

Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département architecture

Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 01

Programme du module

CONTENU DE LA MATIERE D'ENSEIGNEMENT :

1. Confort visuel et normes

2. Éclairage naturel

2.1 Grandeurs photométriques

2.2 Dispositifs d'éclairage naturel

2.3 Soleil et architecture - Potentiel climatique

2.4 Soleil et architecture - Contrôle d'ensoleillement par formes architecturales

3. Éclairage artificiel

3.1 Éclairage des bâtiments - Normes, règlements et bonnes pratiques

3.2 Promesses et faiblesses de l'éclairage intérieur

3.3 Bonnes pratiques de l'éclairage

3.4 Éclairage de sécurité (Exigences de conception des blocs autonomes d'éclairage de sécurité)

3.5 Éclairage urbain

4. Energies renouvelables : le photovoltaïque et l'éolienne

1. Introduction

1/ Les définitions conceptuelles et opérationnelles du développement durable

Recueil des définitions

Voici un recueil des définitions du développement durable

1/A/ Écodéveloppement (« Environmentally sound development »)

Maurice Strong et Ignacy Sachs

Concept qui désigne un type de développement intégré qui tient compte des contraintes écologiques et du long terme, un développement socio-économique écologiquement viable.

1/B/Développement autre ou société de conservation Fondation Dag Hammarsköld, Kimon Valaskis, Edward Goldsmith et Société Royale du Canada

Proposait un autre type de développement confiant en soi, centré sur les besoins réels, en harmonie avec la nature et ouvert au changement institutionnel.

1/C/Commission Mondiale de l'Environnement et du Développement (CMED), Rapport de la Commission (appelé aussi Rapport Brundtland), Notre Avenir à tous

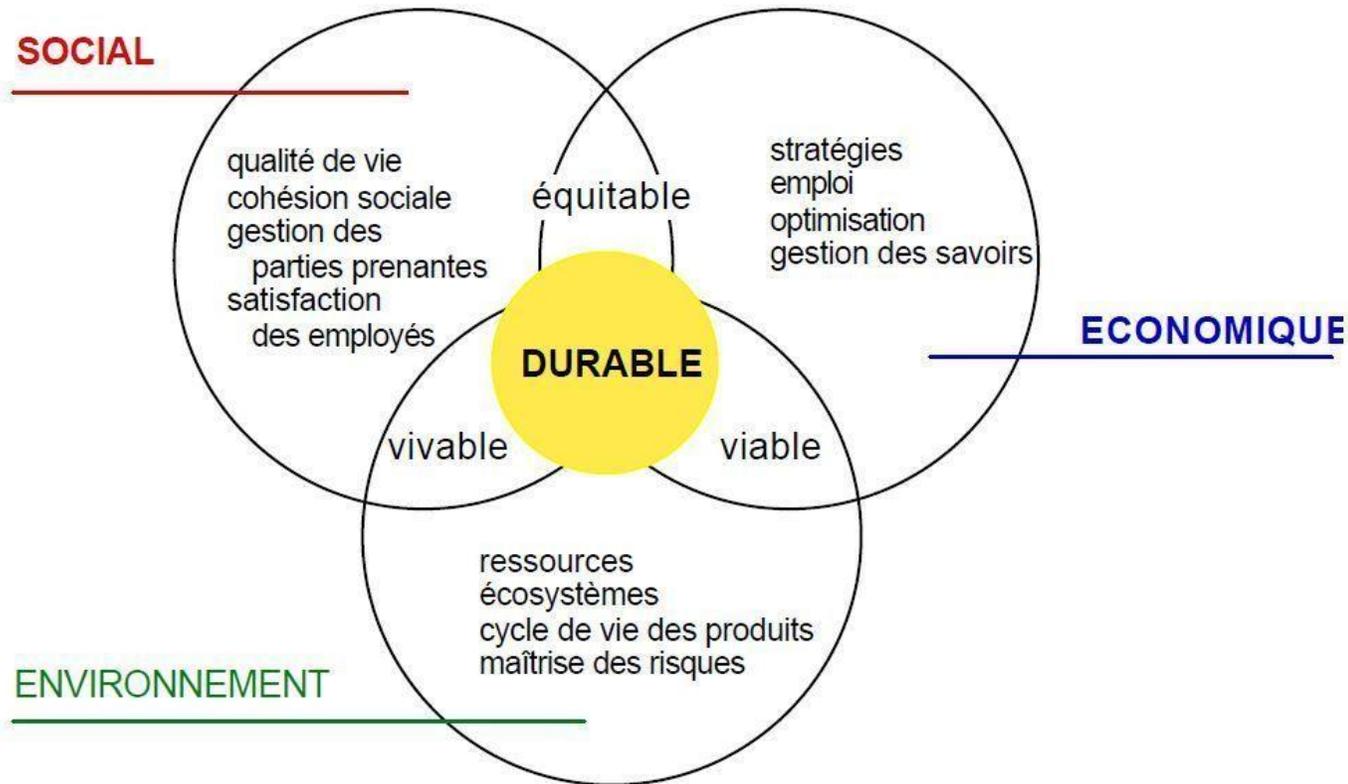
«Le développement soutenable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.»

le concept de « **besoins** », plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité ;

l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale imposent sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir.

1. Introduction

La déclaration stipule que le développement durable est centré sur le droit des êtres humains à une vie saine et productive en harmonie avec la nature, et que le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures.



1-Développement durable

2-Économie communautaire (ou socialdémocrate selon Ferron 1993)

3-Conservation équitable (ou système d'autoconsommation en agriculture durable selon Ferron 1993)

4- Intégration environnement-économie

Le modèle se fonde sur la théorie des ensembles. Il propose d'analyser le développement durable comme un ensemble de buts.

Sadler, Barry et Jacobs, Peter. 1990. Définir les rapports entre l'évaluation environnementale et le développement durable: la clé de l'avenir. In Développement durable et évaluation environnementale: perspectives de planification d'un avenir commun. Ottawa: Conseil canadien de recherche sur l'évaluation environnementale.

Cour 01: Module de ELECTRICITE ET ECLAIRAGE DES BATIMENTS

Agenda de 2030: Les 17 objectifs de développement durable



Objectif 1: Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde



Objectif 2: Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable



Objectif 3: Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge



Objectif 4: Assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie



Objectif 5: Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles



Objectif 6: Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau



Objectif 7: Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable



Objectif 8: Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous



Objectif 9: Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation

Cour 01: Module de ELECTRICITE ET ECLAIRAGE DES BATIMENTS



Objectif 10: Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre



Objectif 11: Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables



Objectif 12: Établir des modes de consommation et de production durables



Objectif 13: Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions*



Objectif 14: Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable



Objectif 15: Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres



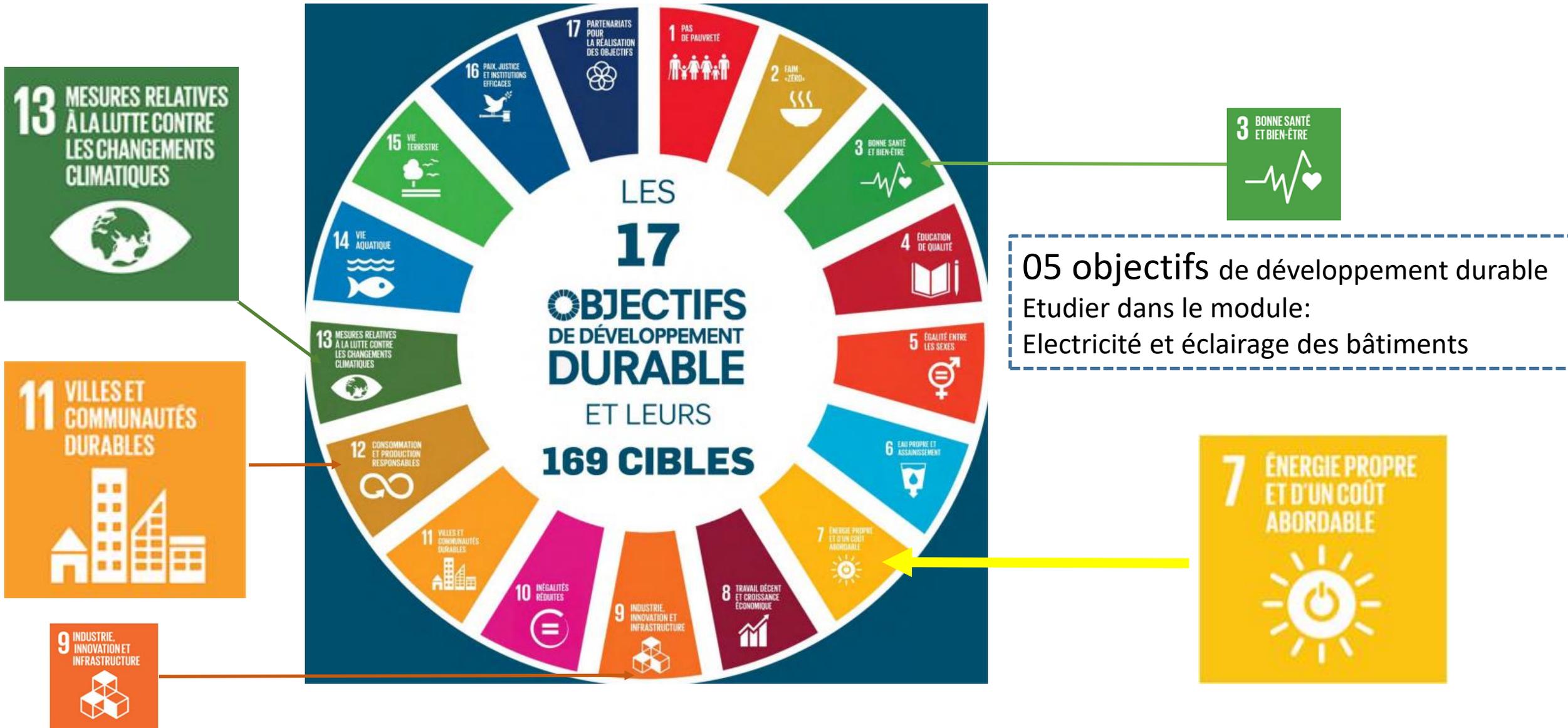
Objectif 16: Promouvoir l'avènement de sociétés pacifiques et ouvertes aux fins du développement durable



Objectif 17: Renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement durable et le revitaliser

Cour 01: Module de ELECTRICITE ET ECLAIRAGE DES BATIMENTS

Agenda de 2030: 17 objectifs de développement durable



Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 02

I-Première partie

1.Confort visuel

1.1Le mécanisme de la vision

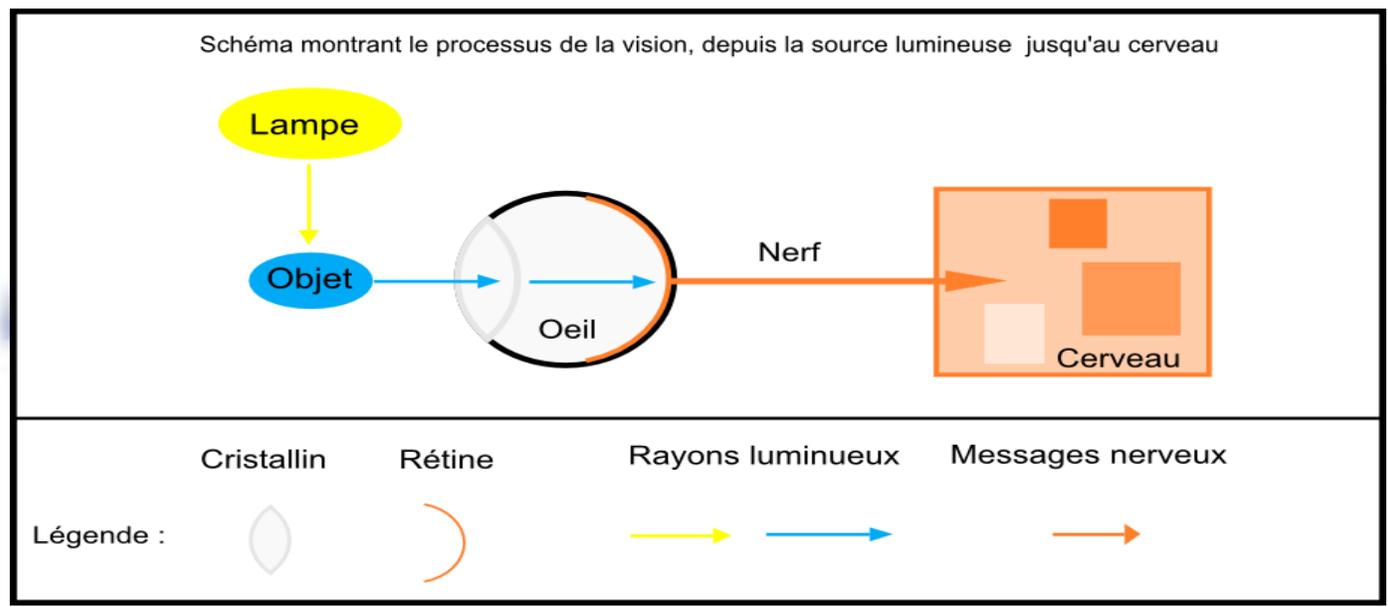
2. Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle

Grandeur photométrique / Le flux lumineux / L'éclairement lumineux / L'intensité lumineuse / La luminance lumineuse /Les instruments de mesures.

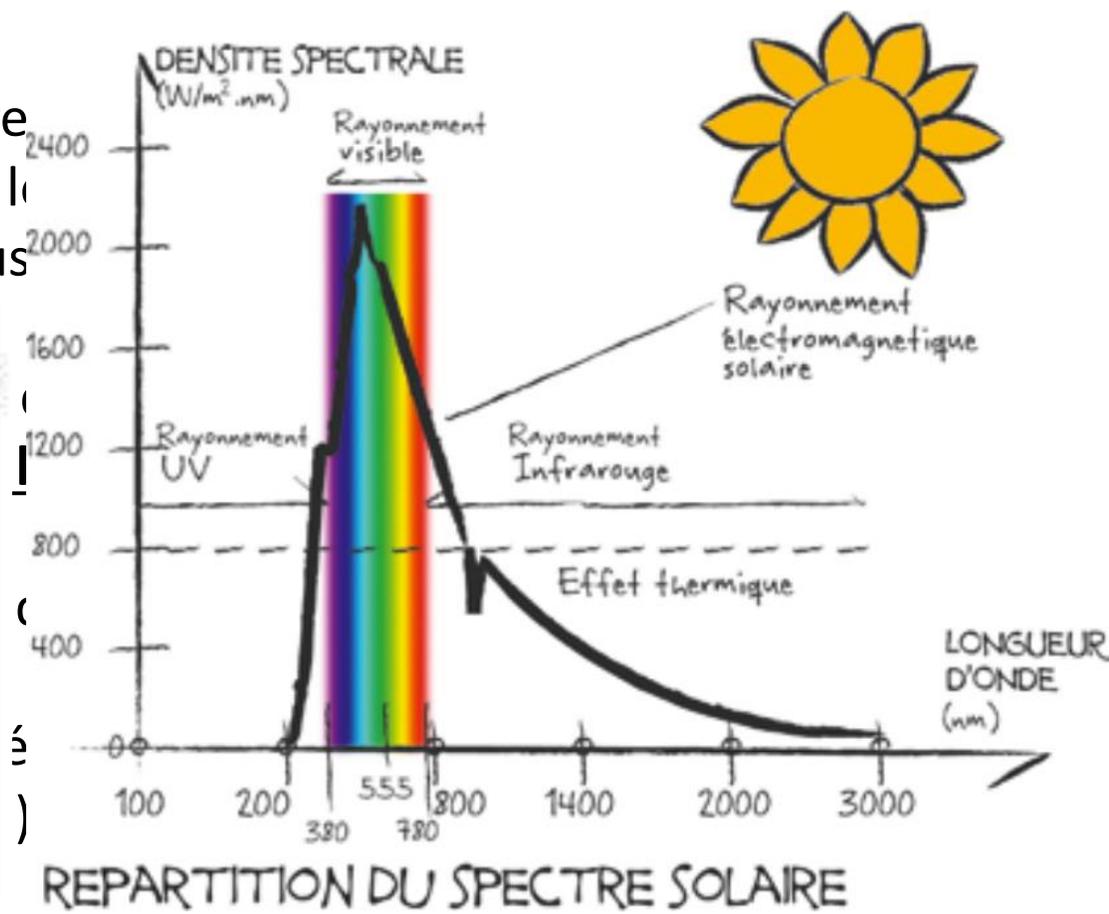
1.Confort visuel

1.1 .Le mécanisme de la vision

La vision est le sens dédié à la perception de lumière rayonnement électromagnétique soit, pour l'œil humain, le 780 nm. La vision fait intervenir de nombreux éléments, aus



La vision de l'oeil au cerveau

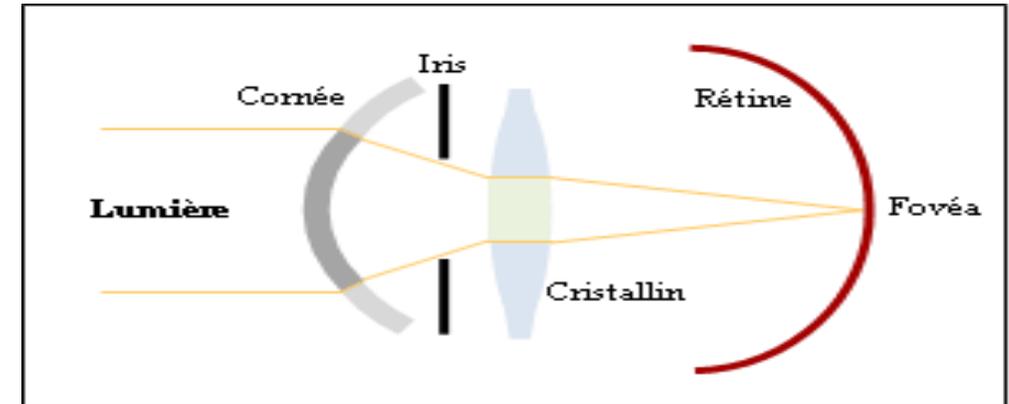


la partie dite visible du rayonnement électromagnétique

1.2 . L'œil humain

L'œil humain est composé d'un ensemble de composants optiques comprenant la cornée, l'iris, la pupille, le cristallin et la rétine. Ces éléments travaillent pour former les images des objets qui se situent dans le champ visuel de la personne.

L'œil perçoit les ondes émises par une source lumineuse. La vue commence lorsque la lumière reflétée d'un élément extérieur entre dans l'œil



L'œil humain

La rétine, membrane multicouche, contient des millions de cellules sensibles à la lumière (cônes et bâtonnets):

-Des bâtonnets, pour distinguer les lumières de faible intensité (voire nocturnes).

-Des cônes, pour percevoir les lumières vives et différencier les couleurs primaires qui permettent la vision des détails, des couleurs et des contrastes.

La rétine agit comme un numériseur et transforme l'image en influx nerveux. L'image est ensuite transmise au cerveau par le nerf optique. Le cerveau l'interprète et nous permet de voir.

