



Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

2- Eclairage

Si la surface S des espaces en bâtiment est connue, un minimum d'éclairage est requis pour un bon confort visuel.

Bureaux et locaux administratifs		Éclairage (lux)	Habitations		Éclairage (lux)
Bureaux de travaux généraux	425		<i>(éclairage nécessaire pour les différentes activités)</i>		
Dactylographie	425		Lecture	325	
Salles de dessin	850		Travail d'écolier	325	
			Couture	425 à 625	
			Préparations culinaires et coin bricolage	425	
Établissements d'enseignement			Circulation		
Salles de classe	325		Couloirs, escaliers		80 à 250
Tableaux	425				
Amphithéâtres	325				
Laboratoires	625				
Bibliothèques, tables de lecture	425				
Magasins			Hôtels		
Boutiques	200		Réception, halls	250	
Self-services	300		Salles à manger	250	
Grandes surfaces	500		Cuisines	425	
			Chambres et annexes	250	
Salles de spectacles			Bâtiments industriels		
Foyer	125		Machines-outils et établis, soudure	250	
Amphithéâtres	80		Travail de pièces moyennes	425	
Salles de cinéma	40		Travail de petites pièces	625	
Salles des fêtes	250		Travail très délicat ou très petites pièces	1250 à 1750	

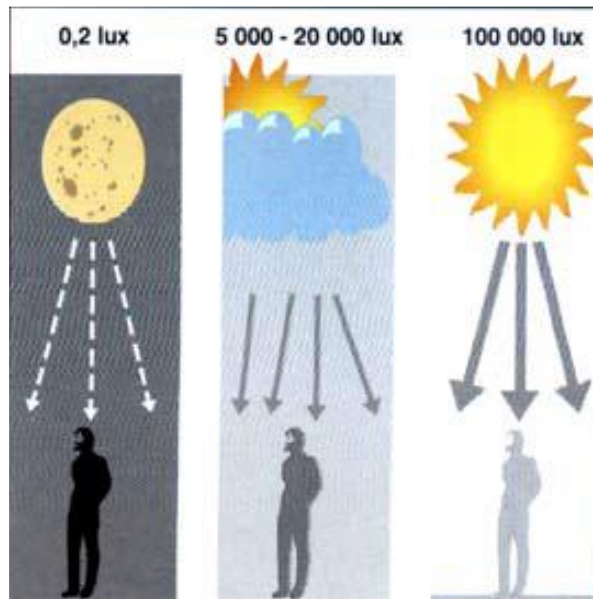
Eclairage moyen à maintenir en fonction de l'activité (AFE : Association française de l'éclairage)

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

2- Eclairage

Exemples

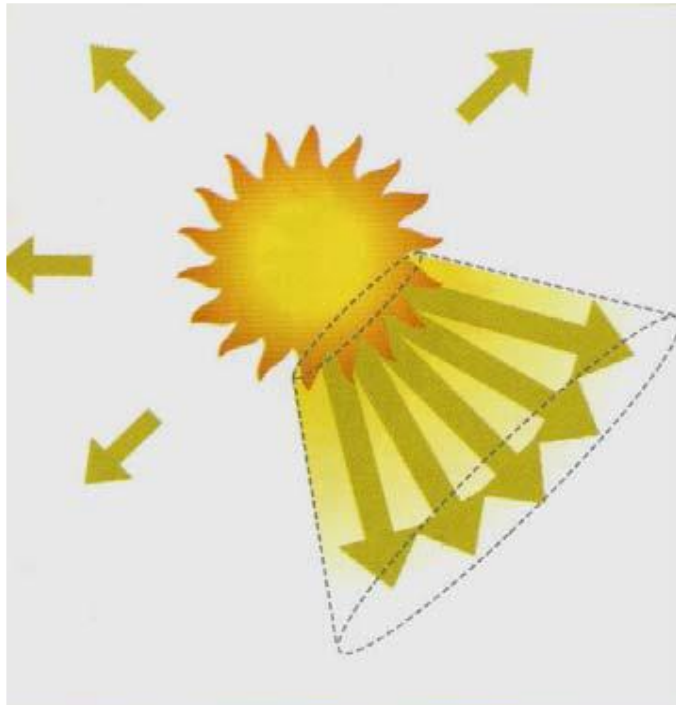


- 5000 lx en éclairage naturel correspond à une valeur faible (temps gris) alors qu'en éclairage artificiel, c'est insupportable
- Notre perception de l'éclairage naturel est très variable. Nous pouvons lire un texte sous un éclairage de 100 000 lx et sous une nuit de pleine lune (0,1lx)

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

3- 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)

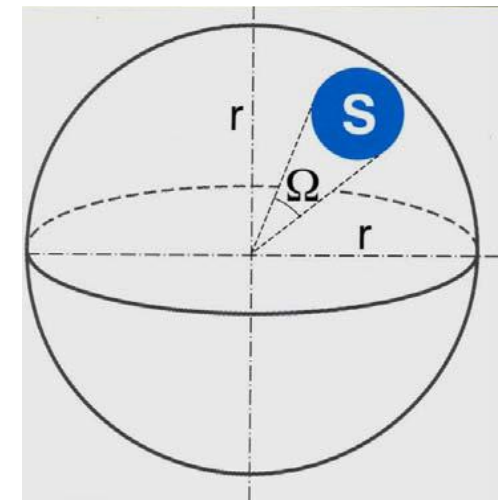
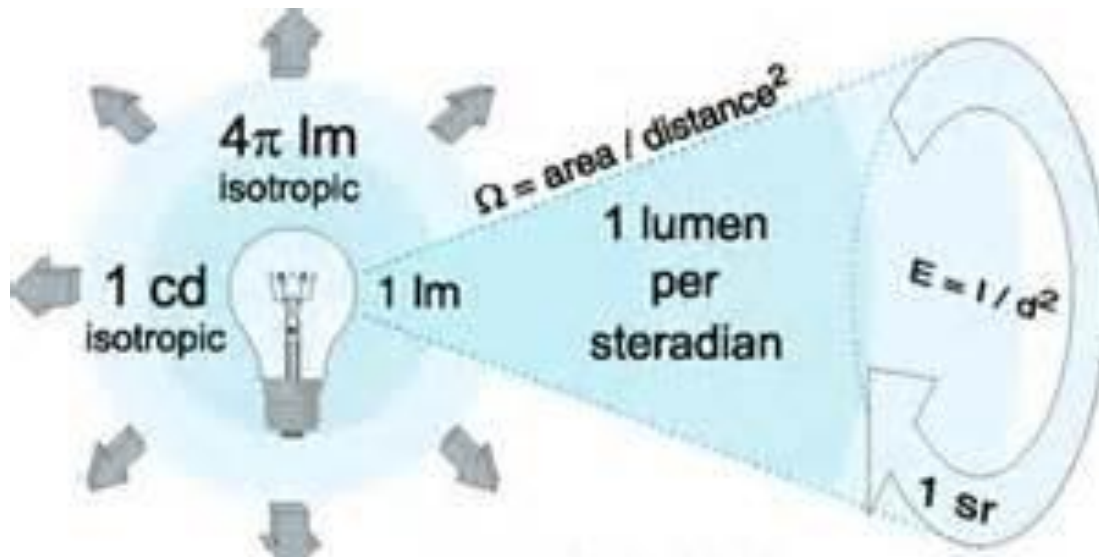
$$\Omega = S / r^2 \text{ (sr)}$$