Les trois facteurs comm

- La longueur d'onde
- L'intensité : pour
- La durée : pour d

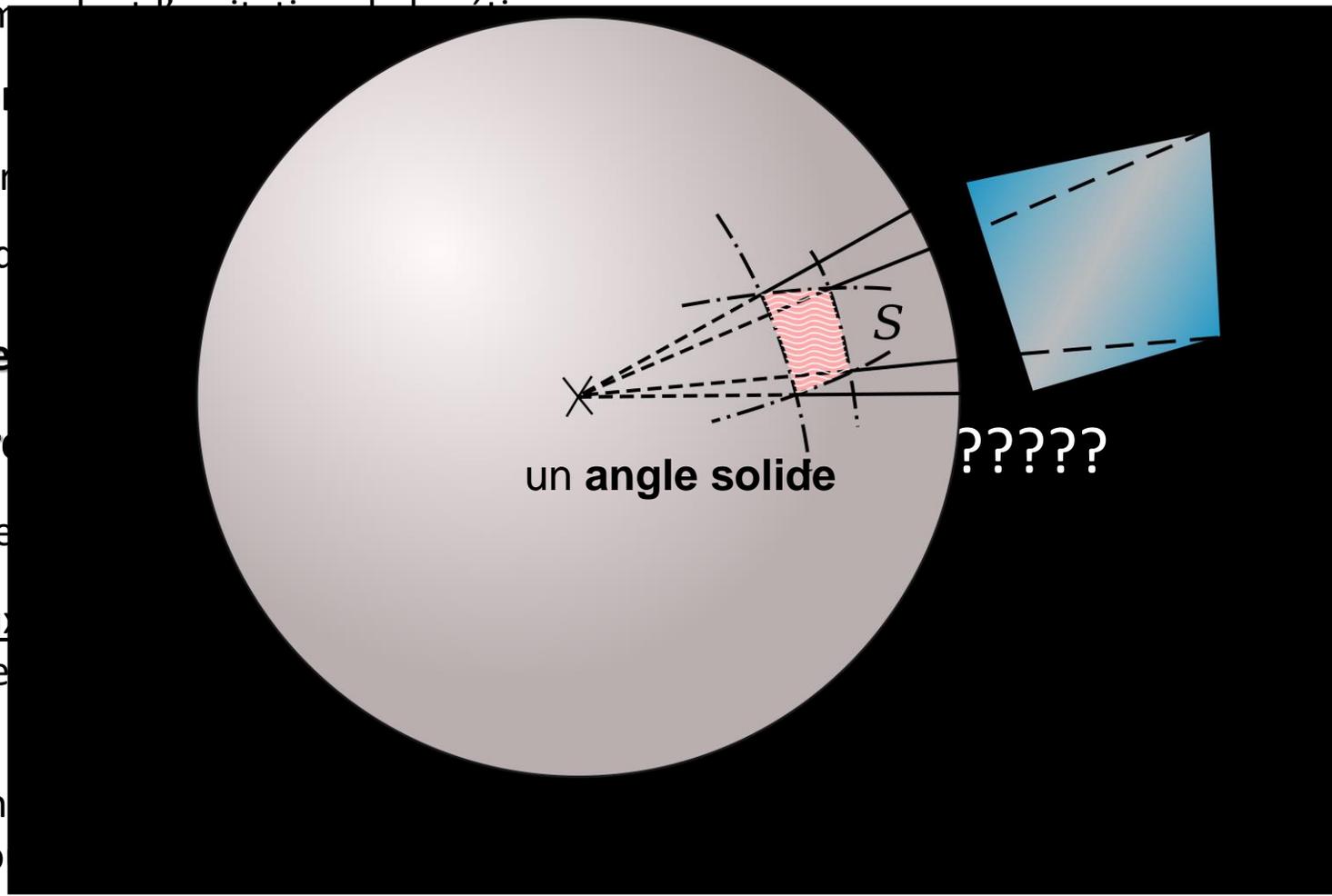
2. Les caractéristique

2.1. Définitions et or

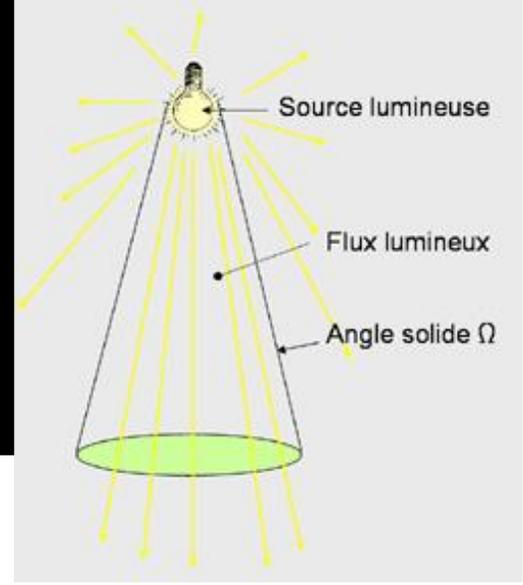
Pour définir la lumière

2.1.1. Le flux lumineux
est le lumen, symbole

Un flux d'1 lumen
d'onde 555nm po



...eure à un certain seuil limite.



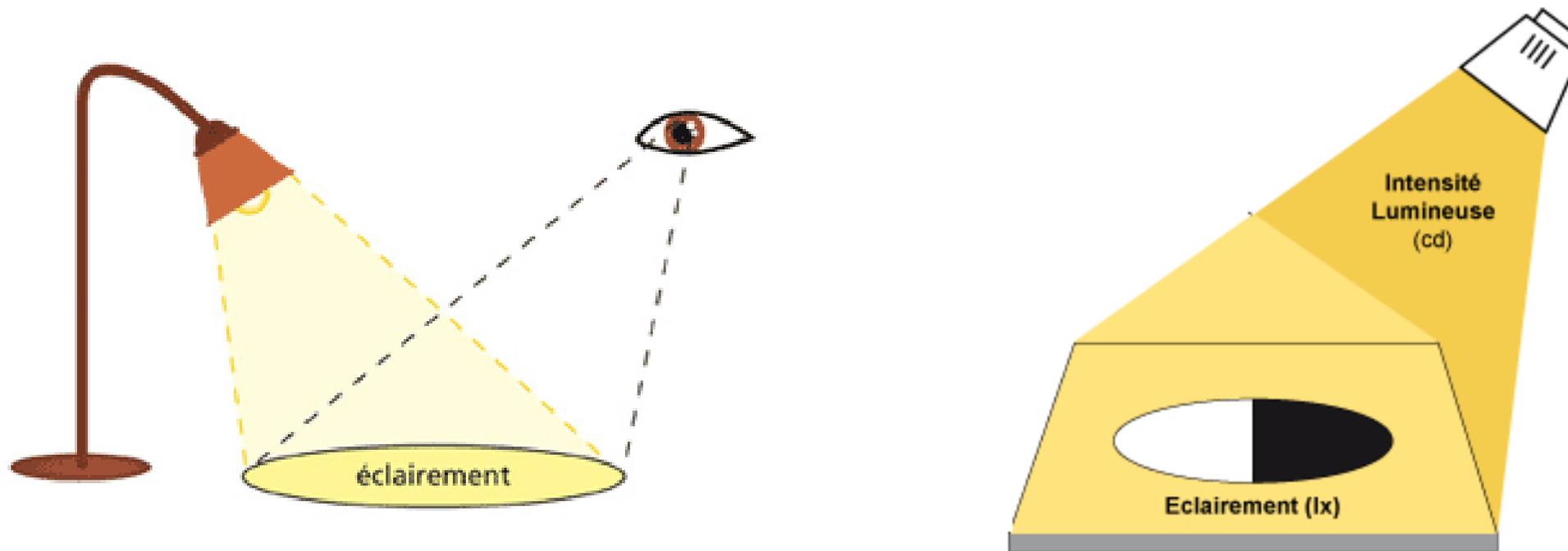
Le flux lumineux

En mathématiques, en géométrie et en physique, un **angle solide** est l'analogue tridimensionnel de l'angle plan ou bidimensionnel

2.1.2. L'éclairement lumineux correspond à un flux lumineux reçu par unité de surface. L'unité d'éclairement lumineux est le lux, symbole lx.

-Un éclairement lumineux de 1 lux, correspond à un flux lumineux de 1 lumen couvrant uniformément une surface de 1 mètre carré (m²).

EXP: En ciel clair à midi en été, l'éclairement horizontal peut atteindre 100 000 lux



L'éclairement lumineux

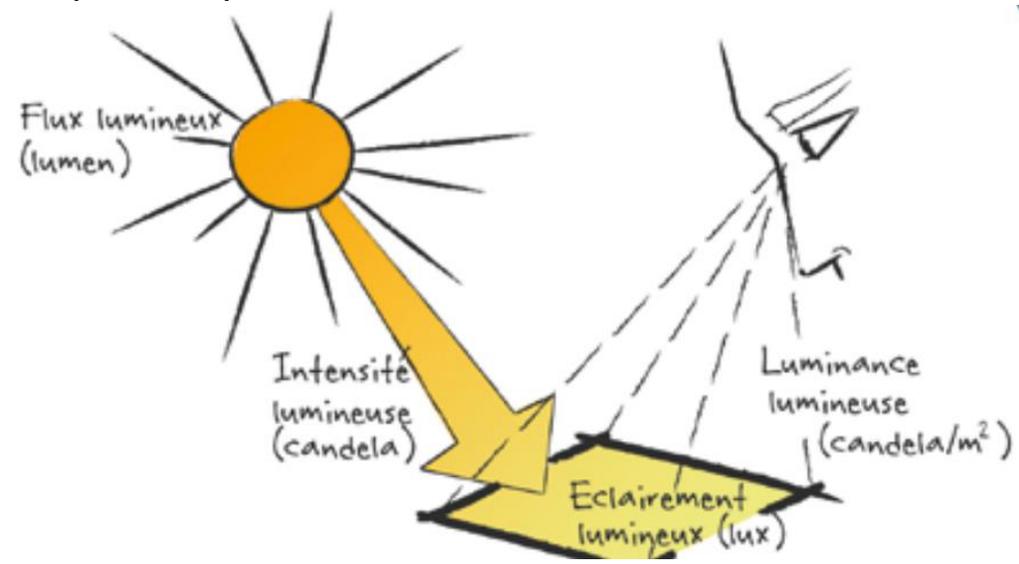
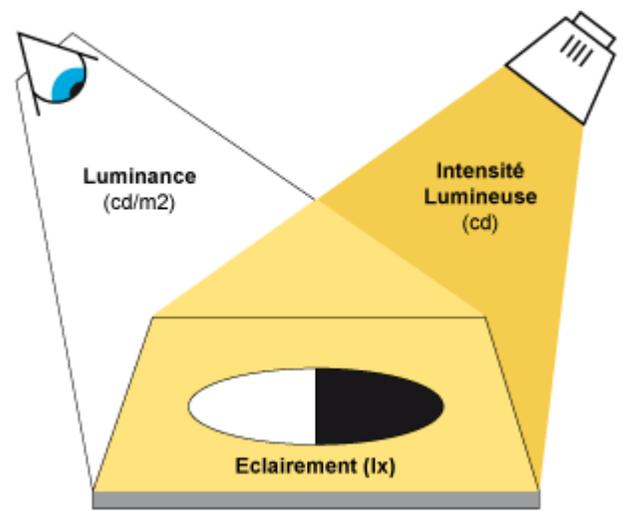
2.1.3. L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par une source lumineuse ponctuelle dans une direction donnée. L'unité de l'intensité lumineuse est la candela, symbole cd

Une intensité de 1 candela correspond à un flux lumineux d'1 lumen dans un angle solide d'1 stéradian, 1 candela correspond à l'intensité lumineuse produite par une bougie.

2.1.4. La luminance lumineuse est l'intensité lumineuse d'une source dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction. L'unité est la candela par mètre carré. Cd/m²

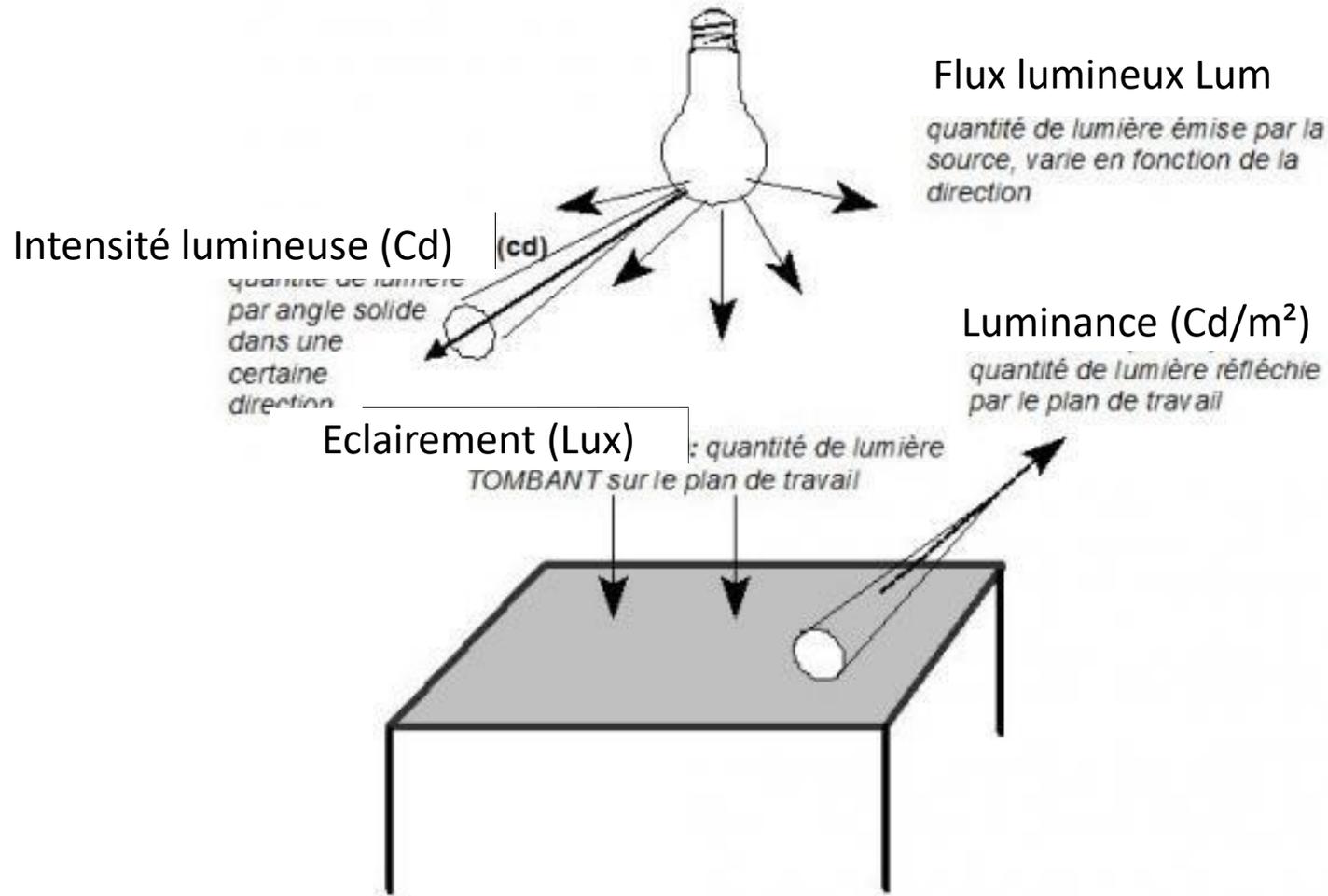
La luminance lumineuse est la seule grandeur photométrique appréciable par le système visuel.

Pour se repérer l'on peut indiquer que la luminance du soleil peut dépasser 10⁹cd/m²



La luminance lumineuse

Récapitulatif question



Les caractéristiques physiques caractéristiques de la lumière.

2.1.5. Les instruments de mesures

5.1. Un luxmètre est un capteur permettant de mesurer simplement et rapidement l'éclairement



Des luxmètres

5.2. luminance mètre est un appareil de mesure utilisé en photométrie pour mesurer la luminance d'une surface



Luminance mètres

Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 03

I-Première partie

3. Relation entre la luminance et l'éclairement d'une surface

4. La Couleur

5. Le rendu des couleurs

6. Confort visuel

L'éclairement de la zone de travail

L'équilibre des luminances

Contraste

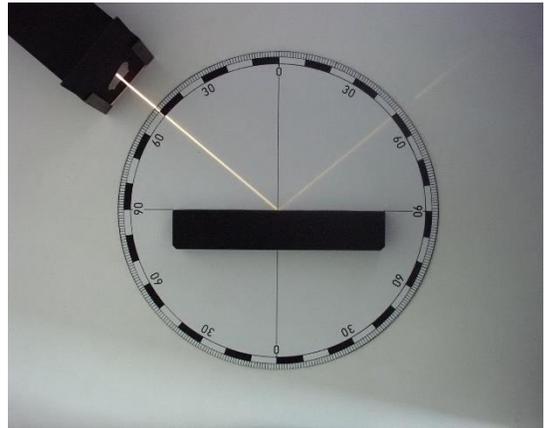
ombres gênantes

éblouissement

Les types Éblouissement

3. Relation entre la luminance et l'éclairement d'une surface

Lorsqu'une surface **reçoit un certain éclairement**, elle réfléchit de la lumière et présente **ainsi une luminance**. Si cette surface **est mate** et parfaitement **diffusante**, il existe une relation simple entre l'éclairement reçu et la luminance de la surface. Il s'agit de la loi de Lambert



$$L = \frac{\rho E}{\pi}$$

L = luminance (apparente) de la surface en cd/m²
ρ = facteur de réflexion
E = éclairement reçu en lm/m²
π = 3,14

4. La 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 le Kelvin (K). Les appellations de sources chaudes ou froides correspondent à des températures de couleur bien définies :

$T_c \leq 3\,300\text{ K}$	$3\,300\text{ K} < T_c \leq 5\,000\text{ K}$	$T_c > 5\,000\text{ K}$
teintes chaudes	teintes intermédiaires	teintes froides



Éclairage de 300 lux couleur chaude.

Éclairage de 300 lux couleur froide.

-Il existe une relation entre la température de couleur et l'éclairage pour que l'ambiance soit confortable

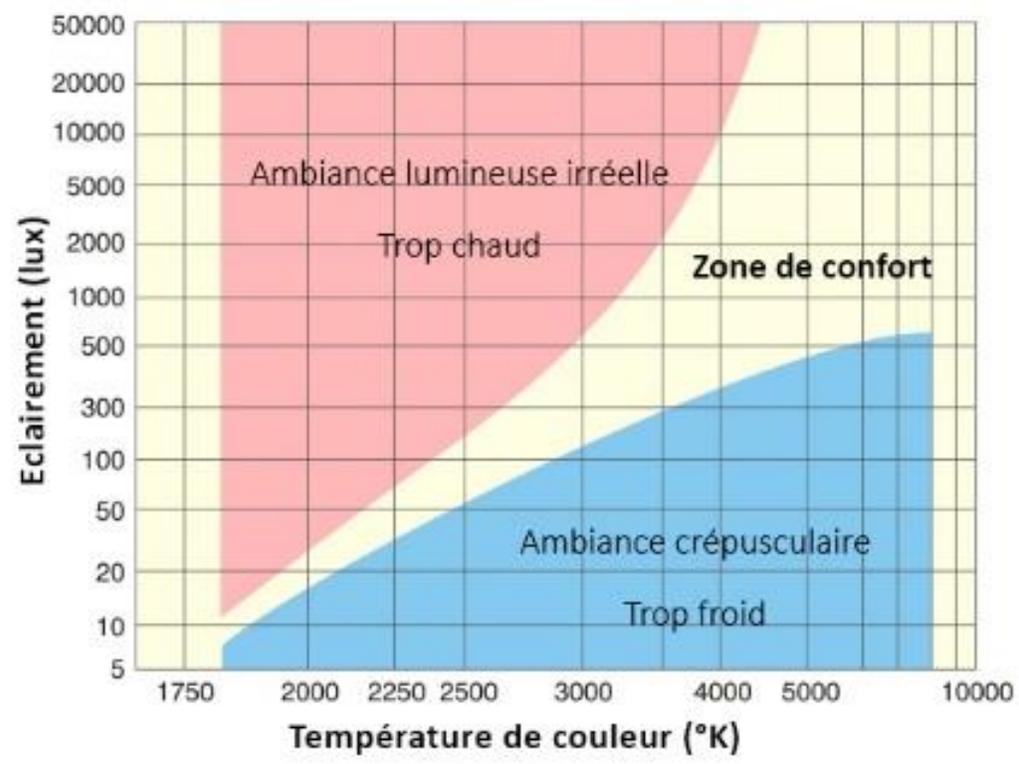


Diagramme de Kruithof

Il faut respecter pour que l'ambiance soit confortable

5. Le rendu des couleurs :

-L'indice de rendu des couleurs (IRC) permet de caractériser la capacité d'une lumière à restituer fidèlement la couleur des objets qu'elle éclaire.

-L'IRC est un chiffre compris entre 1 et 100 qui traduit le degré de concordance entre l'aspect coloré d'un objet éclairé

L'indication de l'IRC d'une source doit toujours être accompagnée de la température de couleur.

Exemple :lampe à incandescence de 60 W :Tc = 2800 K,IRC = 100.



Sous l'éclairage naturel
Ra = 100.



Sous une lampe à vapeur de sodium
Ra = 25.