$$1 \text{ candela} = 1 \text{ lumen/stéradian}$$

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

3- Intensité Lumineuse

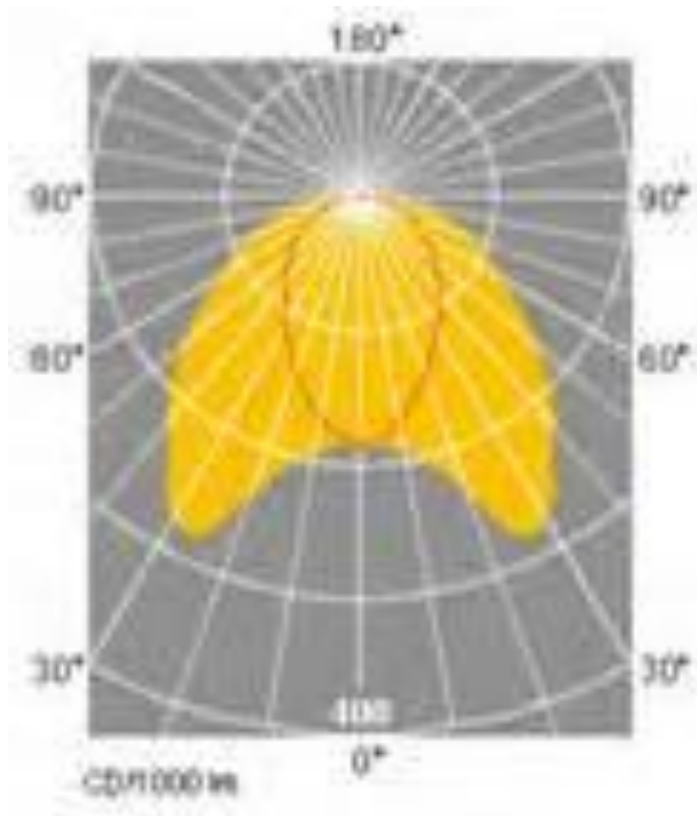


Application numérique: Soit une sphère de rayon r . sachant que la surface vaut $4\pi r^2$ calculer l'angle solide pour toute la sphère.

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

3- Intensité Lumineuse



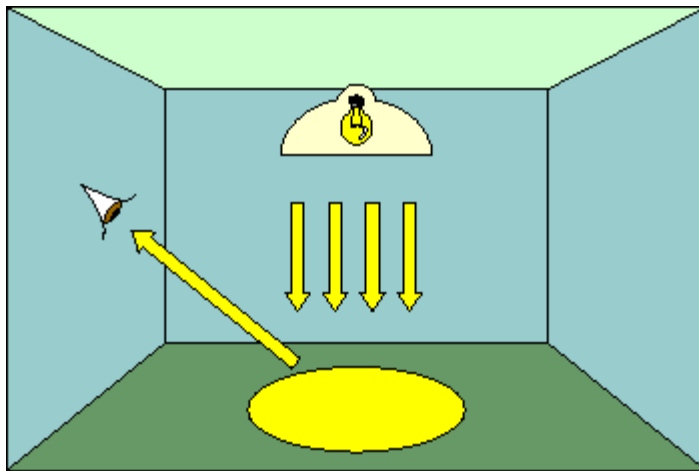
L'intensité lumineuse permet de caractériser les luminaires en indiquant sur un graphe leur intensité lumineuse dans les différentes directions

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

4- Luminance

Définition



C'est la brillance d'une source lumineuse telle qu'elle est perçue par l'œil humain.

Elle s'exprime en cd/m^2

Elle décrit l'effet de la lumière sur l'œil

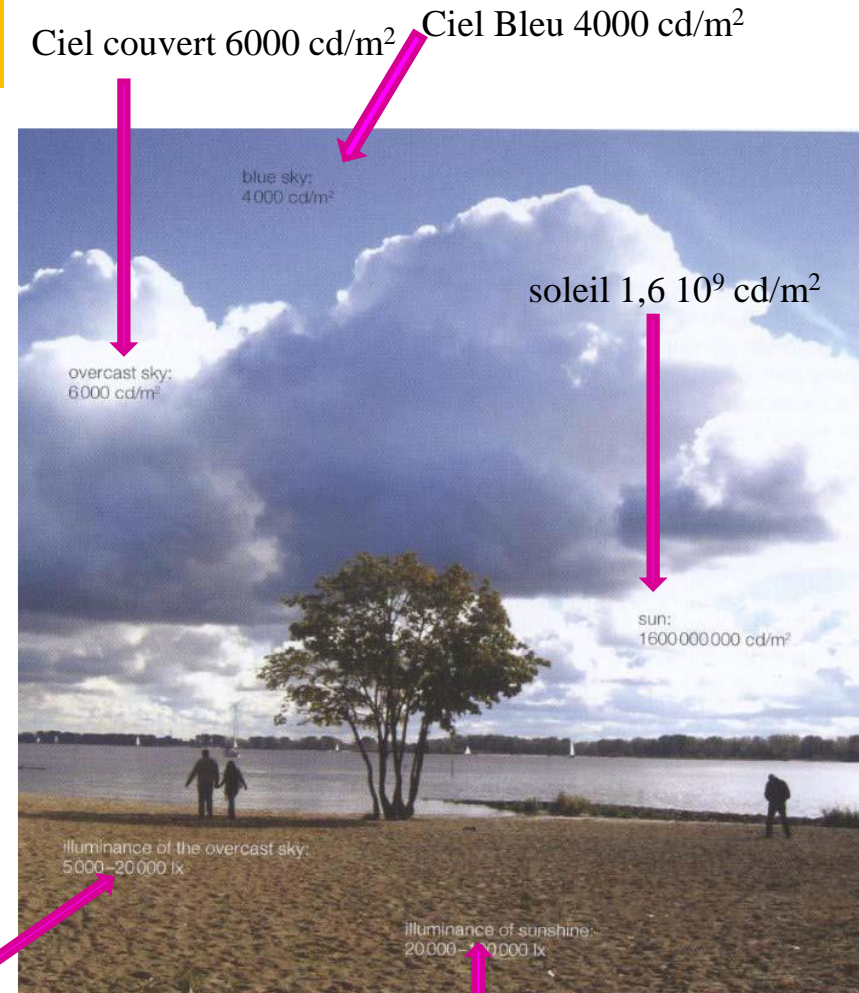
$$L = I / S$$

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

4- Luminance Exemples

Environnement	Luminance (cd/m ²)
Paysage nocturne (limite de la visibilité)	10 ⁻³
Paysage par pleine lune	10 ⁻² à 10 ⁻¹
Papier noir mat éclairé par 100 lux	1.5
Parois intérieures éclairées	25 à 250
Papier blanc mat éclairé par 100 lux	30
Paysage par ciel couvert	300 à 5 000
Paysage par ciel clair	500 à 25 000
Lune	2500
Papier blanc au soleil	≈ 25 000
Soleil	1,5 . 10 ⁹