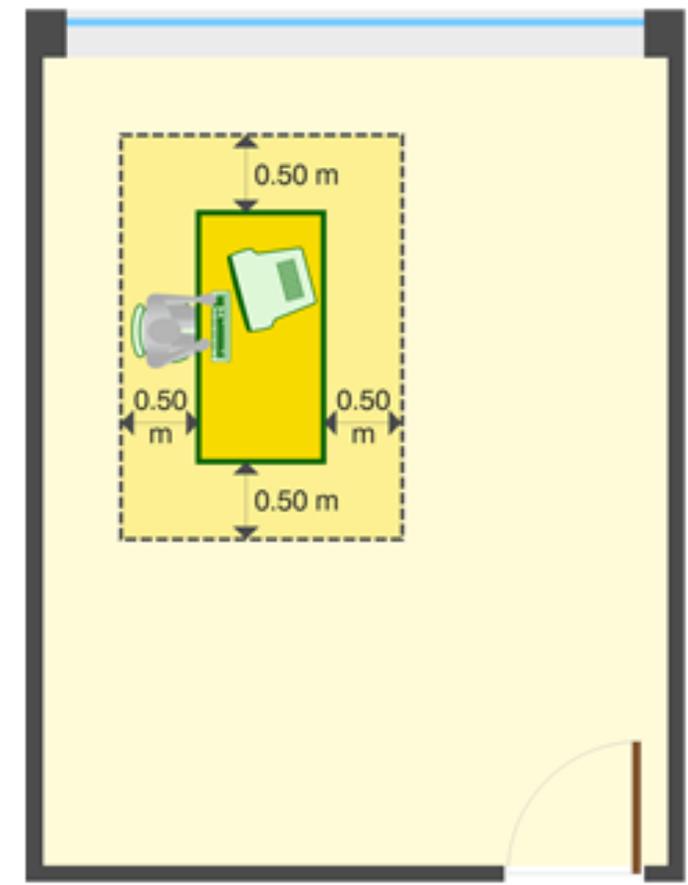
Plage d'IRC	Perception des couleurs
Ra < 25	faible
25 < Ra < 65	moyenne
65 < Ra < 90	bonne
90 < Ra	élevée

On définit des classes d'IRC en fonction de la plage d'IRC :

Classe d'IRC	IRC
1A	Ra > 90
1B	90 > IRC > 80
2	80 > IRC > 60
3	60 > IRC > 40

Tableau 1. Éclairage intérieur

Zones, tâches, activités	Eclairage moyen à maintenir (lux) Valeur minimale	UGR – Valeur maximale	Indice de rendu des couleurs – R _a Valeur minimale
Zone de circulation et couloirs	100	28	40
Escaliers, quai de chargement	150	25	40
Magasins, entrepôts	100	25	60
Magasins de vente, zone de vente	300	22	80
Zone de caisse	500	19	80
Espaces publics, halls d'entrée	100	22	80
Guichets	300	22	80
Restaurants, hôtels	300	22	80
Réception, caisse, concierge	300	22	80
Cuisines	500	22	80
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500	19	80
Salle de conférences	500	19	80
Salle de dessin industriel	750	16	80
Eclairage des bureaux :			
– classement	300	19	80
– dactylographie, lecture	500	19	80
– poste CAO	500	19	80
– réception	300	22	80
– archives	200	25	80



- Zone 500 lux (zone de travail)
- Zone 300 lux (zone environnante immédiate)
- Zone 100 lux (zone de fond)

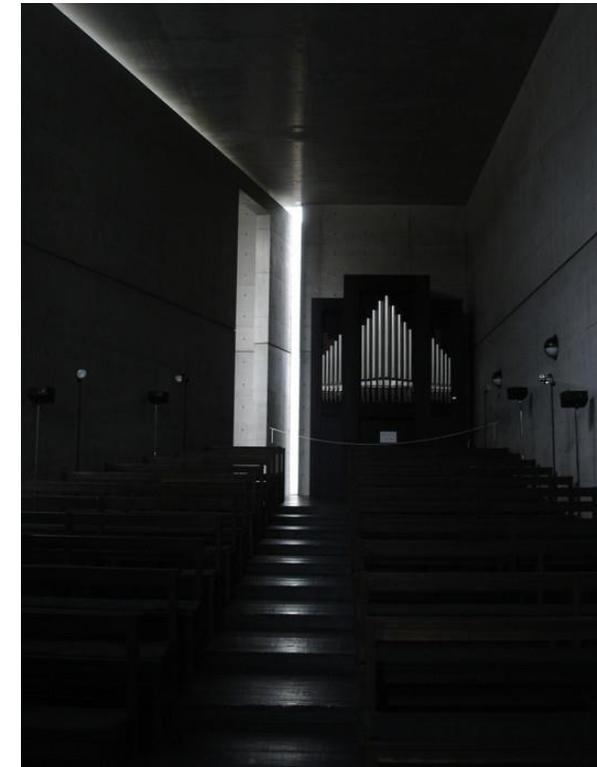
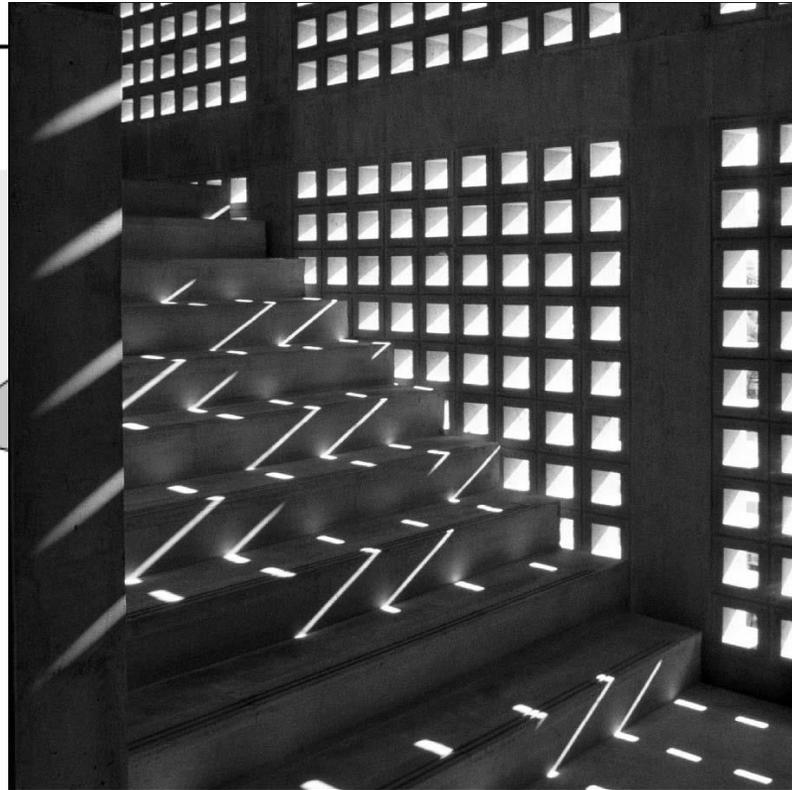
Le tableau 1 donne les prescriptions définies sur quelques applications choisies parmi les 270 zones, tâches ou types d'activité décrits dans la norme NF EN 12464-1

B/-L'équilibre des luminances : on préconise, en règle générale, d'éclairer au maximum la zone centrale du champ visuel et de décroître progressivement les luminances vers la périphérie.

Contraste : 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 'C'**



Les rapports de luminance présents dans le local

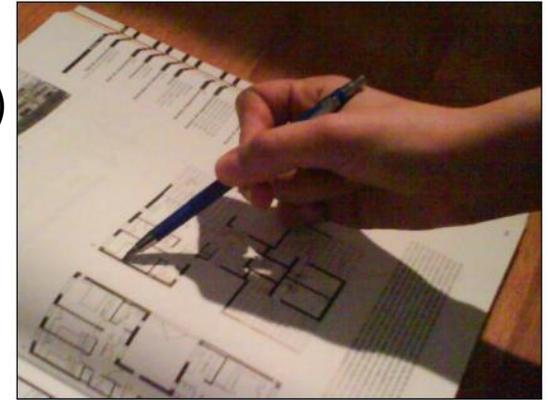


C /- L'absence ombres gênantes

Les ombres qui sont créées par la présence d'un élément **entre la tâche visuelle** et la **source lumineuse** sont mauvaises pour la vision puisqu'elles **diminuent fortement les contrastes**. Le travail de **lecture ou d'écriture** ne peut être perturbé par des ombres parasites. Il faut donc éviter les situations suivantes :



- Un éclairage latéral venant de droite pour les droitiers (figure ci-contre)
- Un éclairage provenant du dos des occupants



D/- L'absence d'éblouissement

Éblouissement ????



L'éblouissement résulte de conditions de vision dans lesquelles l'individu est moins apte à percevoir les objets, suite à des luminances ou à des contrastes de luminance excessifs dans l'espace et dans le temps

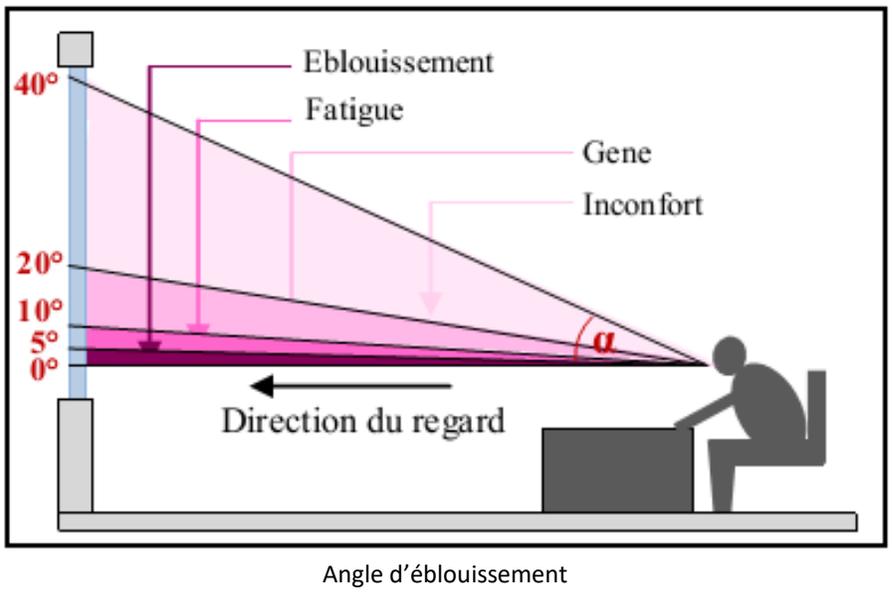


EXP



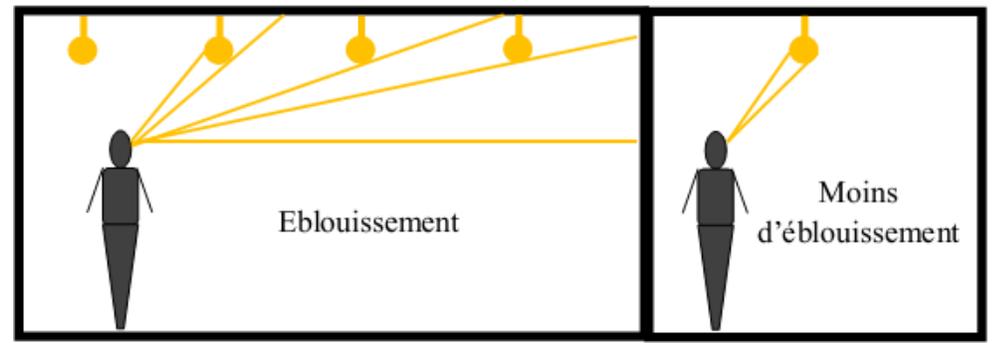
Éblouissement sortie de tunnel
Solutions ???

En éclairage naturel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres ou par des parois réfléchissant trop fortement, le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines



Les facteurs impliqués dans l'éblouissement sont

- 1- La hauteur de l'installation du système d'éclairage
- 2- Les dimensions de la pièce



Quelle sont les types Éblouissement ????

Suivant l'origine de l'éblouissement, on peut distinguer :

D/1-L'éblouissement direct : il est causé par la présence d'une source lumineuse intense située dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine,

On peut distinguer deux types d'éblouissement direct

1. l'éblouissement d'inconfort qui résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées.

Cree **un inconfort sans** pour autant empêcher **la vue de certains objets** ou détails

2. l'éblouissement invalidant qui est provoqué par la vue d'une luminan

ips très court

Empêche la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inc



l'éblouissement invalidant



Eblouissement direct

D/2-L'éblouissement indirect

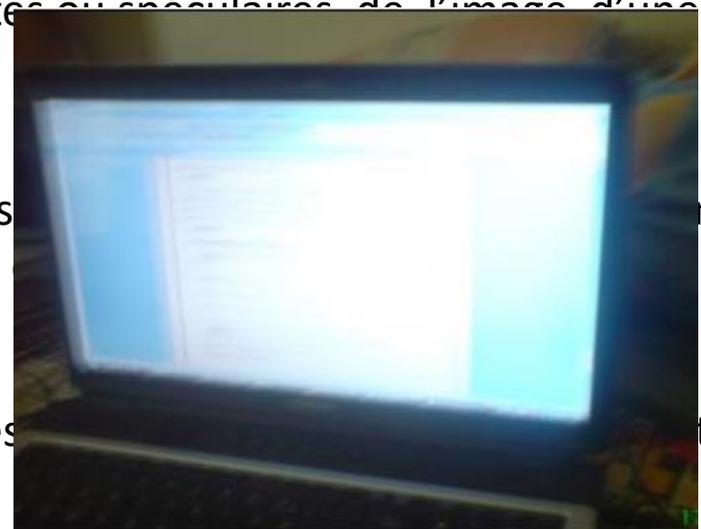
Il provient d'une réflexion perturbatrice des sources lumineuses sur des surfaces spéculaires ou brillantes, telles que le papier, une table ou un écran d'ordinateur.

Il se présente sous deux formes: l'éblouissement par réflexion et l'éblouissement par effet de voile.

L'éblouissement Réfléchi : est produit par la réflexion sur des surfaces brillantes ou spéculaires de l'image d'une source de lumière vers l'œil de l'observateur.

L'éblouissement de voile: apparaît lorsque des petites surfaces de la tâche visuelle réfléchissent la lumière venant d'une source lumineuse et réduisent ainsi le contraste entre la tâche visuelle et son fond.

D/3-L'éblouissement perturbateur : il se produit quand la luminance atteint des seuils élevés ; il devient trop important ; il entraîne une perte momentanée de la vision.



Eblouissement par réflexion

D/4-L'éblouissement inconfortable : il entraîne une diminution de la performance visuelle sans atteindre le seuil de la douleur.

Evaluer le confort visuel de la scène suivante?

Existe-t-il un éblouissement?

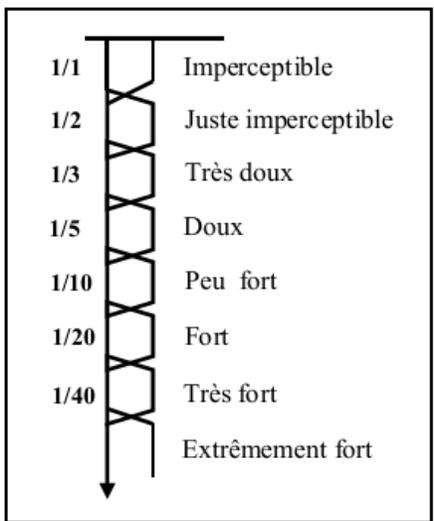
Quelle types????



Evaluer le confort visuel de la scène suivante?

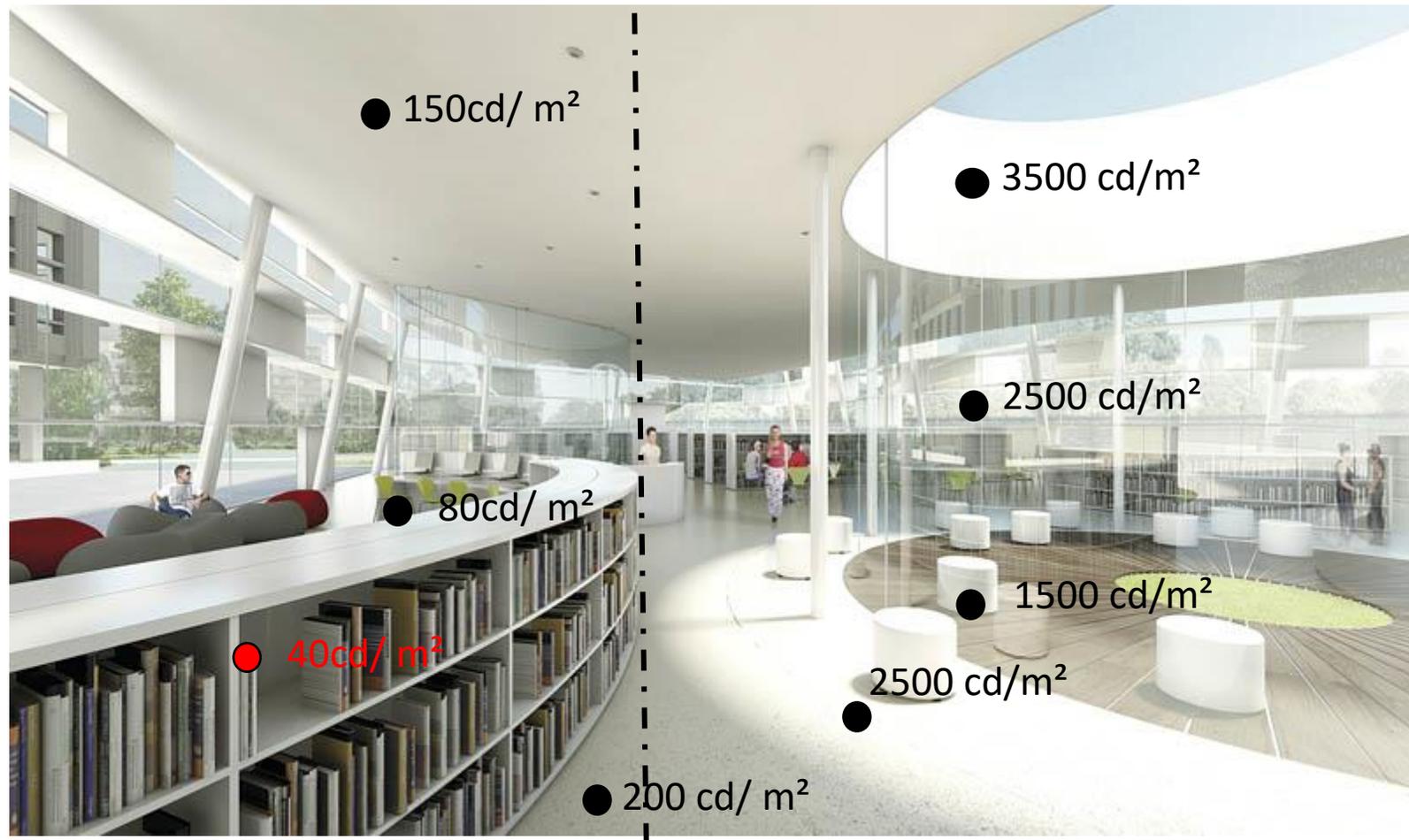
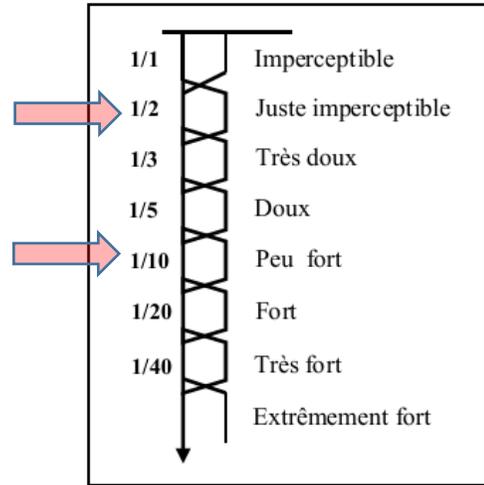
Existe-t-il un éblouissement?

comment qualifiez vous les contrastes?