Eclairage du au Ciel couvert
5000 à 20000 lux

Eclairage du au soleil 20000
à 100000 lux

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

5- Facteur de Lumière du Jour

Définition

Comme la quantité de lumière naturelle peut varier de façon importante, on introduit un rapport de proportionnalité entre l'éclairement extérieur et celui disponible à l'intérieur du local. C'est ce qu'on appelle le **FLJ** et il se calcule ainsi :

$$FLJ = \frac{E_{int}}{E_{ext}} * 100\%$$

où

E_{int} = Eclairement horizontal à l'intérieur du local (plan de travail)

E_{ext} = Eclairement horizontal extérieur en site dégagé et ciel couvert

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

5- Facteur de Lumière du Jour

Conséquences

le FLJ se décompose en trois

FLJ_{direct} composante de l'éclairement directe de la voute céleste

$FLJ_{reflechie\ ext}$ composante de l'éclairement réfléchi extérieure

$FLJ_{reflechie\ int}$ composante de l'éclairement réfléchi intérieure

Ces trois composantes ont des importances diverses :

1. près des fenêtres *la composante du FLJ_{Direct}* est en général prépondérante sauf s'il y a un masque crée par des bâtiments devant la façade (dans ce cas là, c'est *la composante du $FLJ_{ref\ ext}$* qui est importante)
2. Par contre, au fond du local, *la composante $FLJ_{refl\ int}$* prend une valeur relativement importante alors qu'elle est négligeable près des ouvertures.

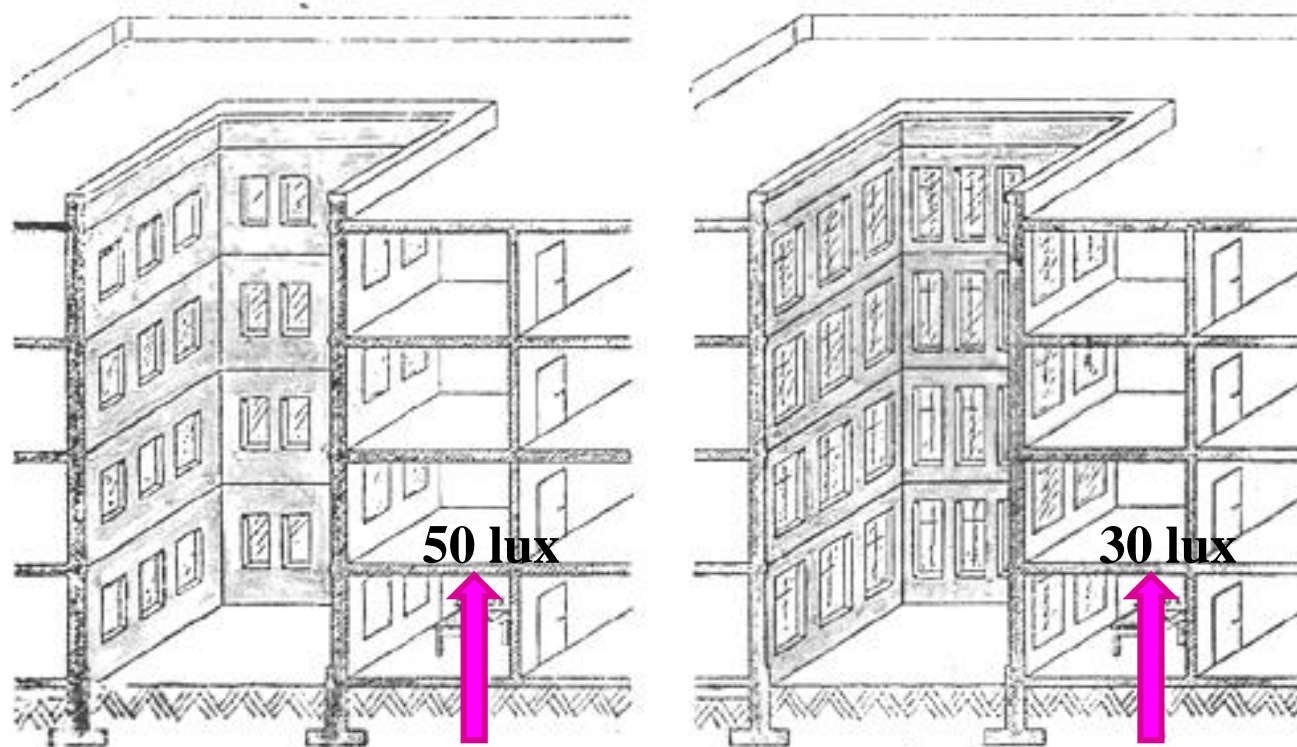
Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

5- Facteur de Lumière du Jour

Exemples

Importance de $FLJ_{refl\ ext}$: Prise de jour Verticale sur cour intérieure.



Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

5- Facteur de Lumière du Jour

Exemples

Importance de $FLJ_{refl\ ext}$: Prise de jour Verticale.

les pièces des étages inférieurs ne sont pas éclairés par la voûte céleste mais par les réflexions extérieures des façades. Le vitrage ayant un facteur de réflexion quasi-nul, augmenter la taille des fenêtres diminue l'éclairement à l'intérieur de des pièces des étages inférieurs

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

6- Efficacité Lumineuse

On définit l'efficacité lumineuse comme le quotient du flux lumineux par la puissance absorbée. Elle s'exprime en **lum/Watt**

$$\text{Efficacité lumineuse} = \frac{\Phi}{P}$$

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

6- Efficacité Lumineuse

Exemples

Lumière Naturelle

Sources lumineuses	Efficacité lumineuse (lm/W)
Rayonnement solaire direct	52 à 97
Ciel couvert	110 à 140
Ciel clair (sans soleil)	125 à 155
Ciel clair avec soleil	105 à 115

Lumière Artificielle

Types de lampes	Efficacité lumineuse (lm/W)
Lampe incandescente normale	9 à 16
Lampe hallogène courante	12,5 à 25
Fluo-compact	39 à 87

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

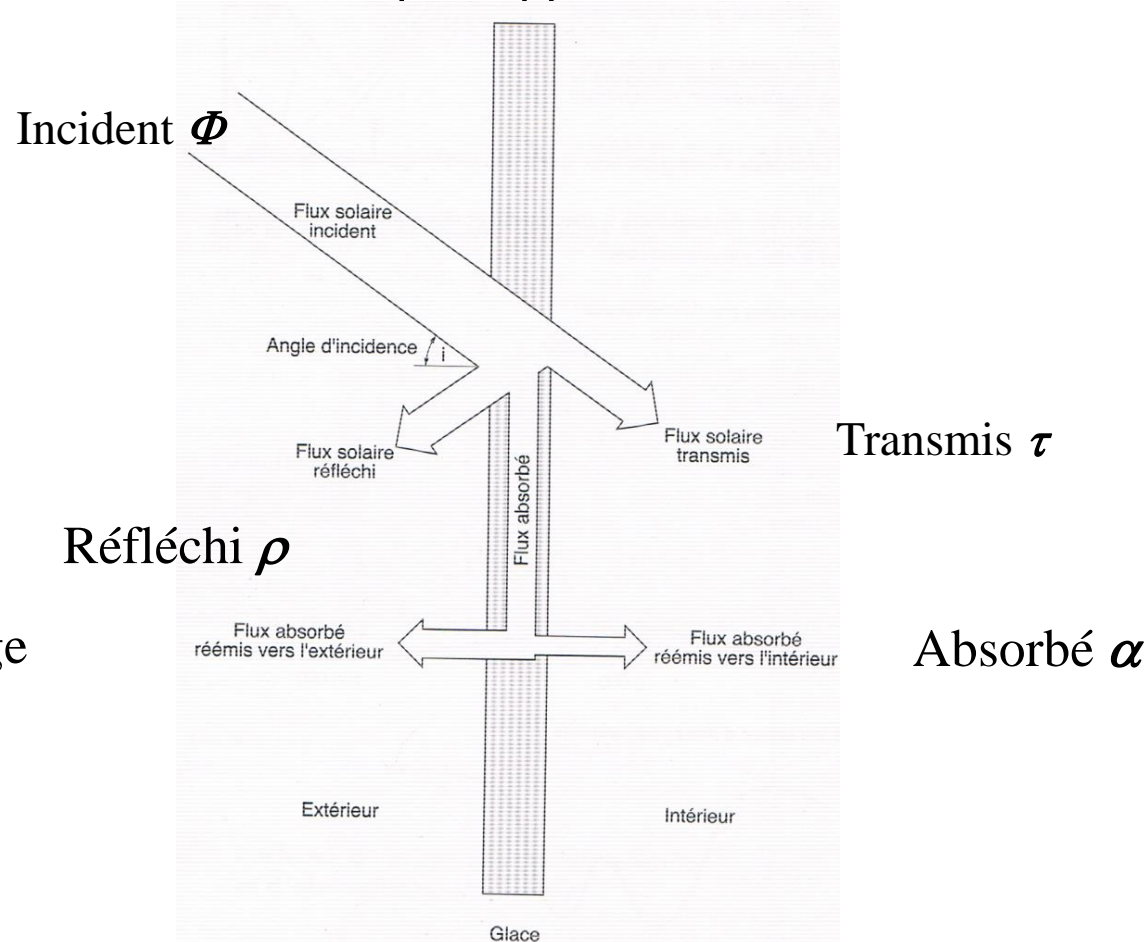
7- Facteurs Lumineux

Ils caractérisent la part du flux lumineux par rapport au flux incident

$$S_{\tau\alpha} = (\tau + \alpha) / \Phi$$

↓

Facteur solaire du vitrage
(*énergétique*)

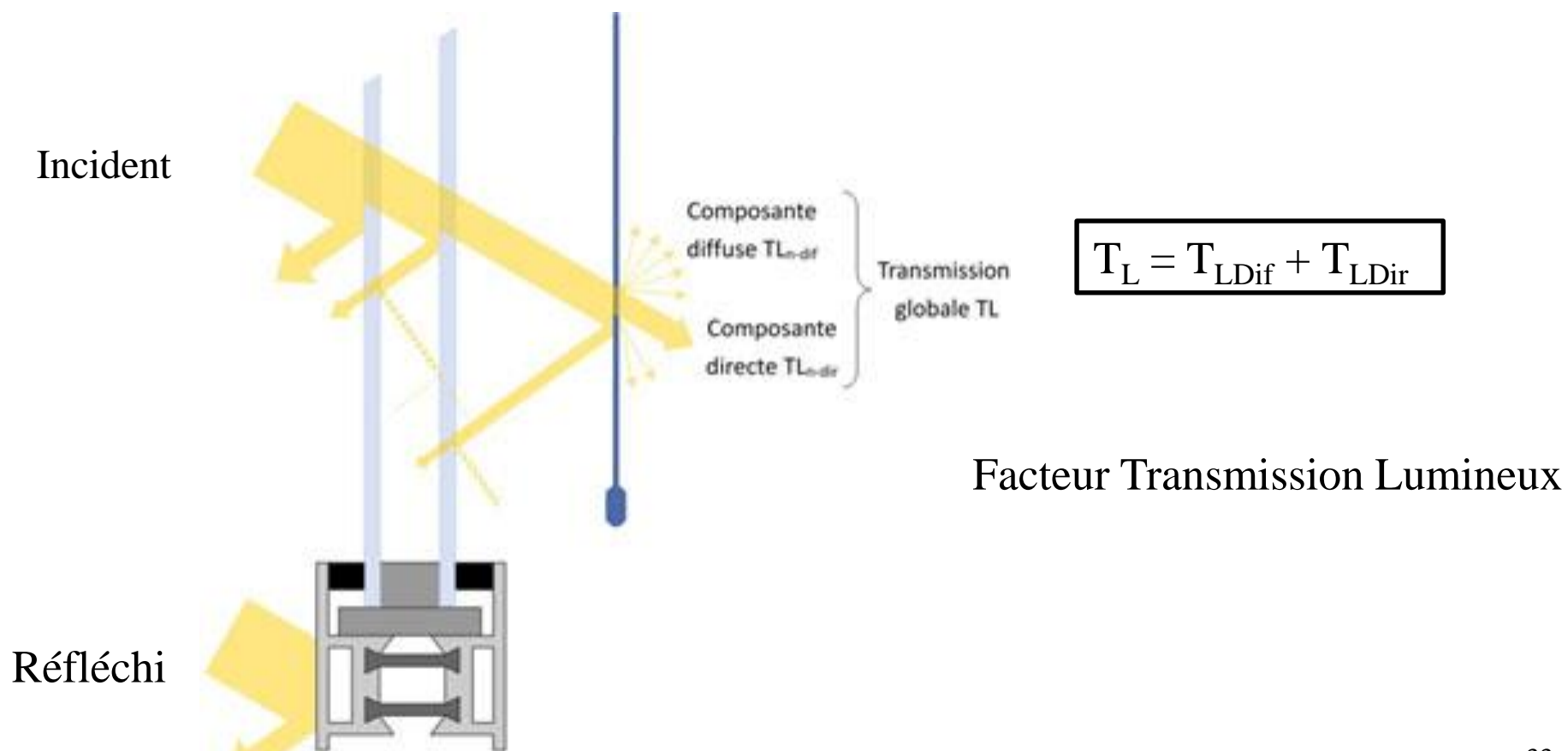


Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

7- Facteurs Lumineux

Ils caractérisent la part du flux lumineux par rapport au flux incident



Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

8- Facteurs d'éblouissement d'inconfort *UGR*

Les paramètres suivants jouent un rôle important dans la détermination de la valeur UGR :

- **la forme et les dimensions du local,**
- **les coefficients de réflexion des parois, des plafonds, des sols et des autres surfaces étendues,**
- **le type de luminaire et de protection,**
- **la luminance de la lampe,**
- **la répartition des luminaires dans le local,**
- **la ou les positions de l'observateur.**

Une formule existe à titre indicatif $10 < UGR = 8 \log [0,25/L_b \Sigma(L^2 \Omega/p^2)] < 30$

L_b est la luminance de fond exprimée en candela/m² et représente l'éclairement vertical indirect au niveau de l'œil de l'observateur.

L est la luminance contenant les parties lumineuses de chaque luminaire dans la direction de l'observateur en candela/m².

Ω est l'angle solide (stéradian) des parties lumineuses de chaque luminaire au niveau de l'œil de l'observateur.

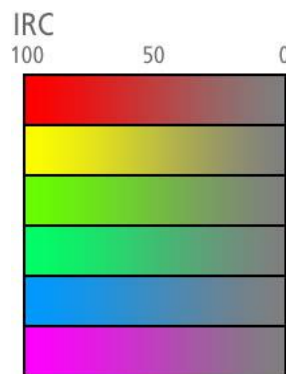
p est l'indice de position de Guth fourni dans des tables spécifiques et représente la position d'un luminaire par rapport à l'axe vertical.

Chapitre 1 Introduction

Grandeurs Photométriques

9- Indice du rendu des couleurs *IRC* ou *R_a*

Cet indice définit l'aptitude d'une lampe à nous faire distinguer toutes les couleurs. La valeur maximale d'IRC est 100.



Plage d'IRC	Perception des couleurs
$R_a < 25$	faible
$25 < R_a < 65$	moyenne
$65 < R_a < 90$	bonne
$90 < R_a$	élevée

Types de lampes	puissances	IRC
Incandescence classique	25 à 500	100
Tube fluo	14 à 58	60 à 90
Fluo-compact	5 à 55	80
Halogénures métalliques	35 à 2000	65 à 85
induction	55 à 85	80 à 85

Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

Types d'éclairage Artificielle/Naturel

Quel type d'éclairage à utiliser ?

Naturel ? ou Artificiel ?  Combinaison des deux

Que faut il prendre en considération

- *Nature de l'activité* : **Eclairement moyen intérieur requis**
- *Disponibilité de l'éclairage naturel*: **en grande ou petite quantité, dimensions des locaux**
- *Eclairage artificiel*: **Types de luminaire (lampes + socles)**
Qualité de la lumière (éblouissement, indice du rendu des couleurs de s lampes)
Quantité de lumière (Eclairage direct, indirect, mixte et à deux composantes)

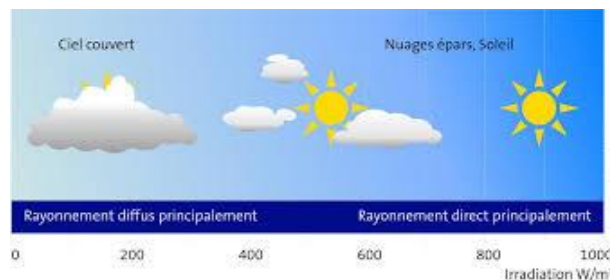
Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

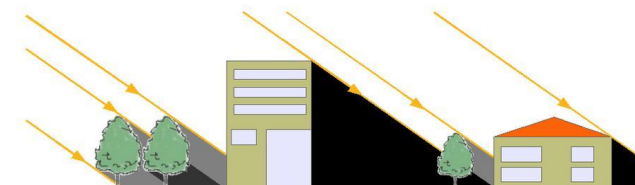
1- Disponibilité de l'Eclairage Naturel



+



+



Position Géographique LL
(WGS 84)

Couverture
Nuageuse

Masque solaire

Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

1- Disponibilité de l'Eclairage Naturel

Représentation graphique sur Diagramme solaire

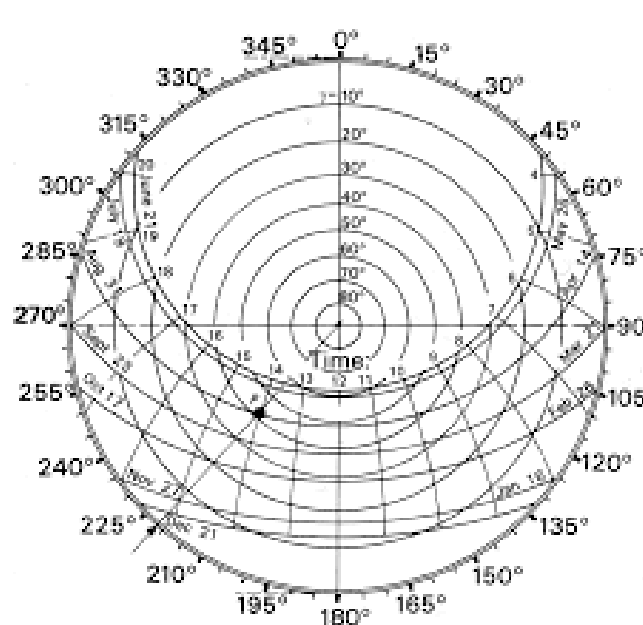
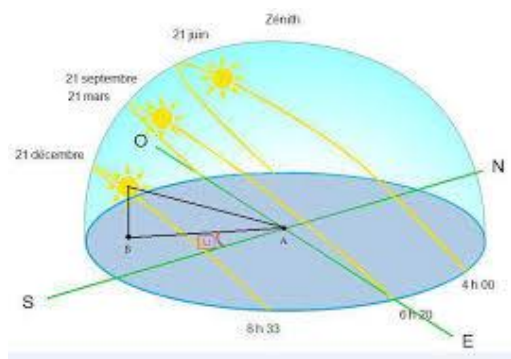