Le contraste comme outil de conception architecturale

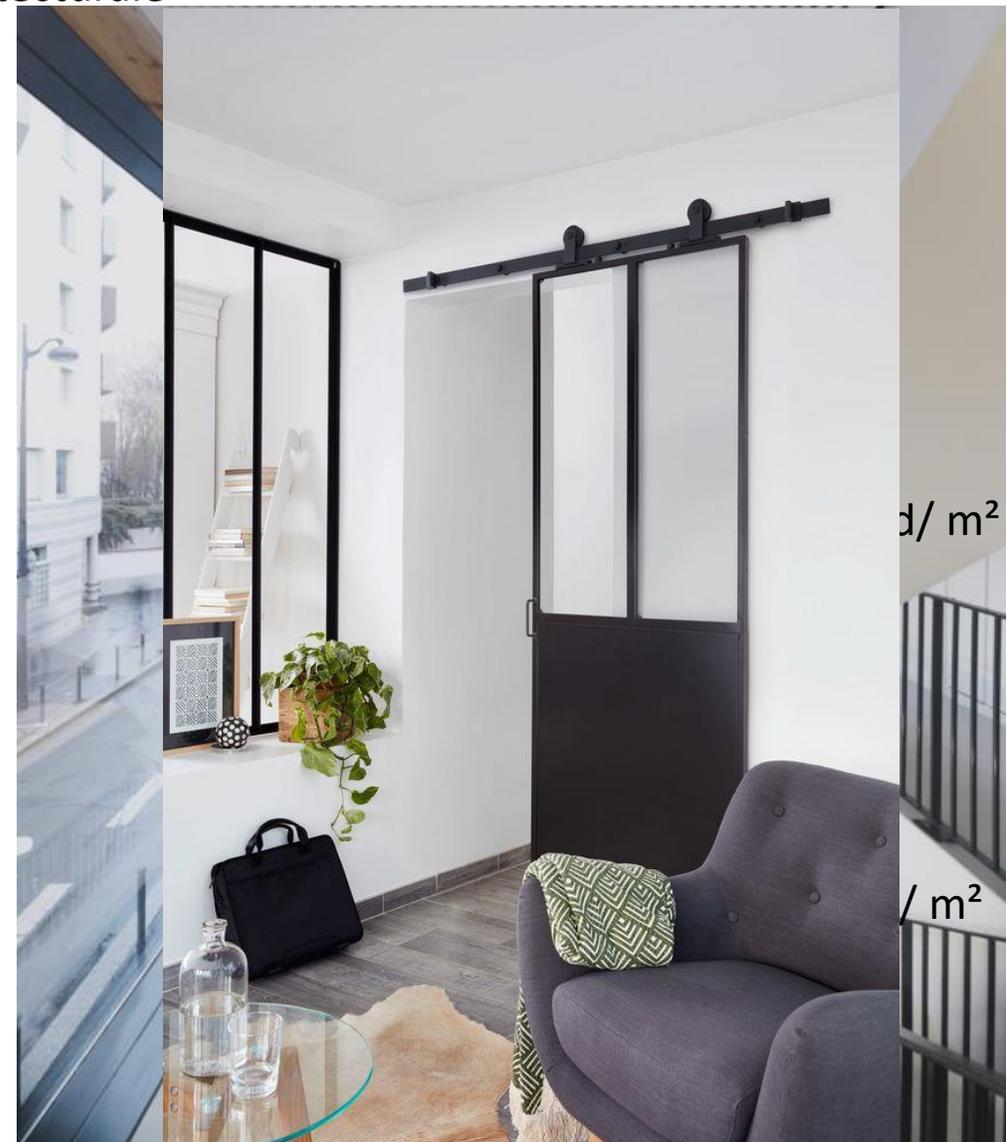
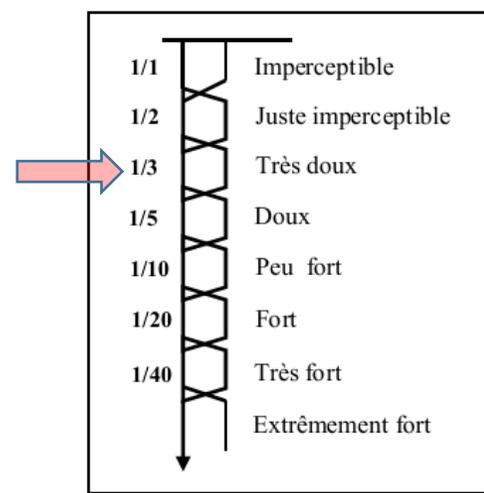
Le contraste = limite



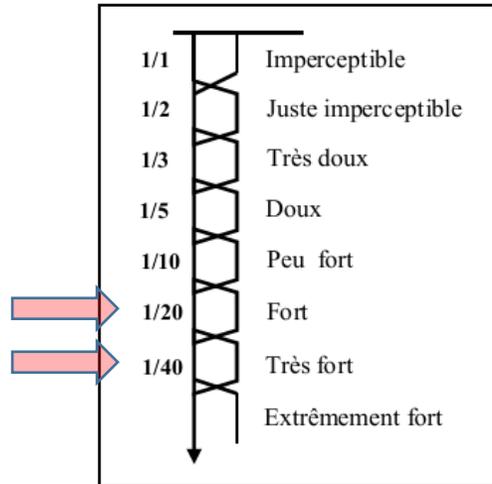
Zone 02

Zone 01

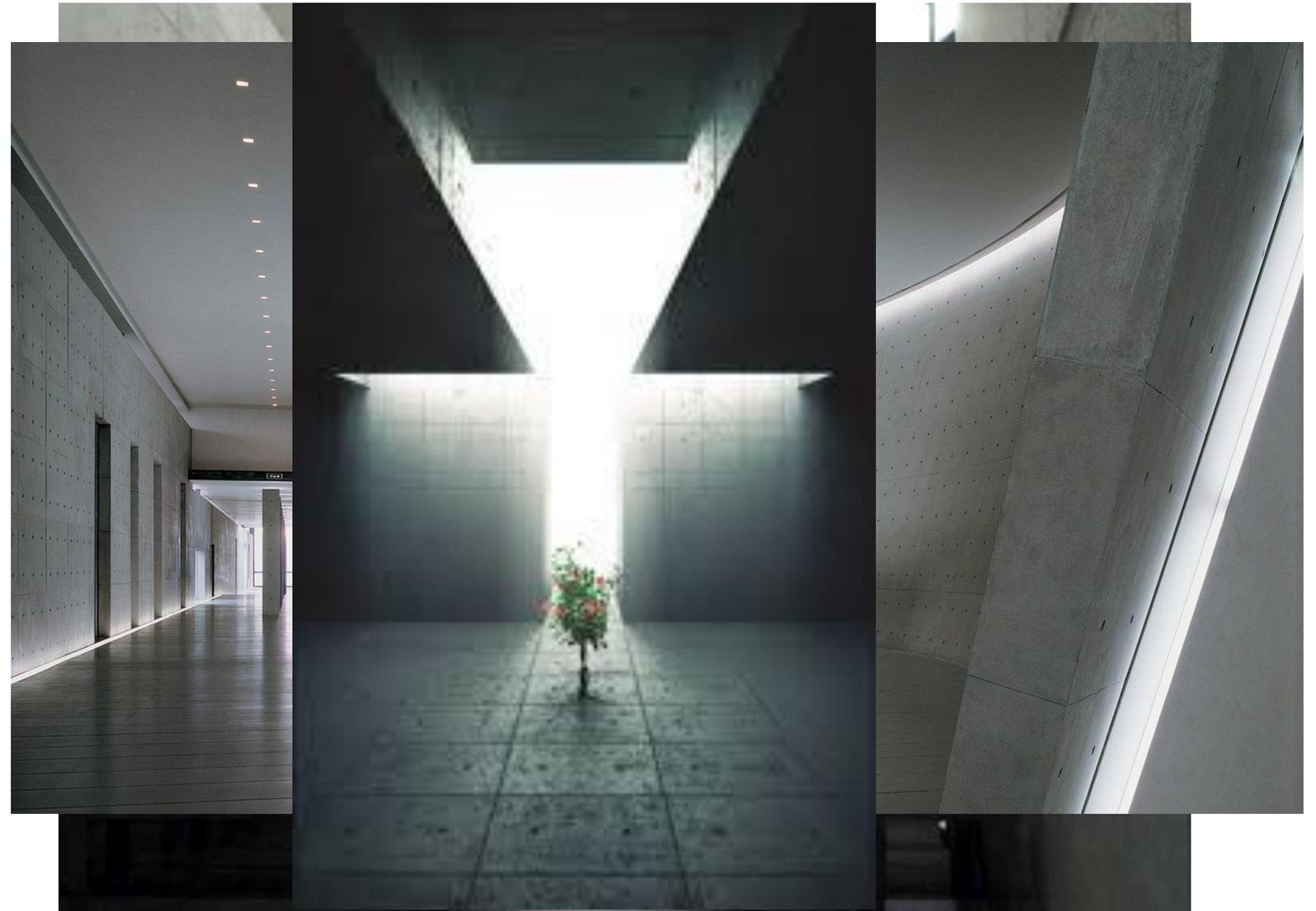
Le contrat comme outil de conception architecturale



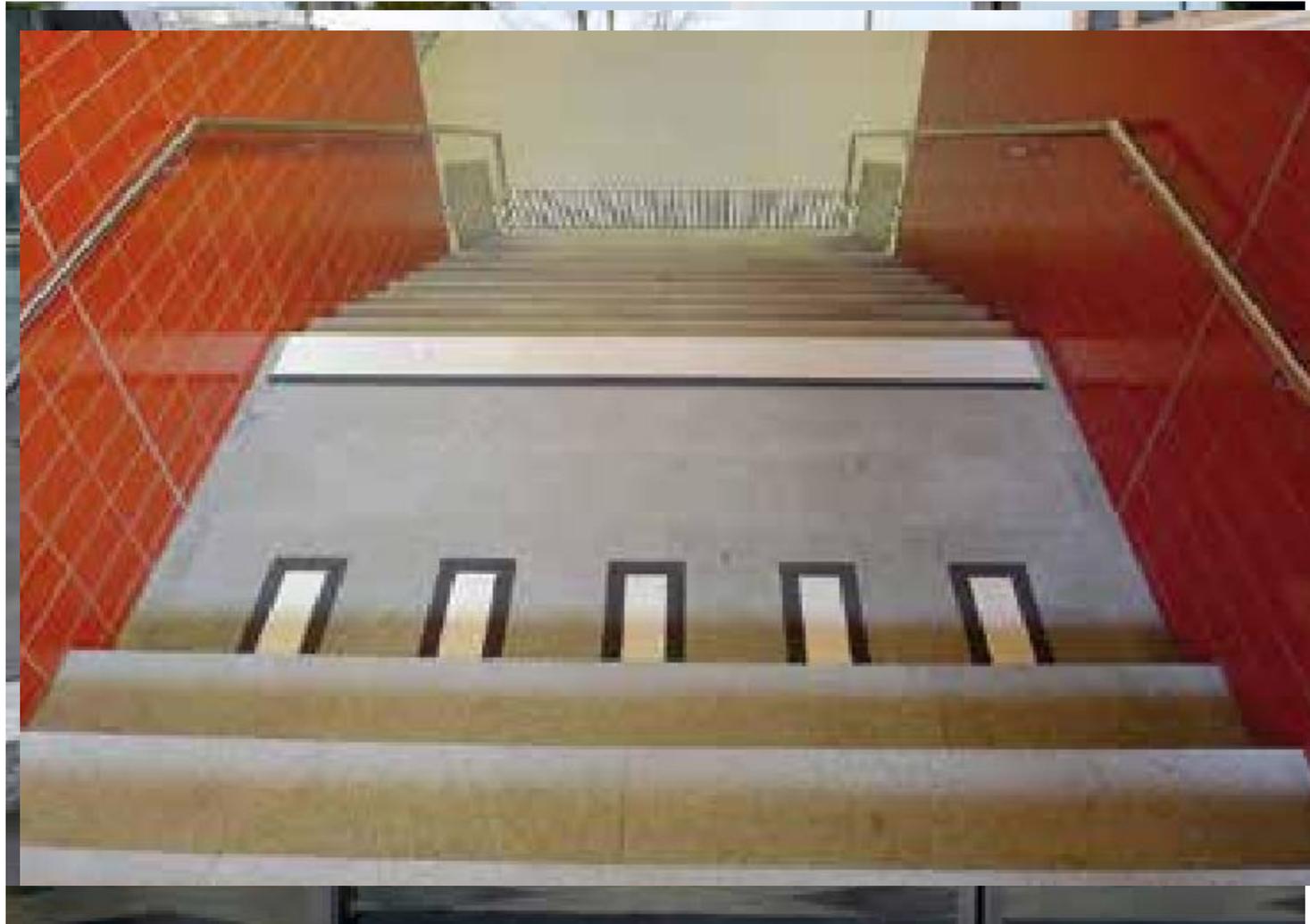
Le contrat comme outil de conception architecturale



Tadao ando ??



Le contrat comme outil de conception architecturale



Ces gradins offrent un contraste marqué par rapport au revêtement de la place.

E/-Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable

Toute source lumineuse, qu'elle soit naturelle ou artificielle, présente un spectre lumineux qui lui est particulier. La lumière naturelle provenant du rayonnement du soleil et du ciel présente un spectre visible de forme continue

par définition, la lumière dite blanche : c'est la seule qui permette à l'œil d'apprécier avec la plus grande exactitude la couleur des objets et les plus délicates de leurs nuances.



E/- La relation au monde extérieur

La lumière naturelle est l'un des éléments dont l'homme a toujours besoin et qui a un grand impact sur ses activités. Elle influence le bien-être des occupants d'un local. Dans un espace architectural, la fenêtre est un moyen de communication, un lien visuel qui permet à l'homme de rester en relation permanente avec le monde extérieur.



La relation au monde extérieur

Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 04

I-Première partie

7.Le champ visuel

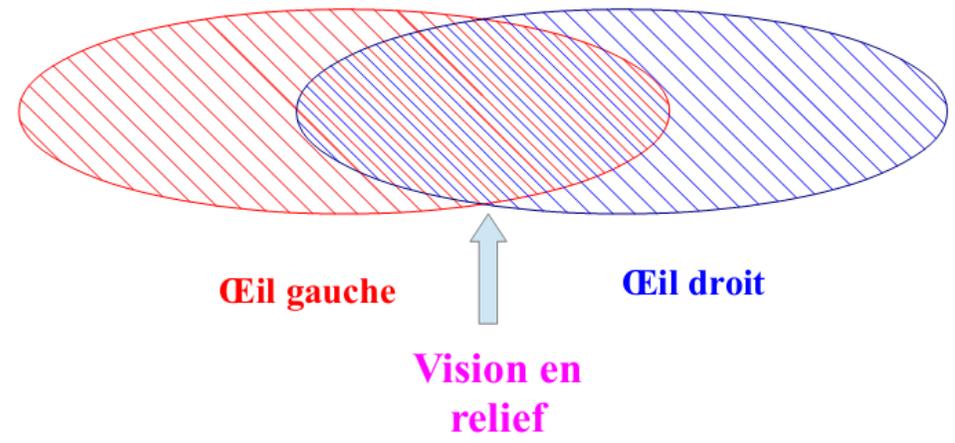
Limites verticales
Limites horizontales

8. Dispositifs d'éclairage naturel

Environnement extérieur

7. Le champ visuel

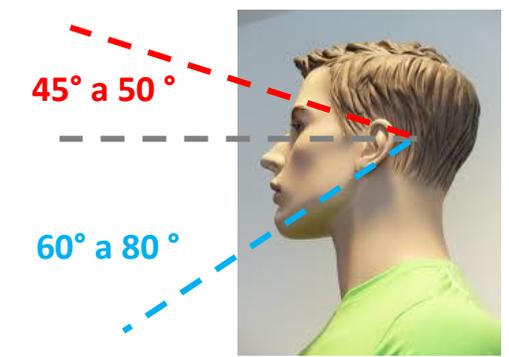
-Définition : c'est l'ensemble de la zone visible par les yeux.



- Chaque œil voit une zone Différente mais qui recouvre en partie celle de l'autre œil
- Le cerveau associe les 2 parties communes du champ visuel pour créer une perception du relief (la vision du relief).

7.1. Limites verticales

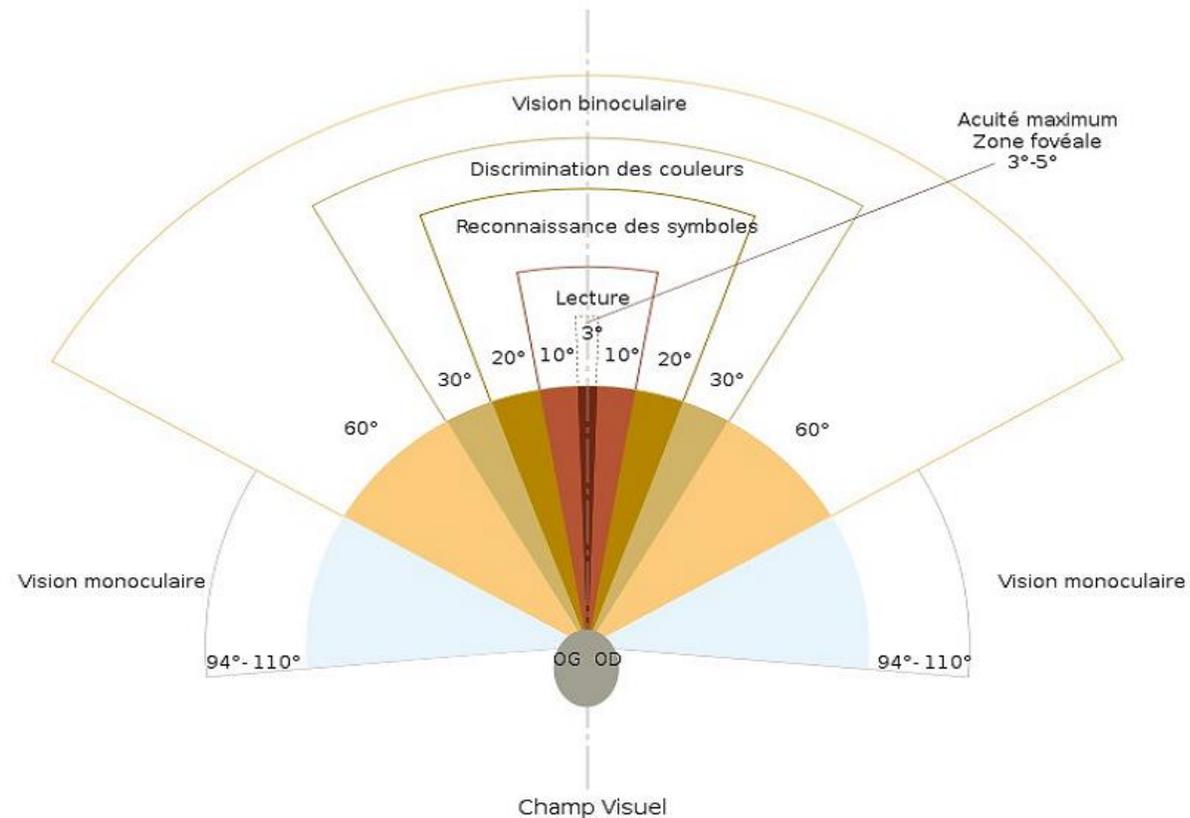
- Le champ visuel est plus important vers le bas que vers le haut (limité par l'arcade sourcilière).



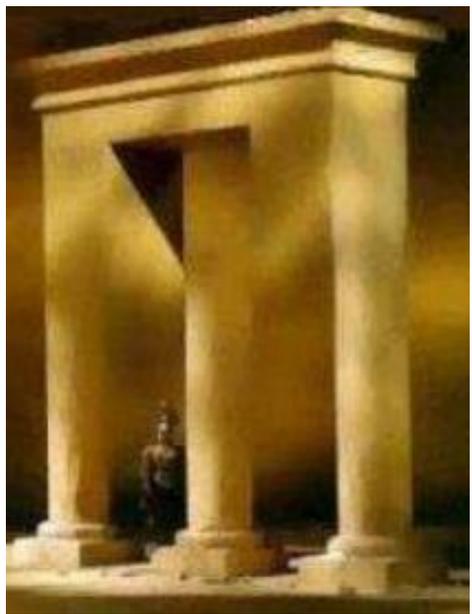
7.2. Limites horizontales

Le champ visuel est limité par le nez à l'intérieur mais il est aussi étendu pour l'œil droit et que pour le gauche.