Diagramme sphérique

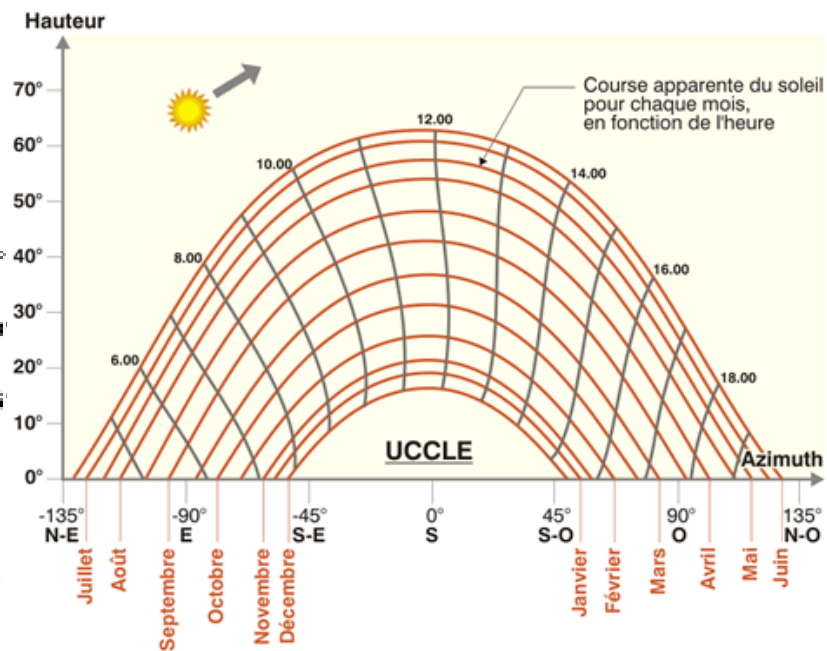


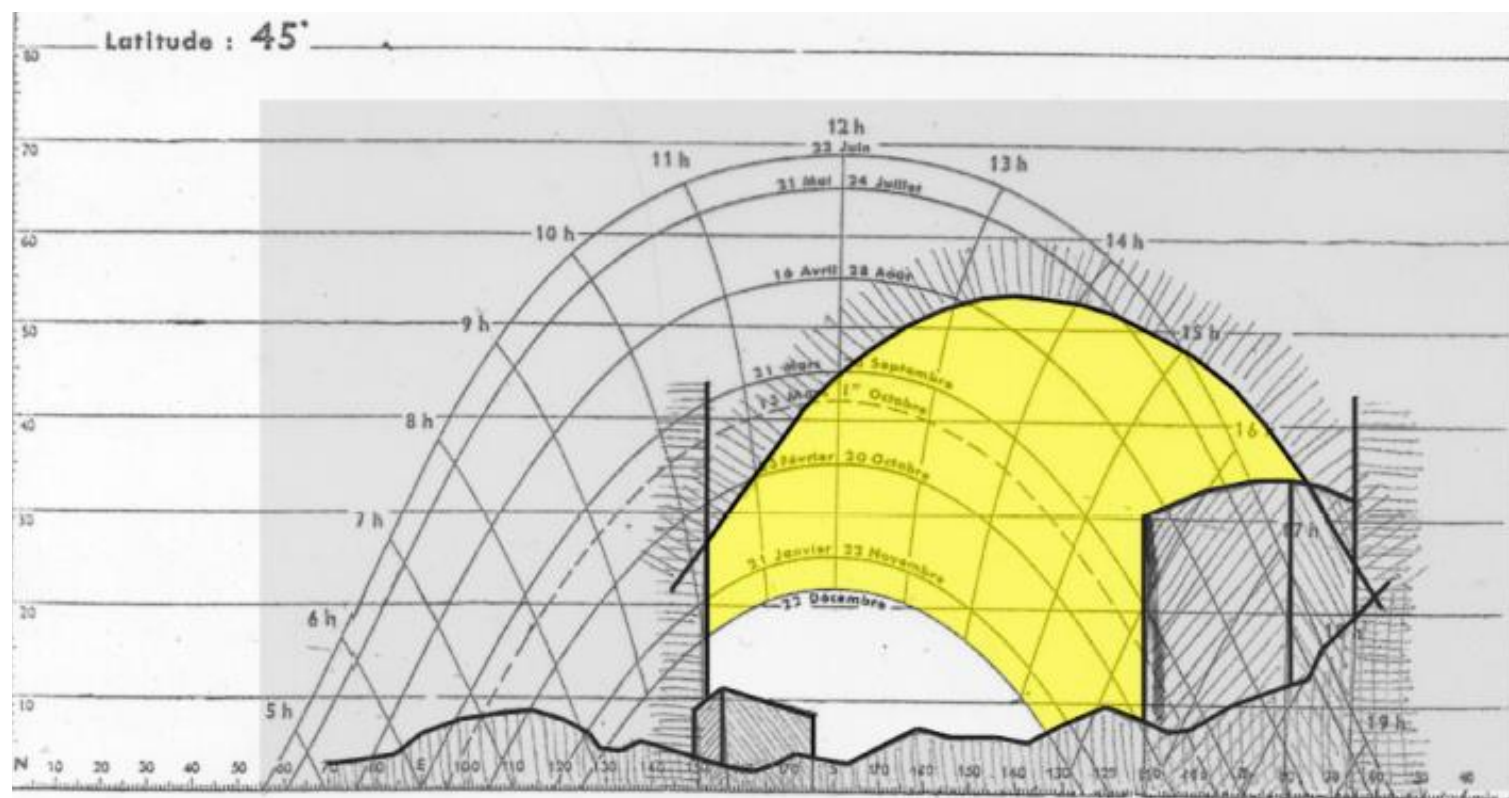
Diagramme cylindrique

Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

1- Disponibilité de l'Eclairage Naturel

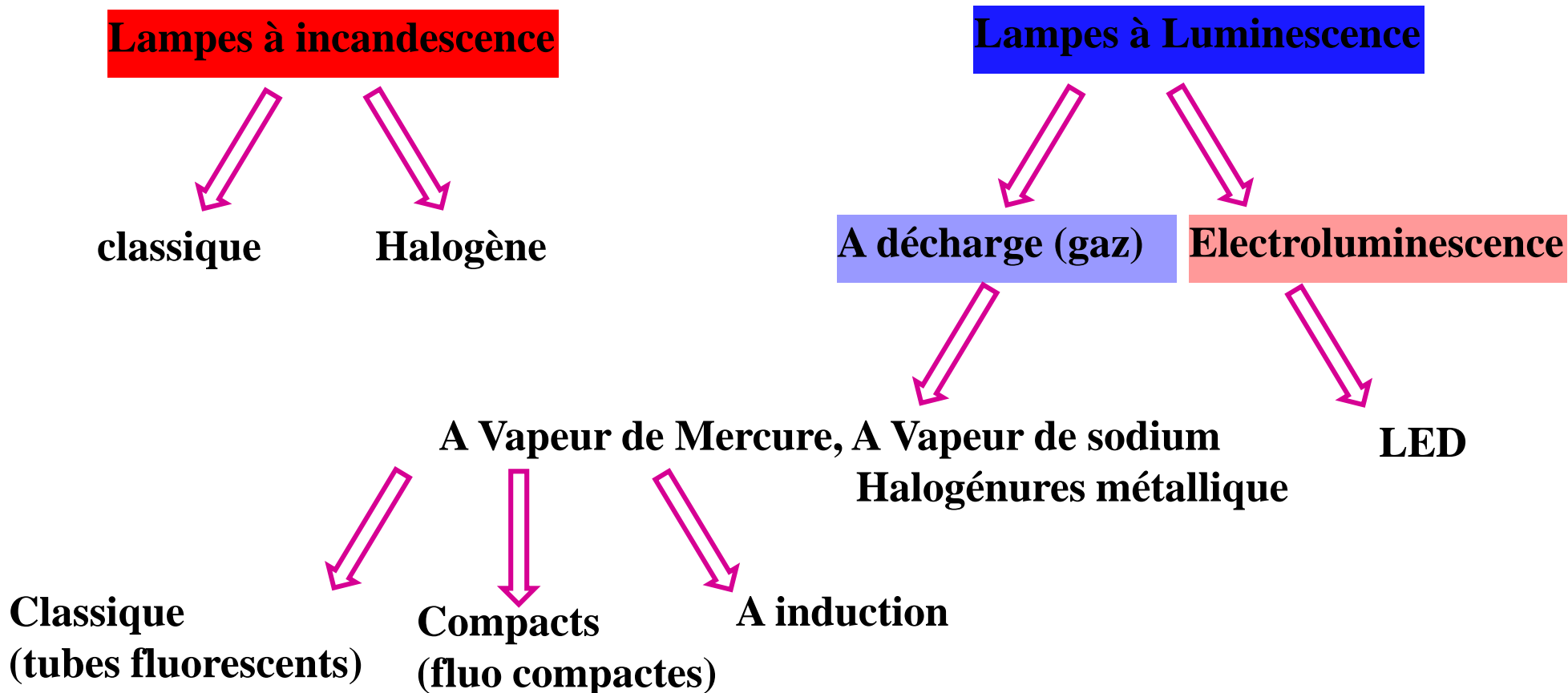
Quantification graphique de l'ensoleillement



Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

2- Luminaires : Lampes



Chapitre 2 Eclairage

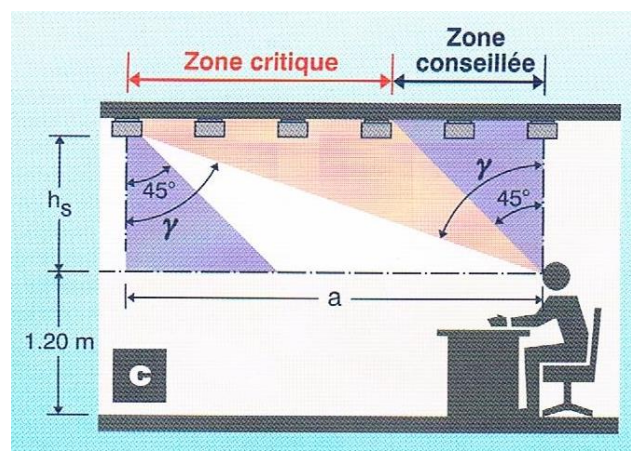
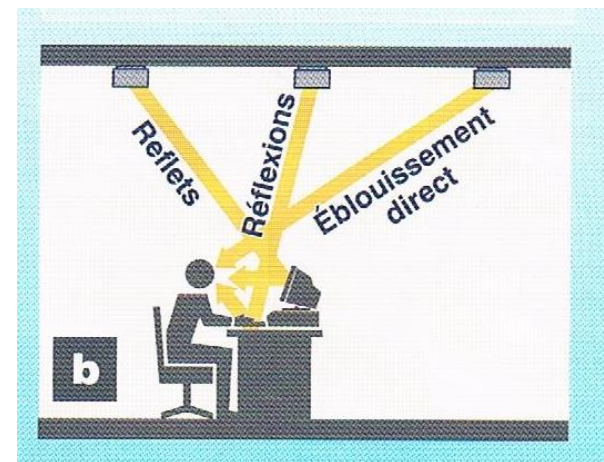
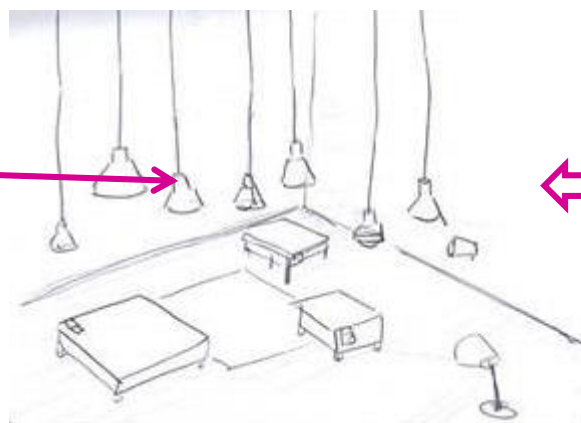
Types d'Eclairage