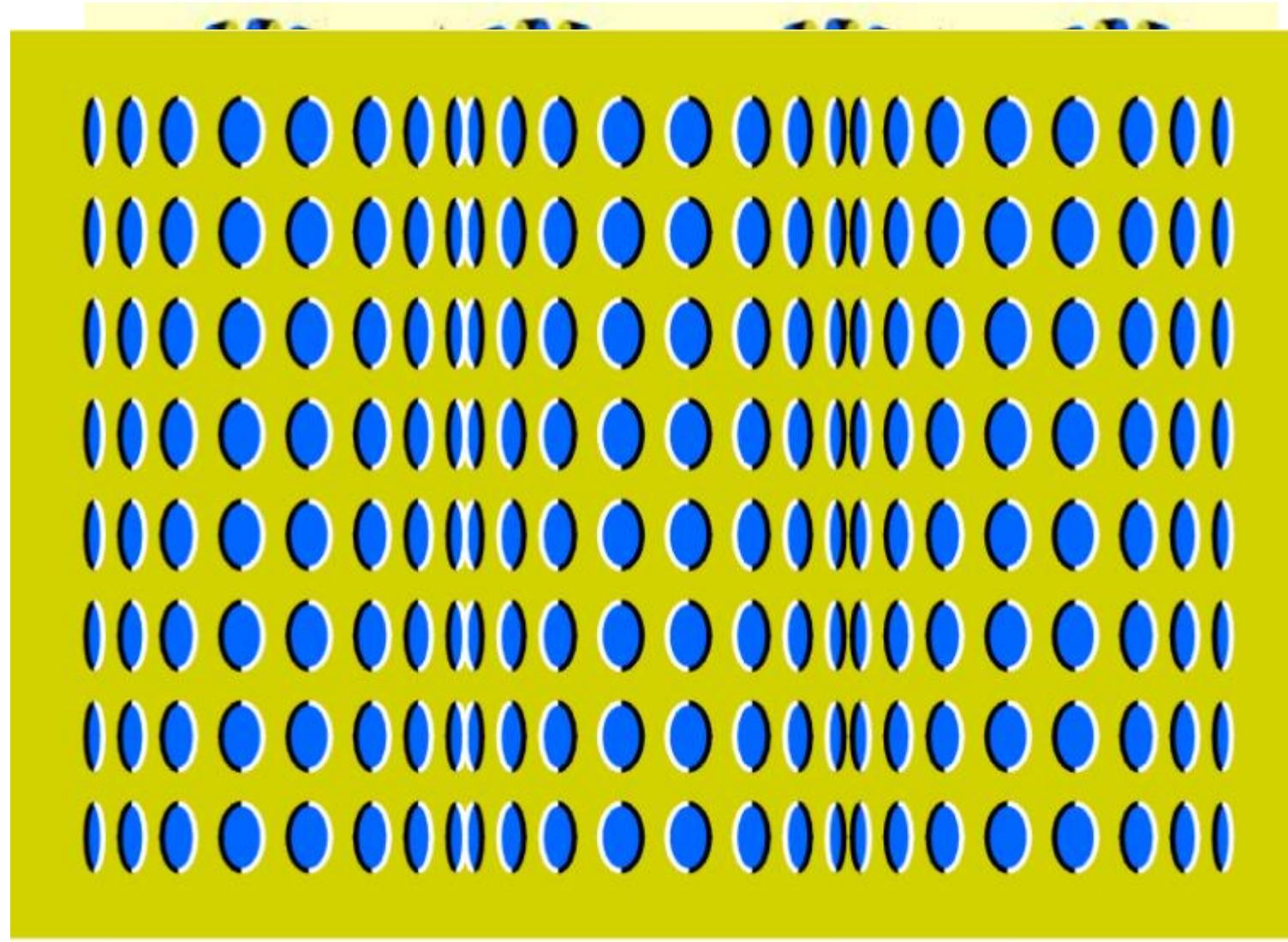
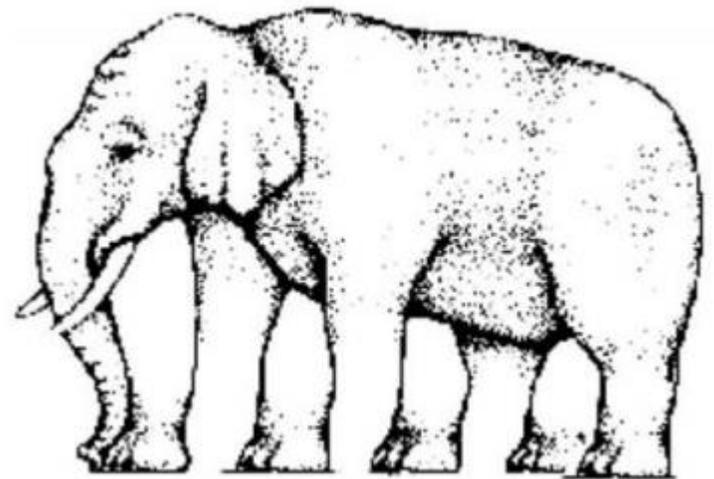
Cependant la qualité de la vision n'est pas la même dans tout le champ visuel mais; suivant l'angle de vision. C'est au centre du champ visuel que la vision est la meilleure.



Illusion Exemples

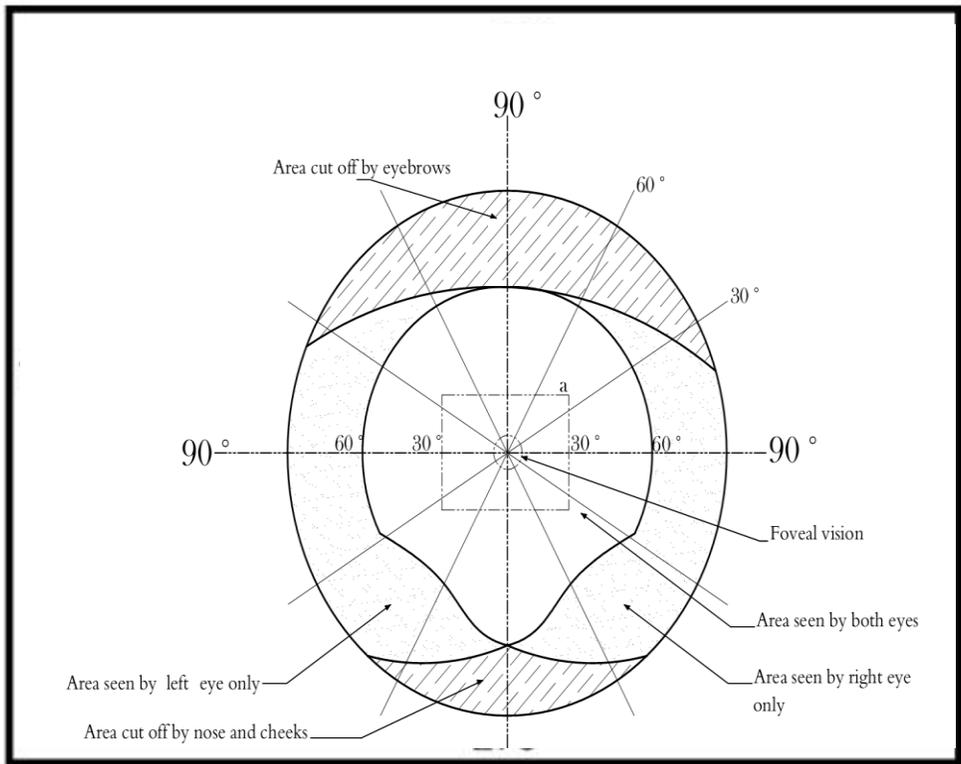


Combien y a t'il de colonnes, de pattes ?



Source: Akiyoshi KITAOKA, Department of Psychology, Ritsumeikan

La vision stéréoscopique



Le champ visuel



Fig. 2. The same workplace under three different lighting configurations of class room.

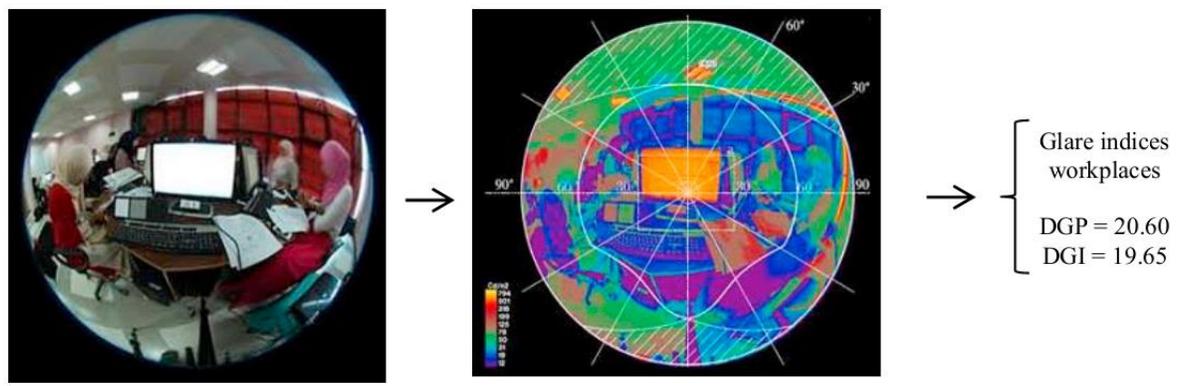
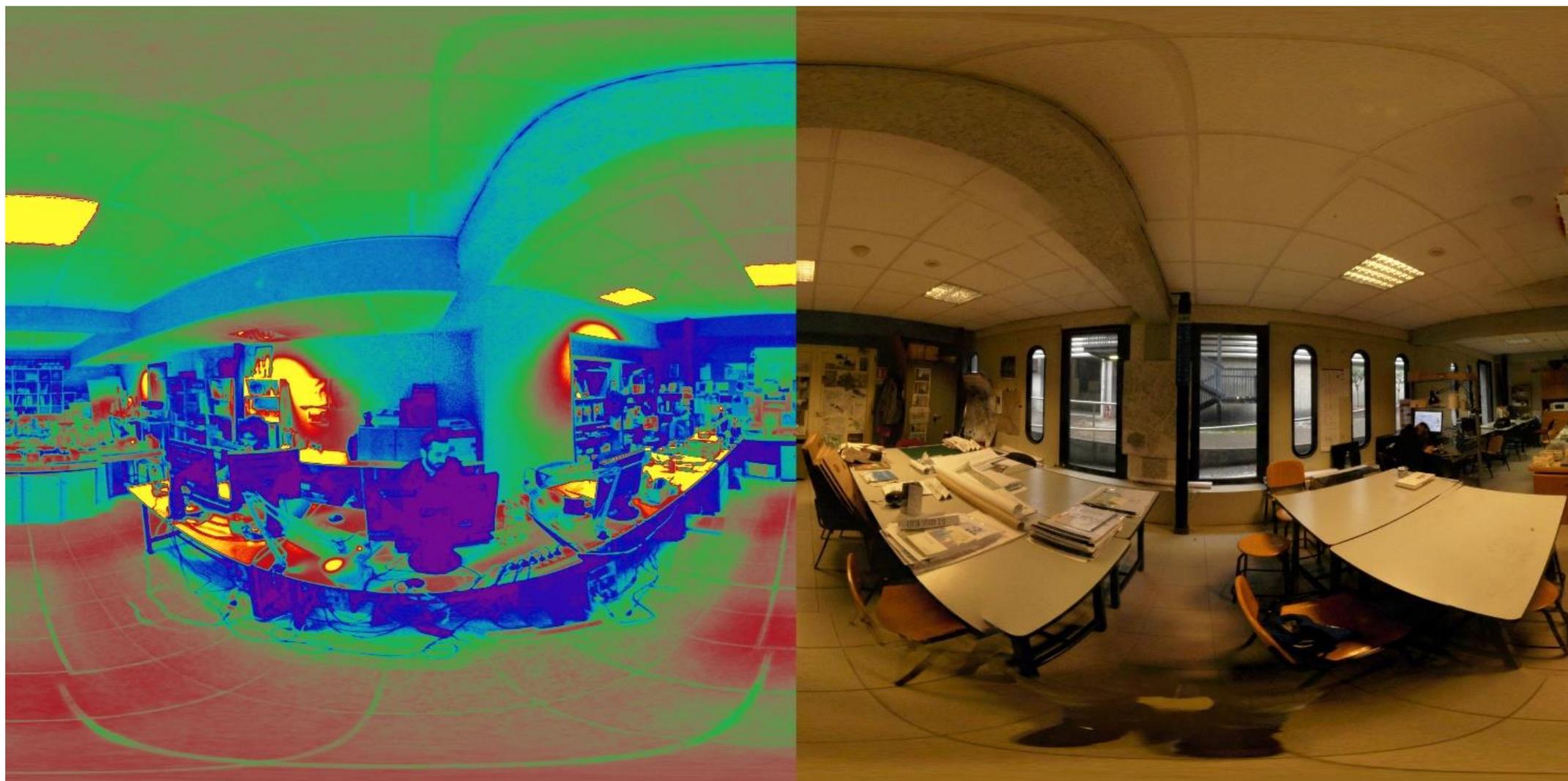


Fig. 1. Image processing / Glare indices

Images panoramique 360°



Le champ visuel a 360°

Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

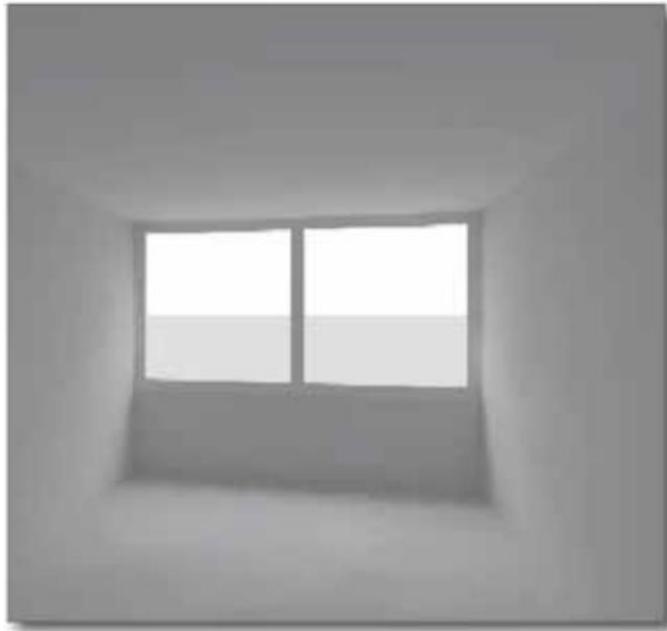
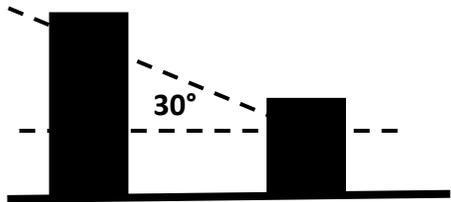
Cour 05

8. Environnement lumineux et Dispositifs d'éclairage naturel

8.1. Environnement extérieur

- Les Masques

La présence de masques extérieurs se traduit le plus souvent par une réduction importante de la quantité de lumière disponible



-Un masque dont la hauteur angulaire au dessus de l'horizon est de **30°**, **réduit de 30%** la valeur moyenne de l'éclairement dans un local de bureau « typique » (h = 2.50m, L = 5.50m, l = 3.50m) source (EPFL-ENAC 2007)

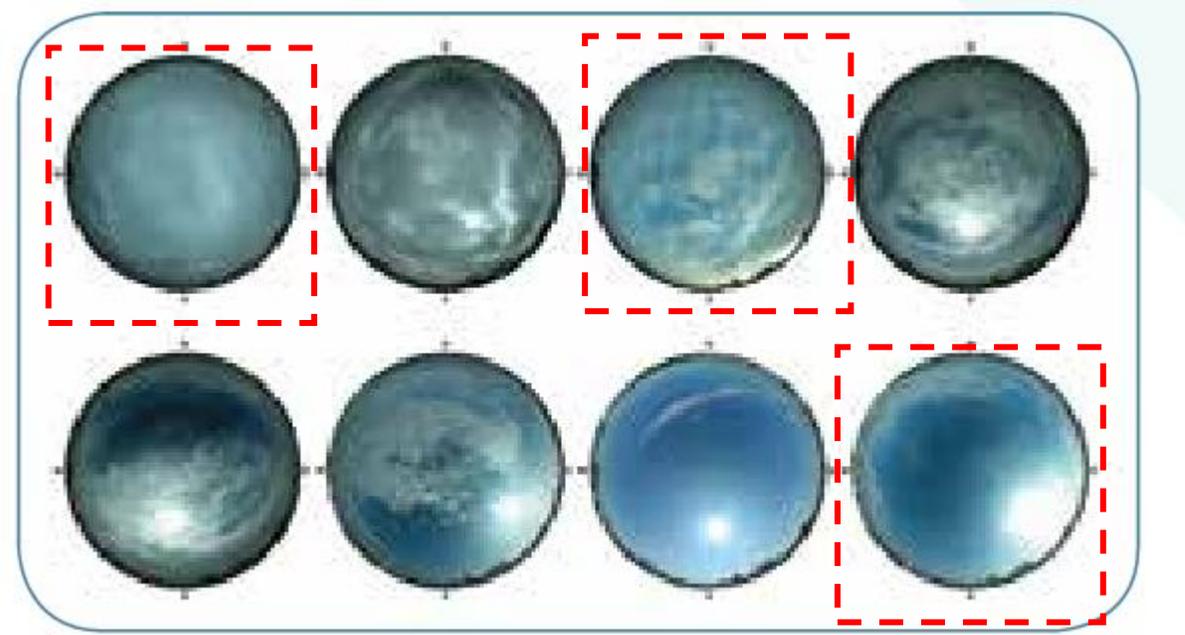
8.2 Environnement extérieur

• Les ciels réels

Les mesures montrent que l'éclairement horizontal extérieur varie selon les types de ciel et selon le lieu, dans nos latitudes :

- entre moins de **5 000 lux** l'hiver et plus de **40 000 lux** l'été sous ciel couvert,
- au delà de **100 000 lux** en été sous ciel clair. (CIE)

La fréquence d'occurrence des différents types de ciel réel (**clair, couvert ou intermédiaire**) varie selon la couverture nuageuse, qui elle-même dépend de la localisation géographique ou encore des saisons



Types des ciels CIE

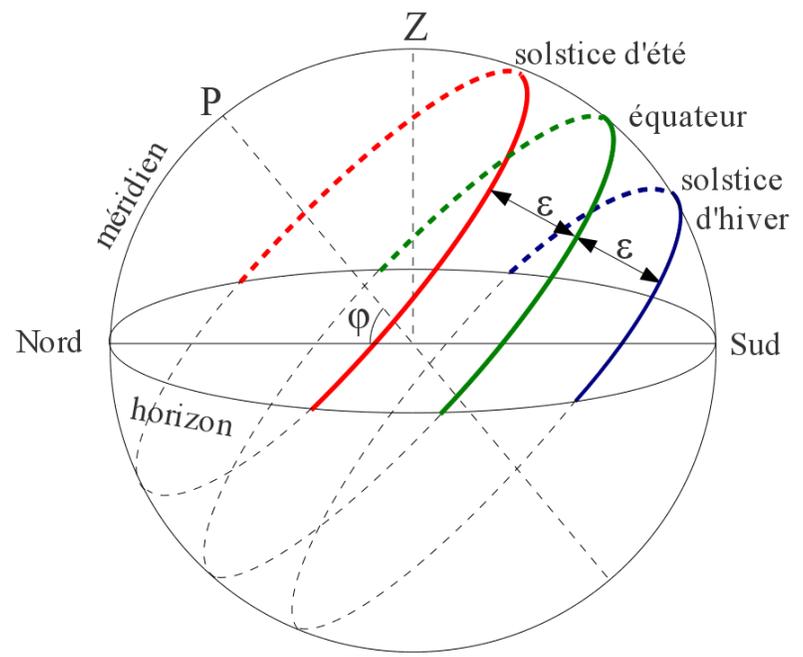
Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 06

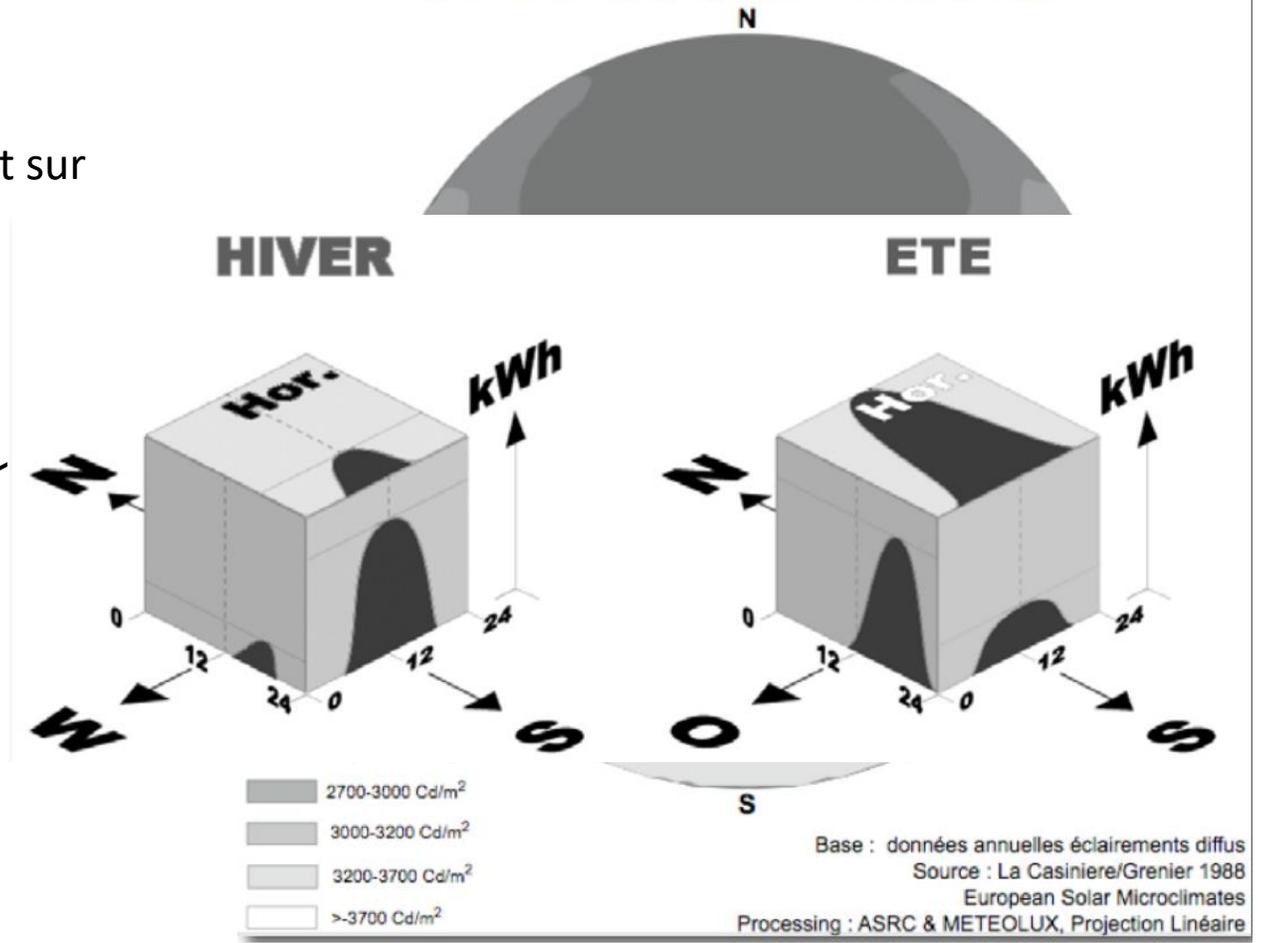
8. Environnement lumineux et Dispositifs d'éclairage naturel

Orientation

- En cumul annuel, la partie Nord de la voûte céleste est la moins lumineuse
- En conséquence, les locaux dont les ouvertures donnent sur cette orientation seront nettement défavorisés



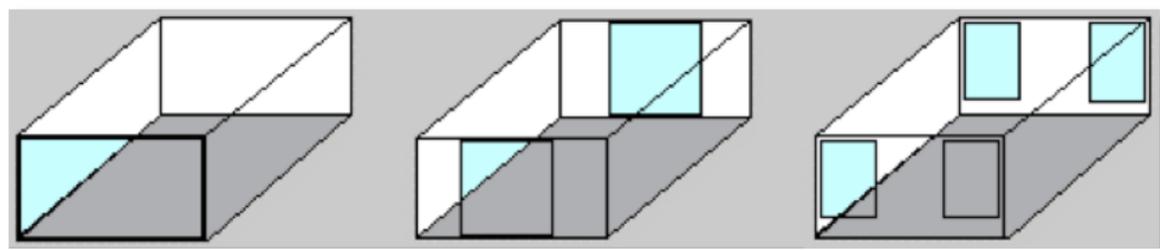
Distribution des luminances de la voûte céleste pour le site de Grenoble



• Ouvertures en Façade

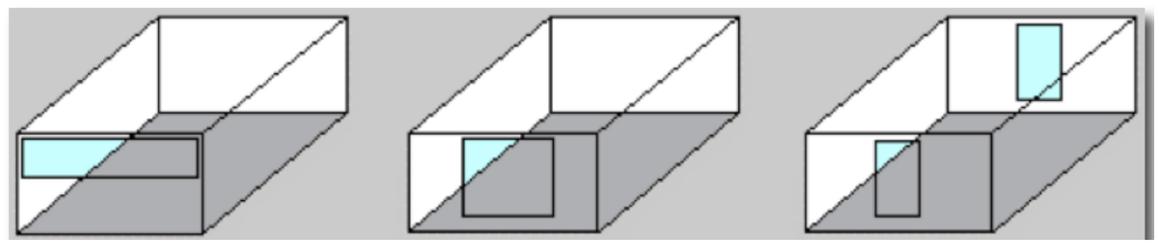
Indice d'ouverture

L'indice d'ouverture représente le pourcentage de surface vitrée rapportée à la surface du local



un indice de 20% I° = 20%

- Un indice de 20% est généralement suffisant pour offrir une couverture satisfaisante des besoins en lumière naturelle (quantitatif + vues), à condition que l'environnement extérieur et l'orientation ne soient pas trop défavorable



un indice de 50% I° = 50%

- Un indice de l'ordre de 50% se traduit par des échanges thermiques très importants (hiver & été). La mise en œuvre de triple vitrages est nécessaire pour satisfaire le label d'énergie source (EPFL-ENAC 2007)

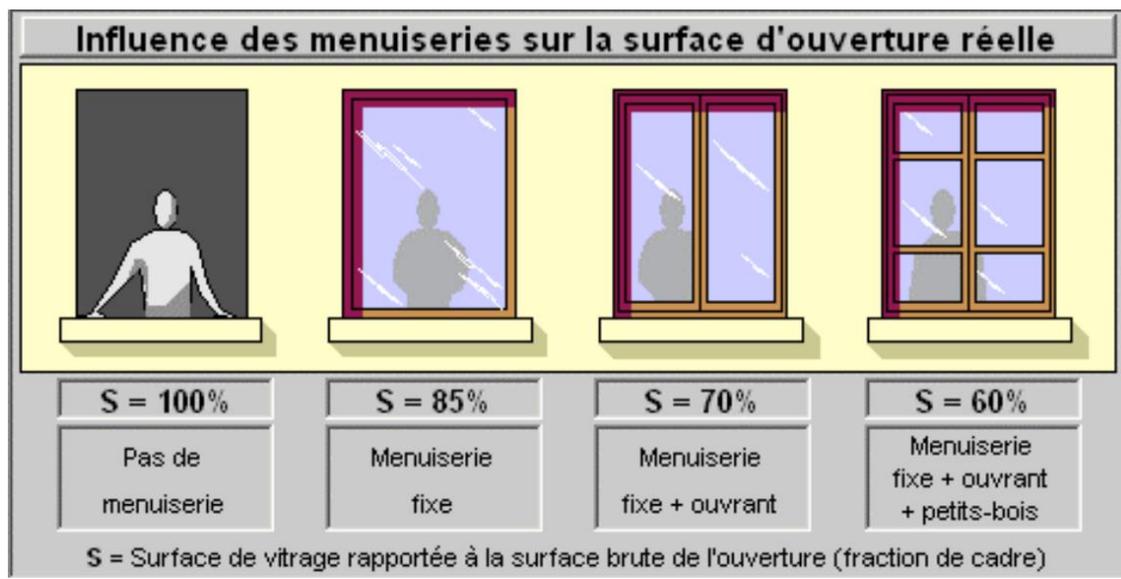
• Indice d'ouverture

	Indice de profondeur	Indice d'Ouverture		
		Base	Performant	Très Performant
Chambres	< 2,6	16%	16%	30%
Séjours	< 3,0	16%	20%	30%
Cuisines	< 2,6	16%	25%	30%
Salles de Classe	< 3,5	20%	30%	35%
Bureaux	< 2,6	20%	30%	35%

Indices d'ouverture et de profondeur en fonction du type de local, source : Qualité environnementale des bâtiments – ADEME 2003

• Menuiseries

Les menuiseries représentent un obstacle au passage de la lumière naturelle



- Menuiseries



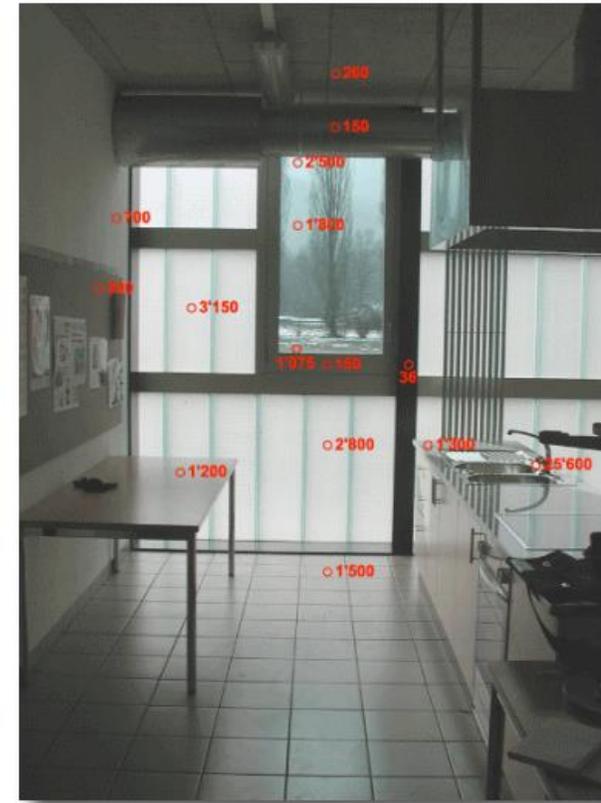
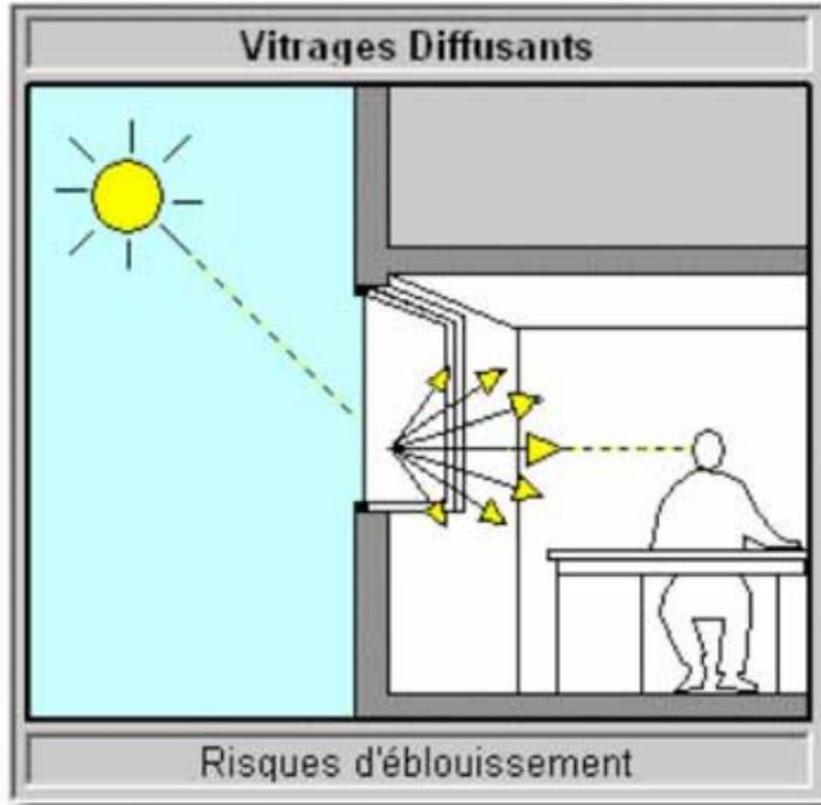
Indice d'ouverture = 24.1%



Indice d'ouverture = 16.5%

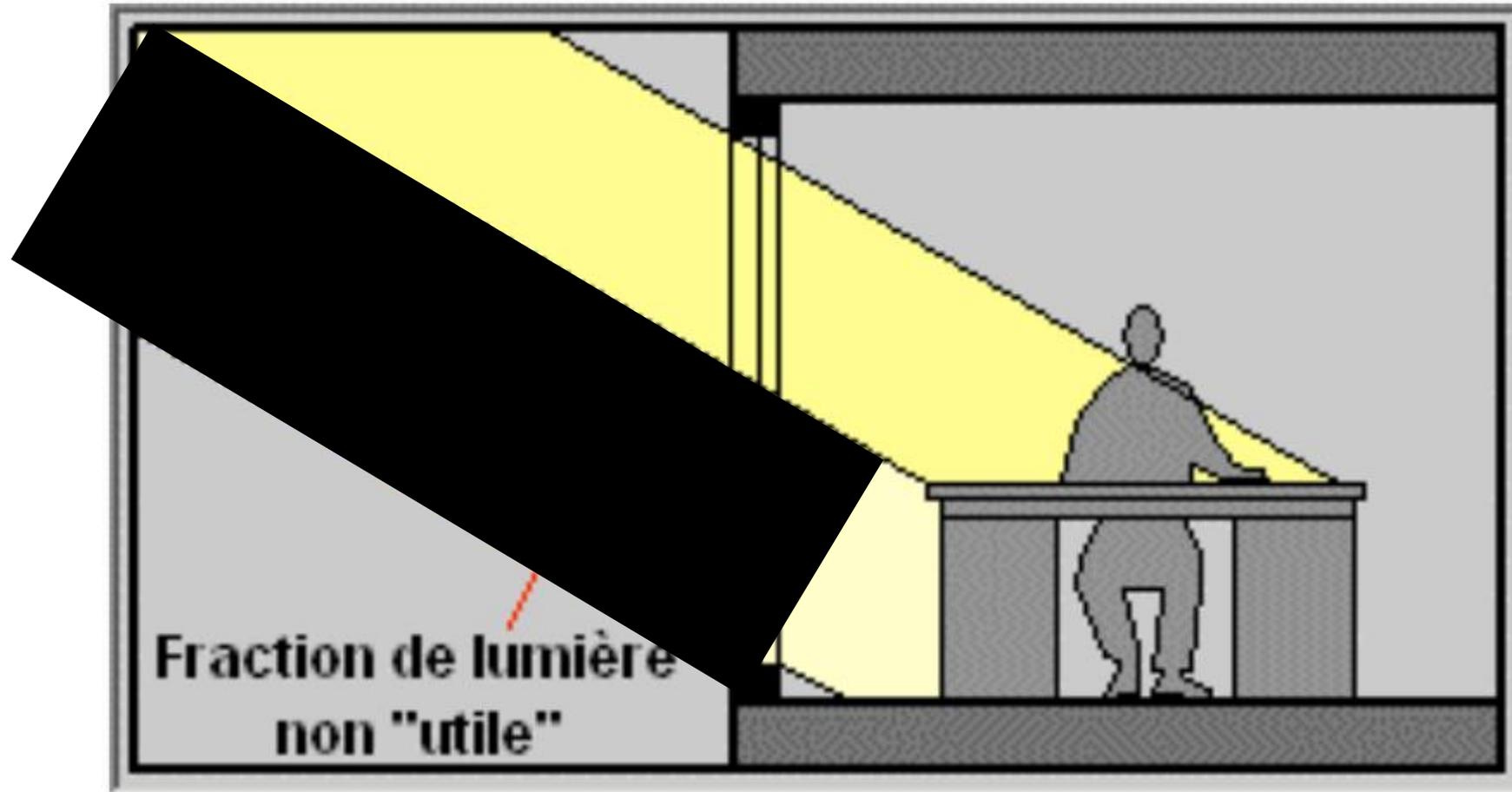
- Vitrages diffusants

L'emploi de vitrages diffusants ou opalescents entraîne la perte de la vision vers l'extérieur. Exposés au soleil, les vitrages peuvent devenir des sources secondaires éblouissantes



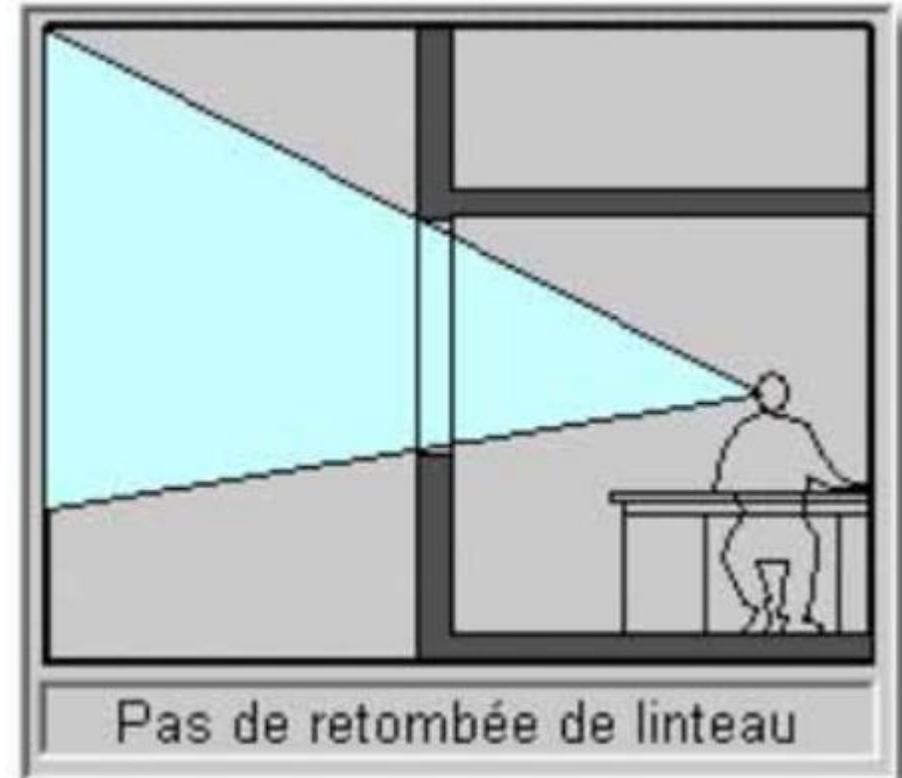
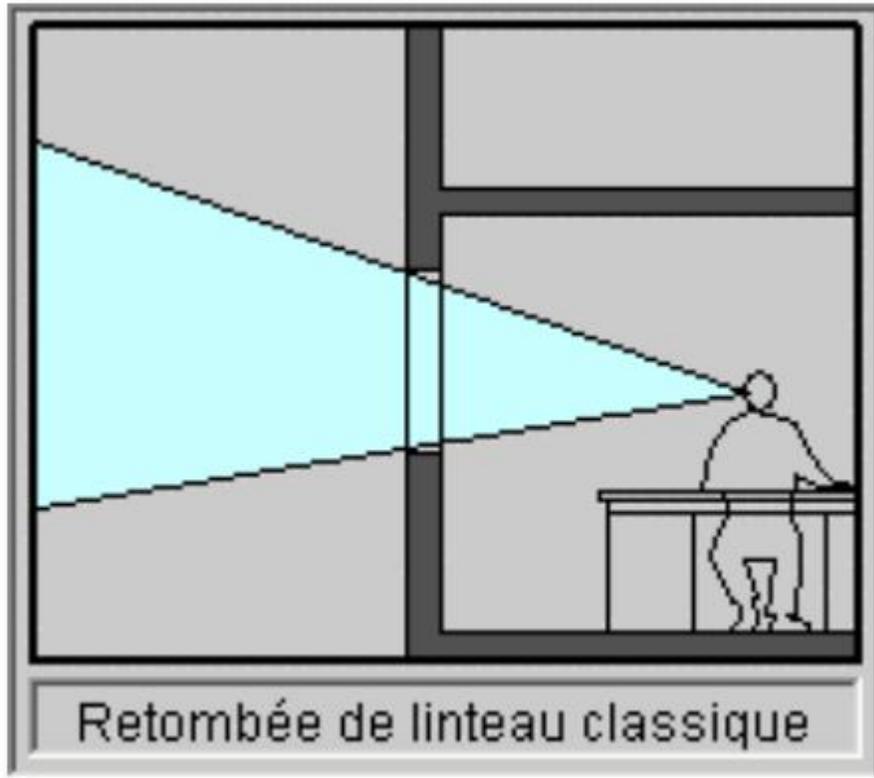
- Allège

a partie basse des ouvertures ne contribue pas à l'éclairage des plans de travail tout en augmentant les échanges thermiques.