2- Luminaires: Socles

Réflecteurs et
Leurs positions



Diriger l'éclairage
vers le plan de travail

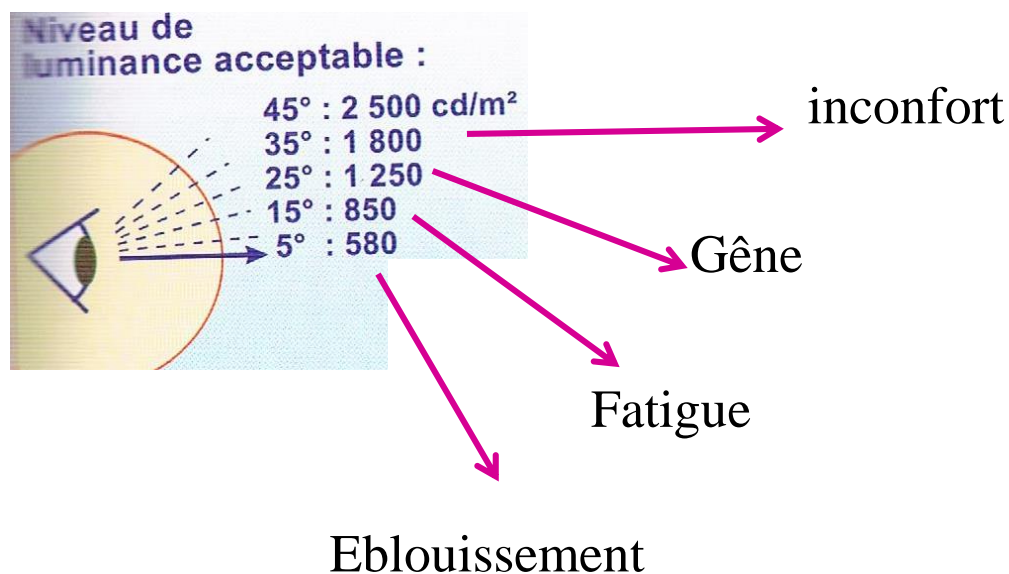


Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

2- Luminaires:

Niveaux acceptable de luminance en fonction de la direction du luminaire



Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

3- Qualité de la lumière:

1

IRC (déjà vu).

2

Température des couleurs

La perception des couleurs peut avoir des effets d'inconfort visuel , c'est-à-dire , elles peuvent provoquer des effets psycho-physiologiques sur le système nerveux.

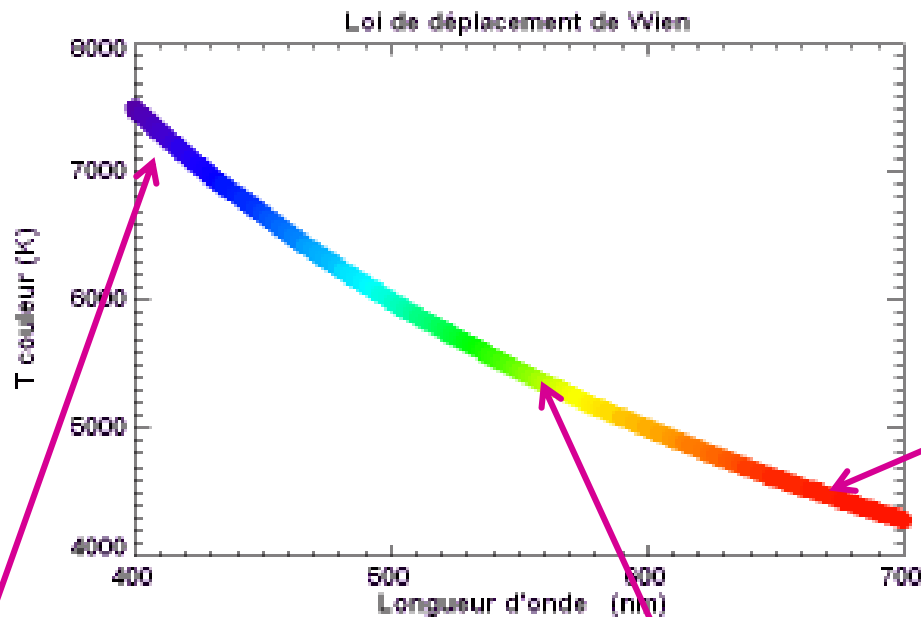
Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

3- Qualité de la lumière:

2

Température des couleurs



LA COULEUR ASSOCIÉ À UN SOURCE LUMINEUSE DÉPENDS DE LA LONGUEUR D'ONDE D'ÉMISSION

Effets trop stimulants et trop toniques

Effets favorables

Effets calmant et reposant

Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

3- Qualité de la lumière:



Température des couleurs



Chapitre 2 Eclairage

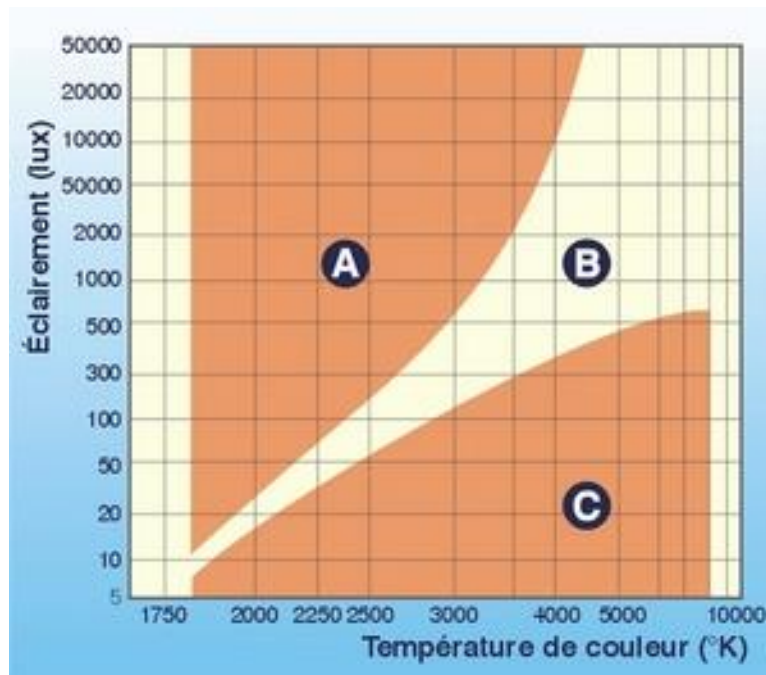
Types d'Eclairage

3- Qualité de la lumière:

2

Température des couleurs

ADAPTATION DE LA COUELUR AVEC L'ECLAIREMENT



A: ambiance lumineuse trop chaude



B: zone de confort

C: ambiance lumineuse trop froide
(ambiance crépusculaire)

Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

3- Qualité de la lumière:

2

Température des couleurs

DANS LE BATIMENT en général

a

Couleurs chaudes utilisées dans les locaux de grandes dimensions et inversement

b

Utilisation très déconseillée des couleurs chaudes et froides en même temps, pouvant provoquer une mauvaise adaptation de l'œil donc une perturbation visuelle.

c

Les sources lumineuses dont la température est grande ont une influence favorable sur l'ambiance du local et les conditions de vision.

Chapitre 2 Eclairage

Types d'Eclairage

3- Qualité de la lumière:

2

Température des couleurs

DANS LE BATIMENT en général

d

Couleur chaude pour le logement

e

Dans les bureaux une température entre 3000K et 6000K est recommandée

f

Locaux aveugles les couleurs de 5000K et + sont indispensable pour le confort Visuel.