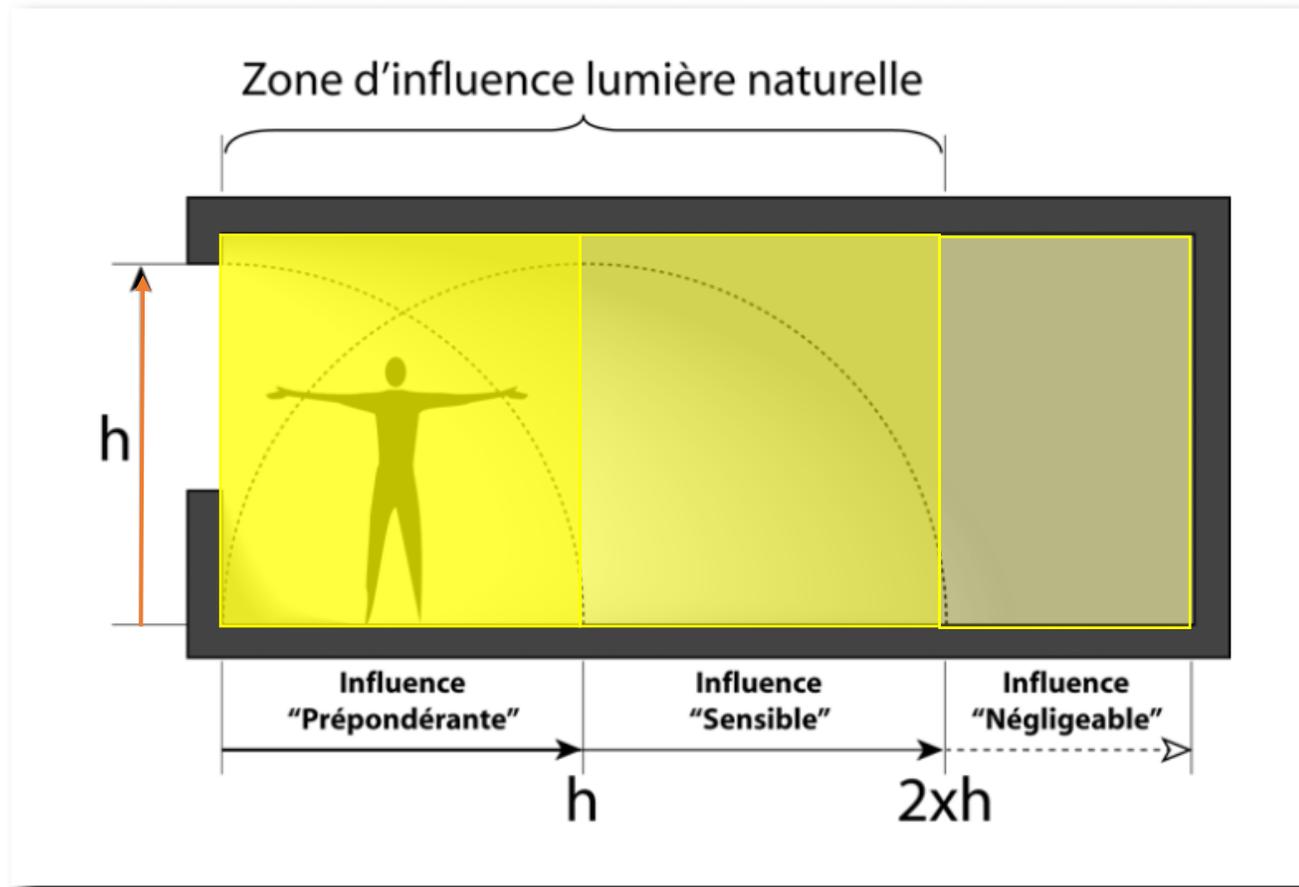
- Linteau

Chaque fois que cela est possible, il faut aller chercher la lumière naturelle «vers le haut» en réduisant la retombée du linteau. Plus l'angle de vision du ciel est important, plus la contribution de la lumière naturelle sera élevée en fond de local



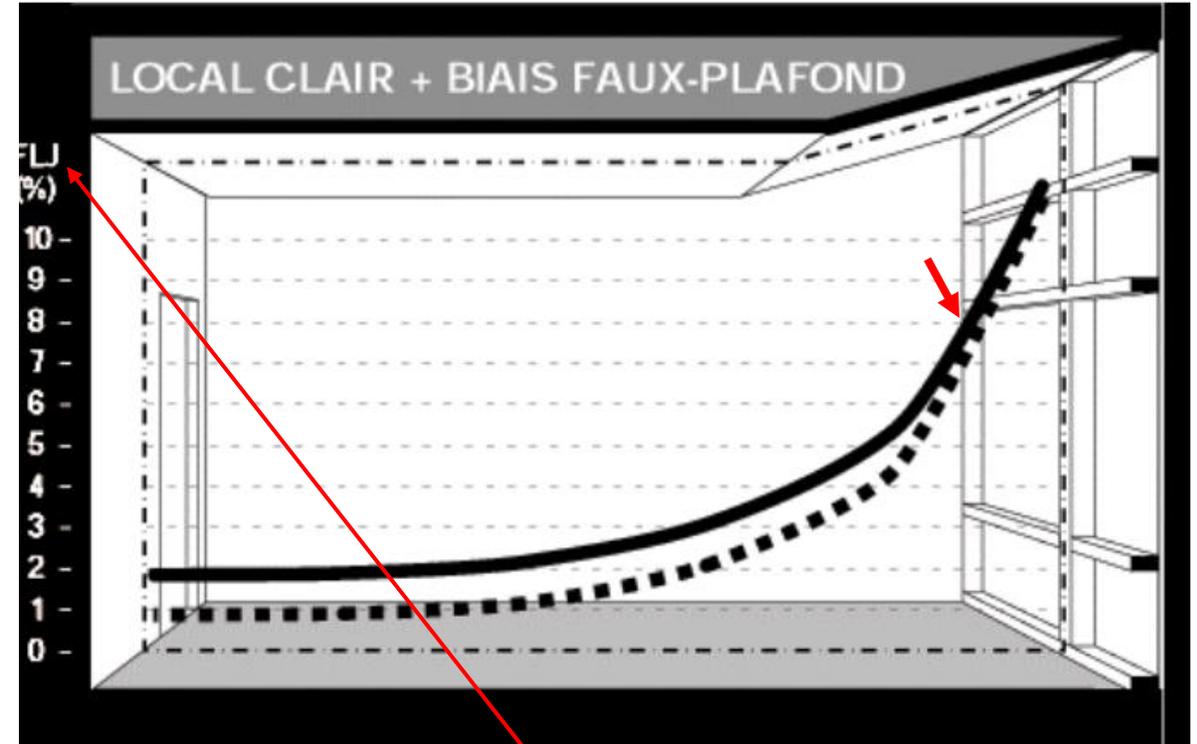
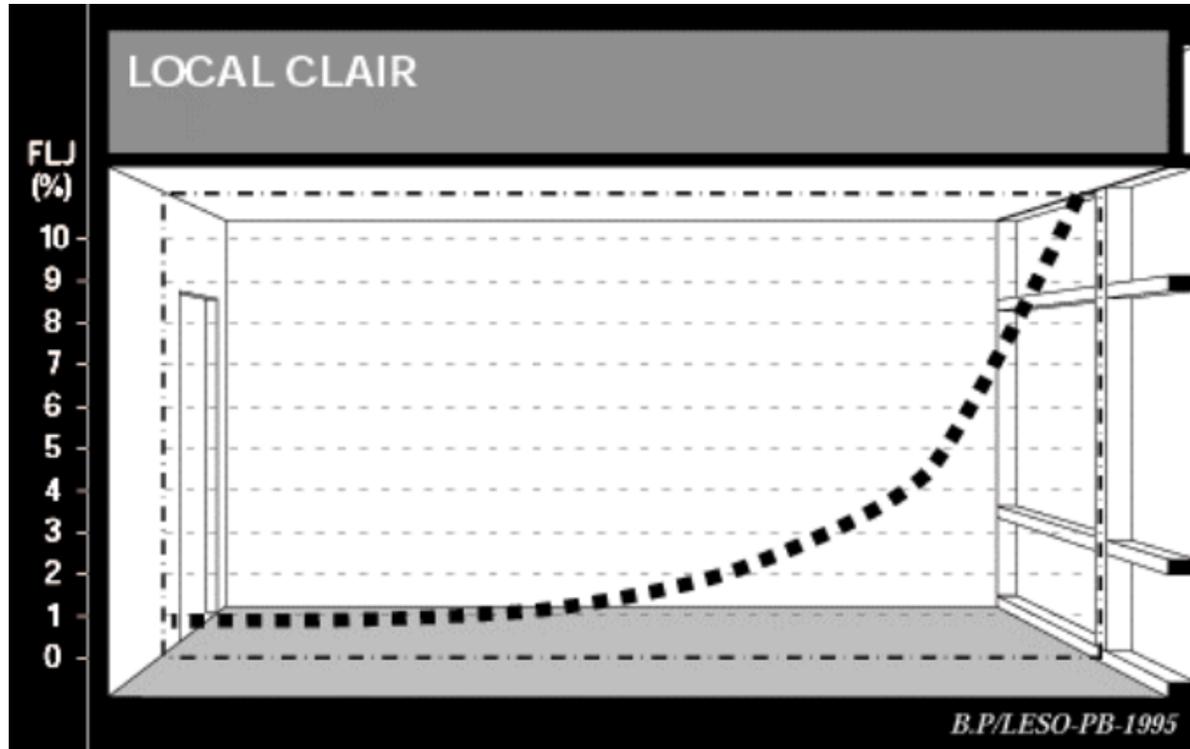
- Zone d'influence d'une ouverture

La zone d'influence de la lumière naturelle est directement liée à la position de la limite supérieure du vitrage (h).
Au delà d'une distance égale à $2xh$, l'influence de l'ouverture est « négligeable »



- Faux-plafonds

Le fait d'interrompre le faux-plafond pour augmenter la surface vitrée permet de doubler la quantité de lumière disponible en fond de pièce.

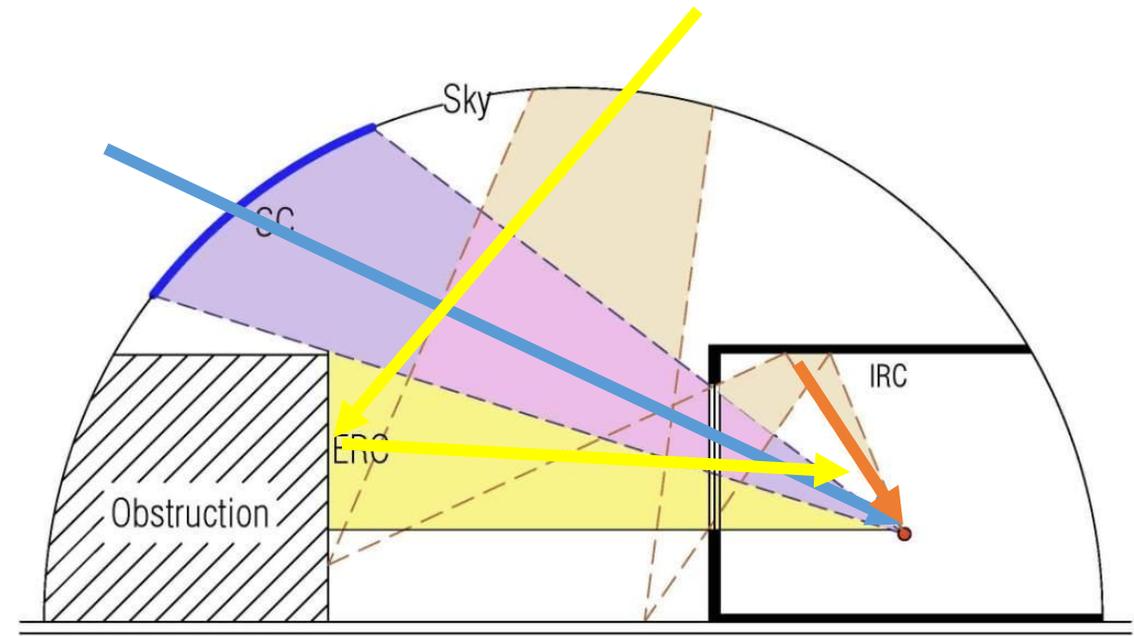
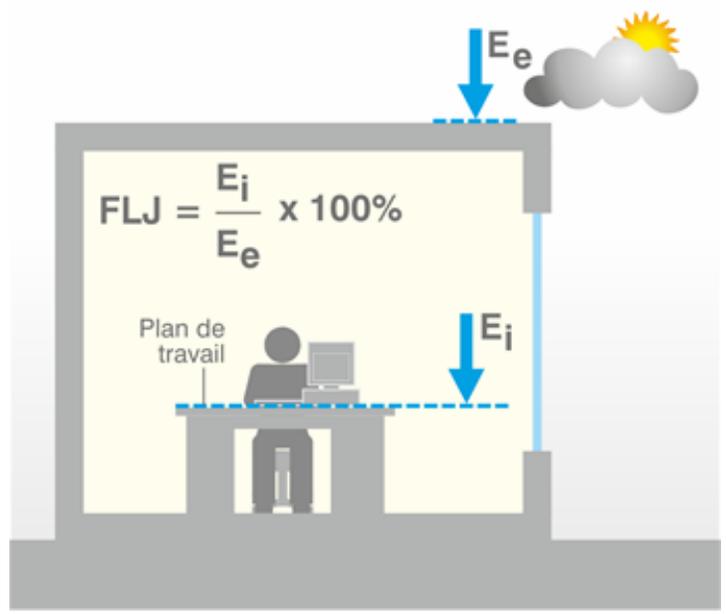


- Plafond ordinaire
- - - Plafond avec Biais faux plafond 'Distorsion'

C'est quoi le FLJ ??

Le facteur de lumière du jour moyen

Le facteur de lumière du jour (FLJ) est l'indicateur le plus répandu d'appréciation de la qualité de l'éclairage naturel d'un local. Cet indicateur exprime le ratio entre l'éclairement intérieur en un point du plan utile et l'éclairement extérieur horizontal en site dégagé sous condition de ciel couvert dit CIE. Le FLJ traduit les conditions jugées les plus défavorable puisqu'il rend compte des performances d'un local sous des conditions de ciel couvert

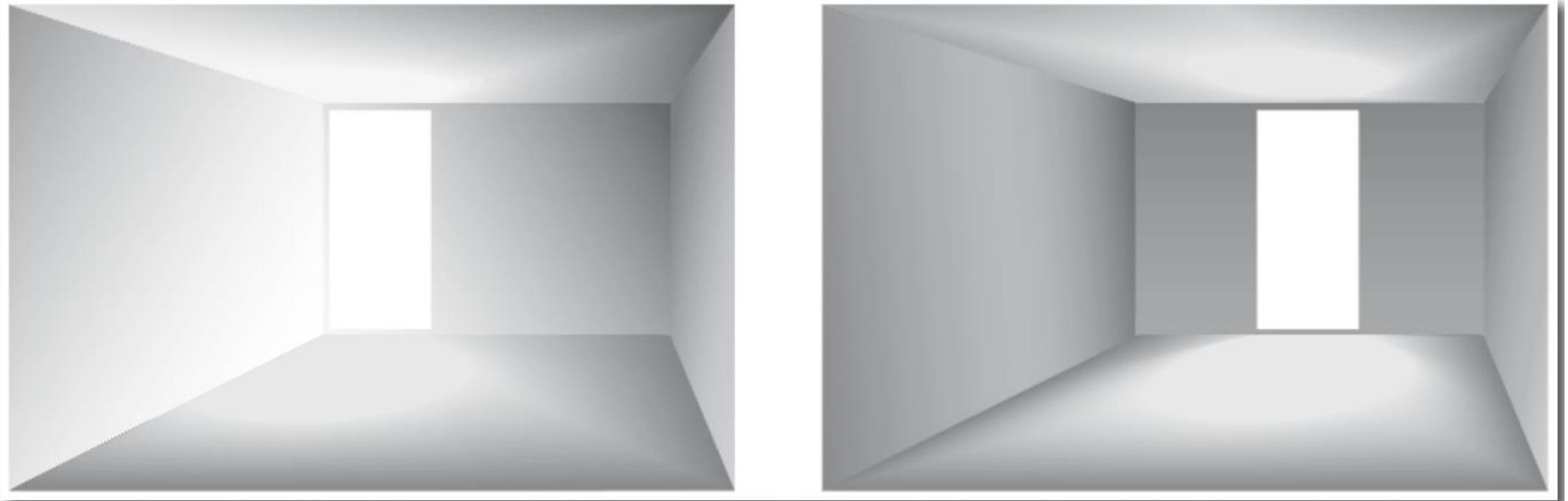


Sources of Daylight at a Point Within a Room

Classification	Description	Valeur de FLJ _{mini} (%)
I	Local très clair Éclairage naturel très abondant	> 2
II	Local clair Éclairage naturel abondant	Entre 1,5 et 2
III	Local peu clair à sombre Éclairage naturel faible	Entre 1 et 1,5
IV	Local très sombre Éclairage naturel insuffisant	< 1

- Ouvertures en Façade
 - Position latérale ouverture

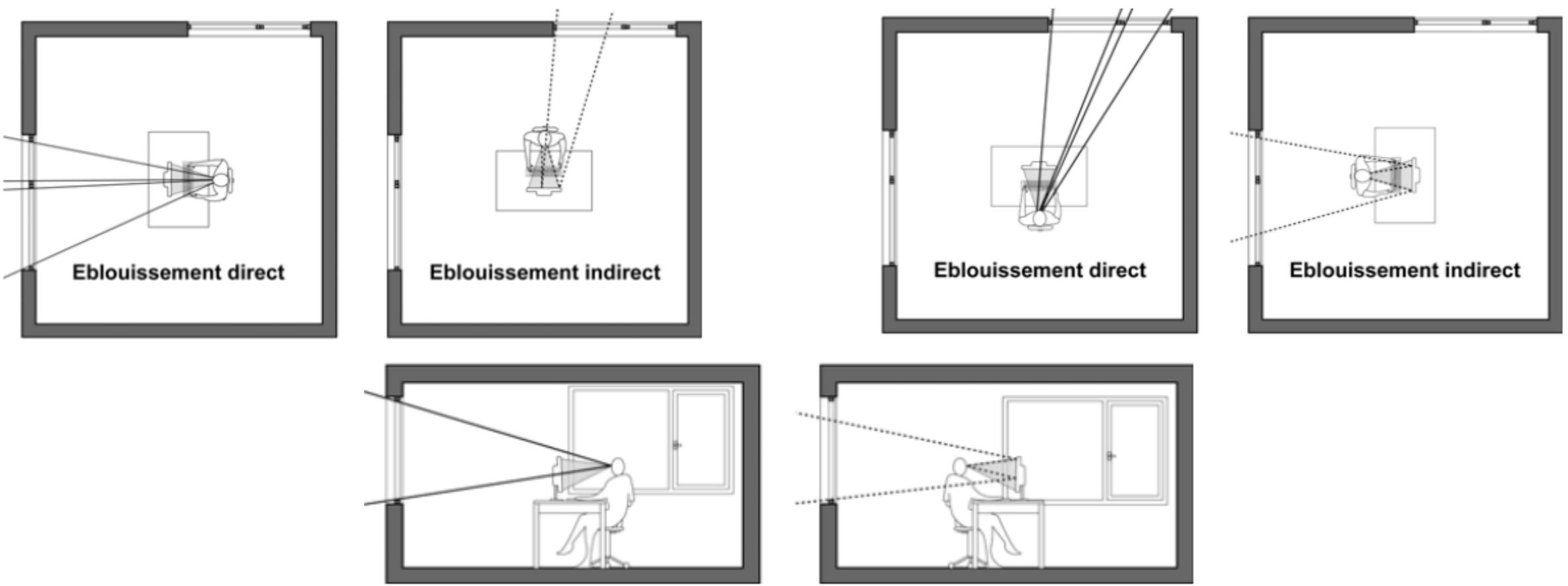
Le fait de positionner une ouverture au centre d'une paroi a tendance à renforcer les contrastes de luminance (le mur de la façade, vu à contre jour, paraît sombre)



- Ouvertures en Façade

- Ouvertures bilatérales adjacente

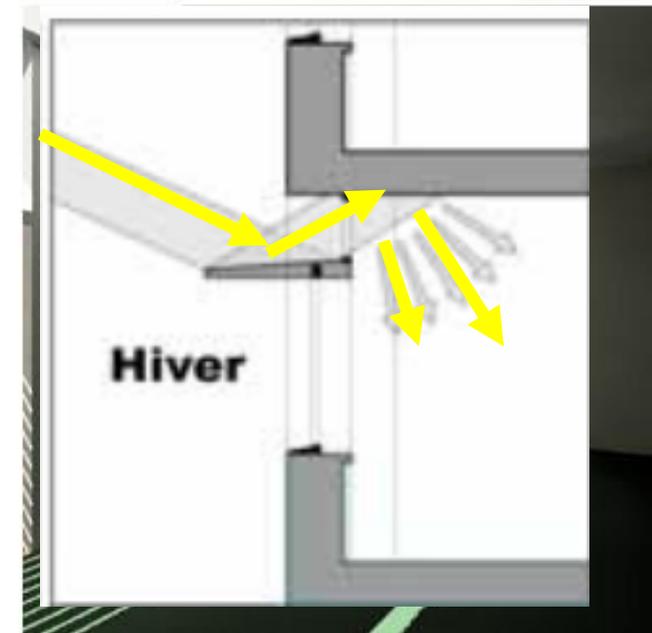
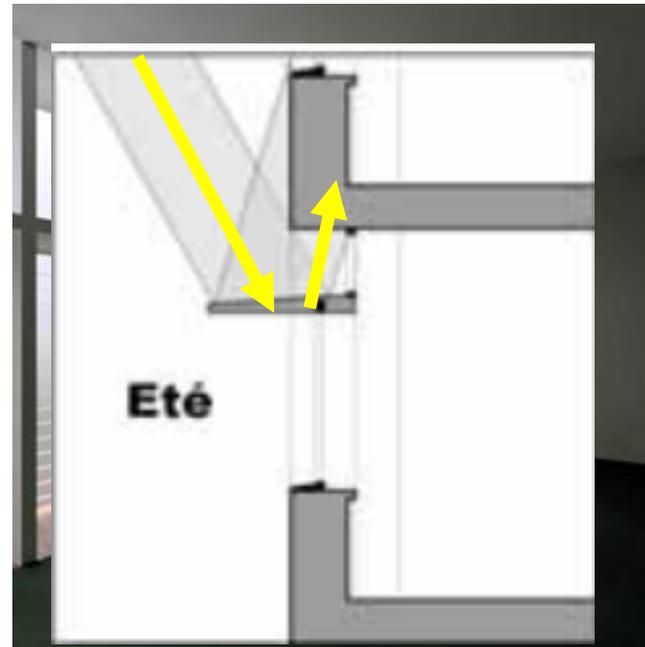
la présence d'ouvertures sur deux faces contiguës d'une même local entraîne des risques d'éblouissement élevée (en direct ou par réflexion).



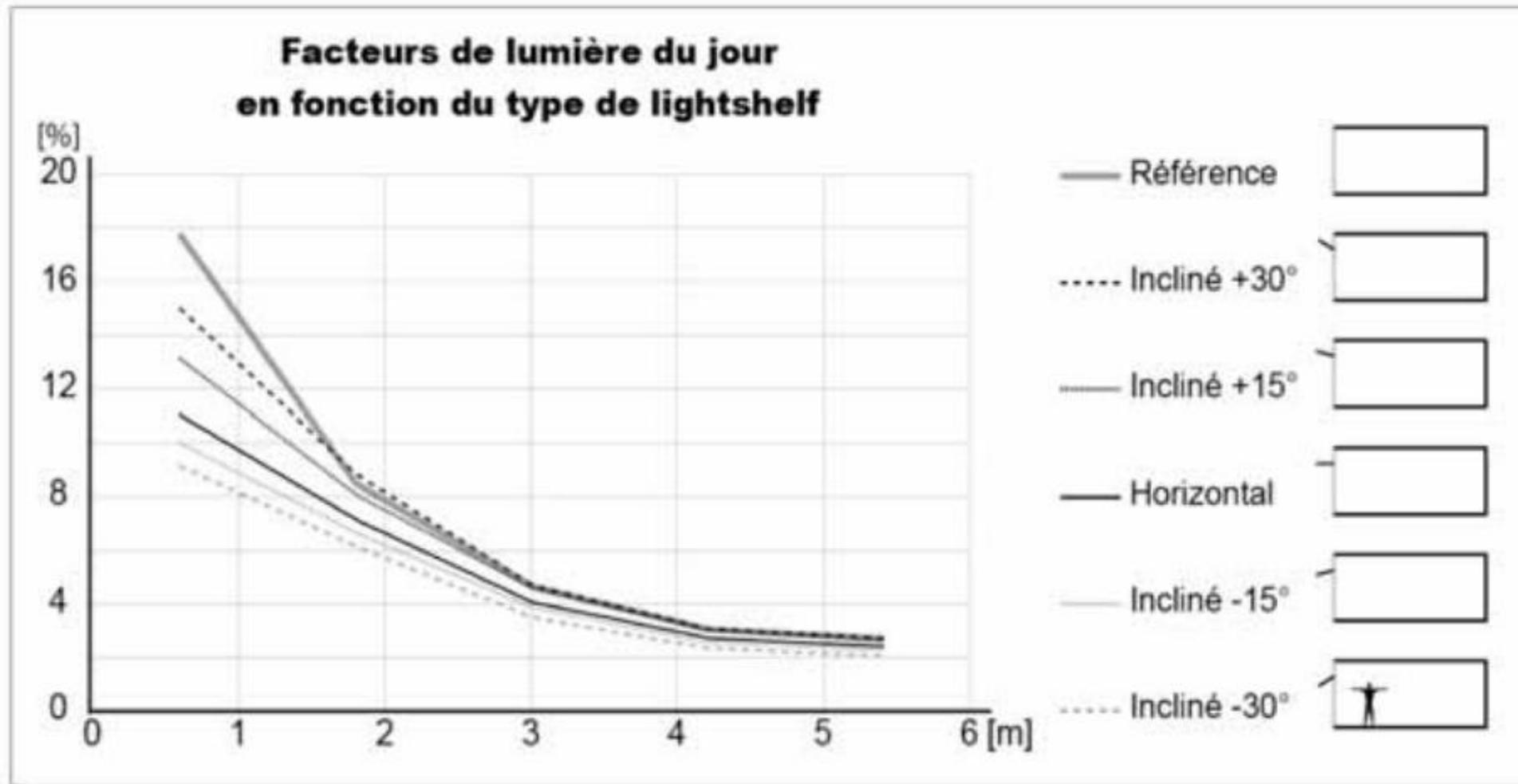
Cette configuration est fortement déconseillée dans le cas de postes de travail informatisés

- Ouvertures en Façade
- Light-shelf

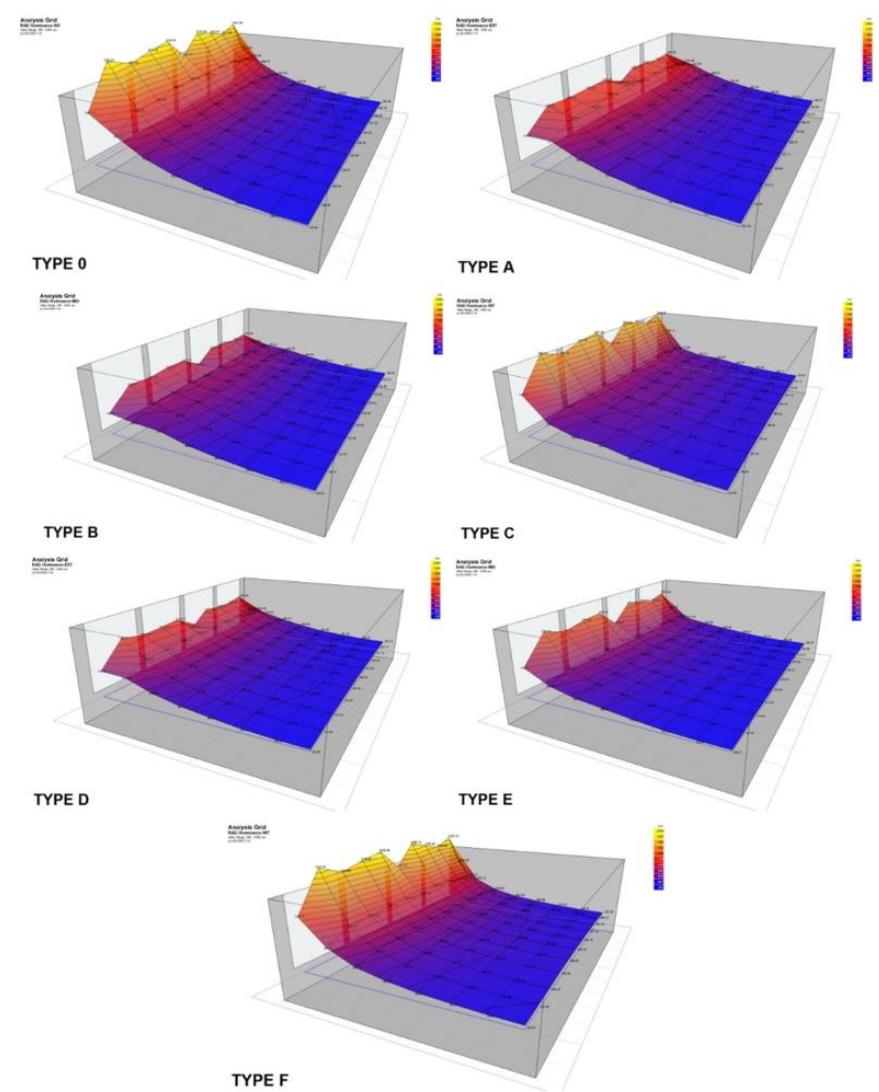
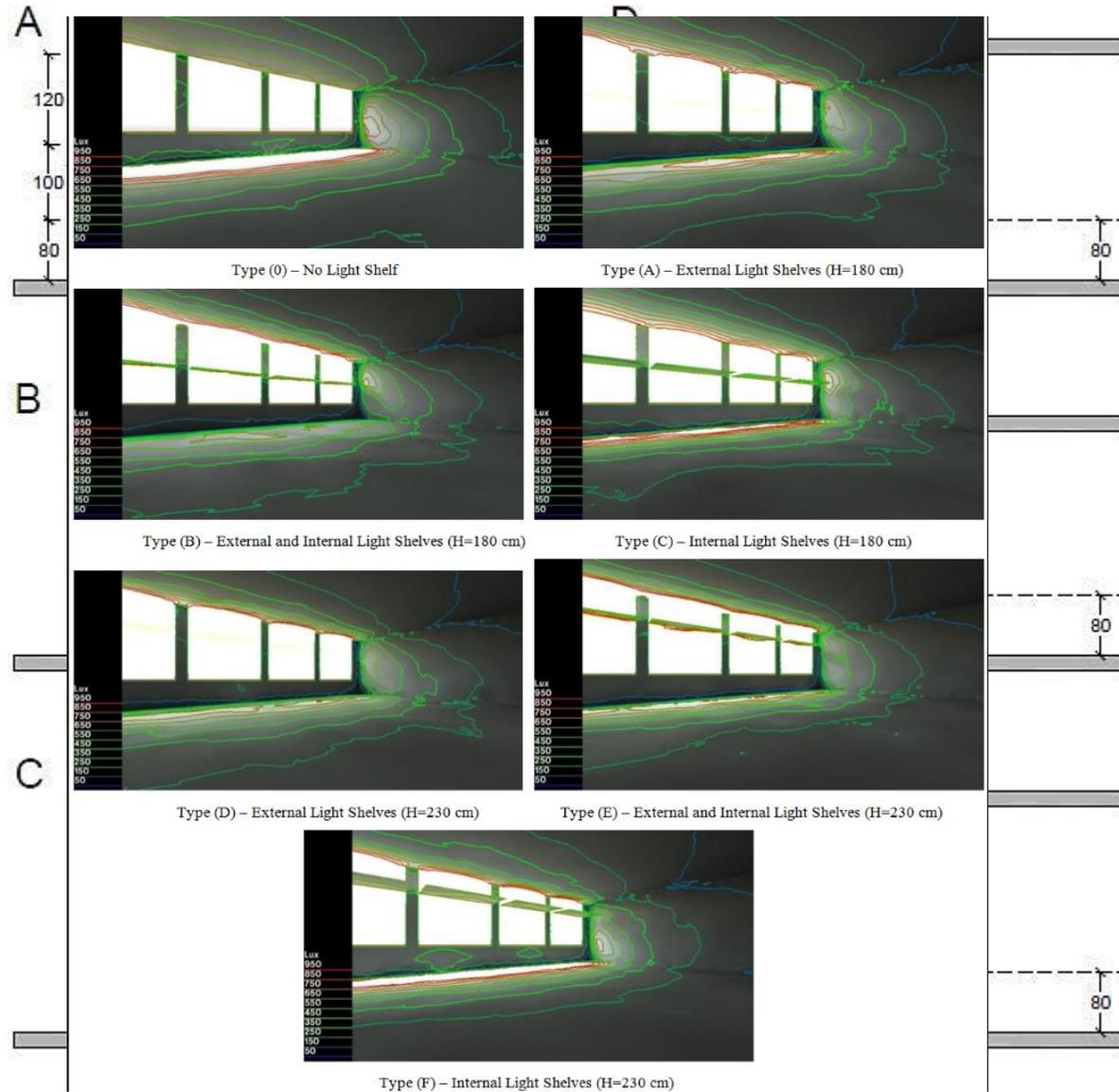
La mise en œuvre d'un bandeau-lumineux (ou light-shelf) permet de réduire les niveaux d'éclairement près de la fenêtre, tout en maintenant la quantité de lumière disponible en fond de pièce



- Types selon l'angle de Light-shelf



• Types selon la position de Light-shelf

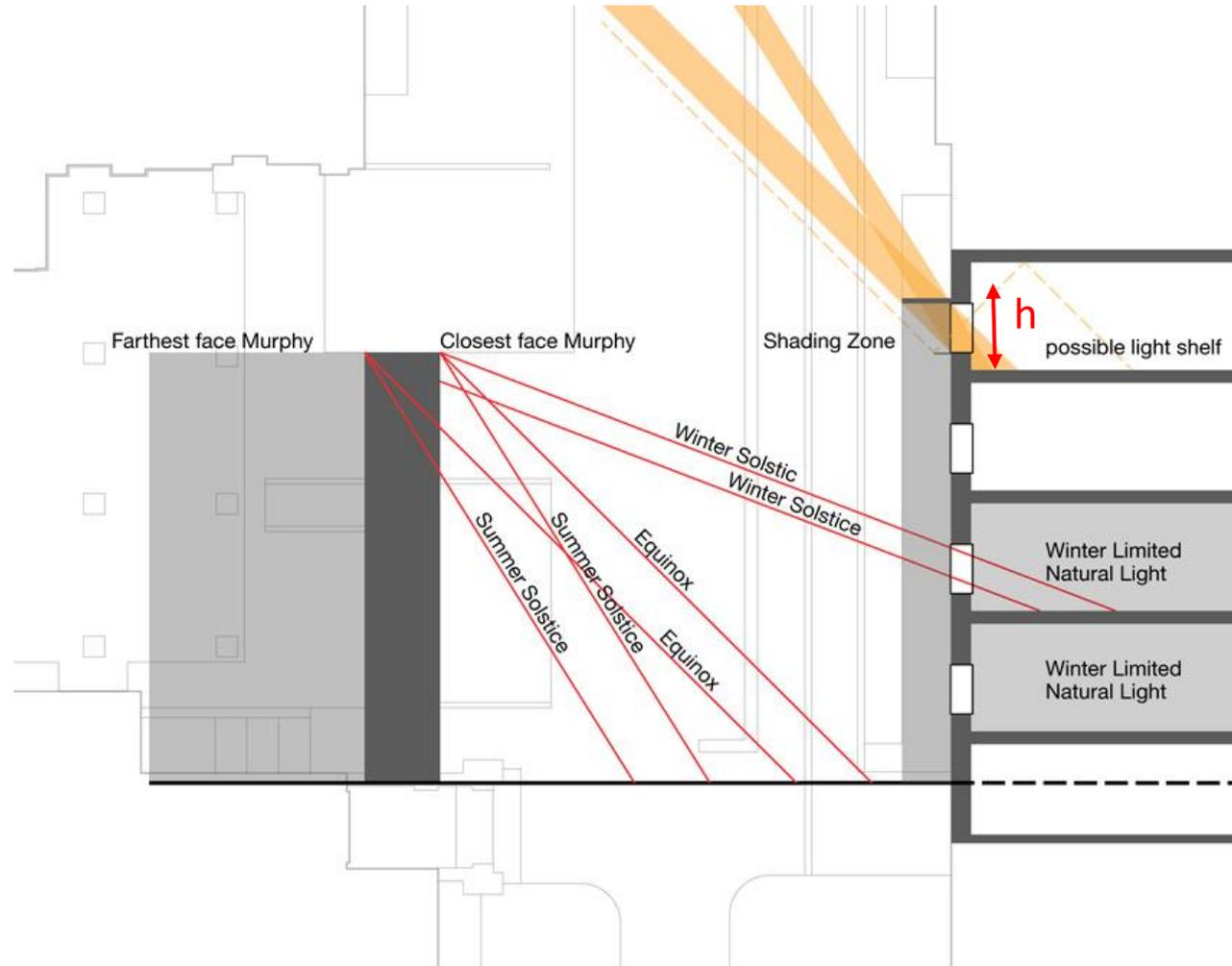


Suhail Zakhour 2015

- Exemples d'utilisation Light-shelf



- Précaution d'utilisation de Light-shelf



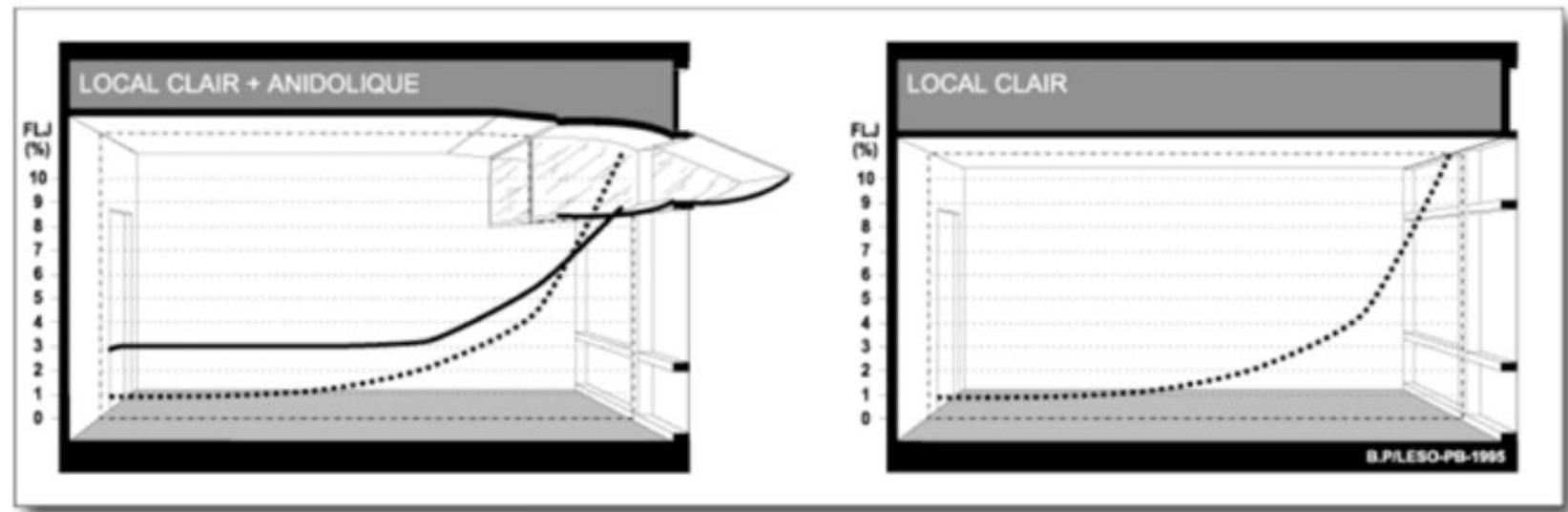
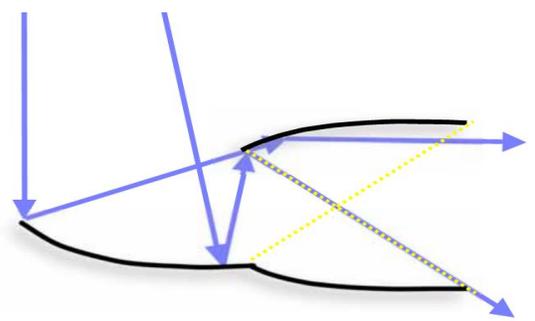
Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cours 07

8. Environnement lumineux et Dispositifs d'éclairage naturel

- Ouvertures en Façade
- Systèmes anidoliques

un système d'éclairage zénithal composé de deux miroirs parabolique jouant le rôle de concentrateurs qui captent le flux lumineux entrant et le redistribuent sur une zone plus large. Les éléments anidoliques sont placés aux deux extrémités du conduit lumineux : à l'extérieur pour collecter la lumière du ciel et à l'intérieur pour contrôler la direction de la lumière émise dans le local.



Bernard PAULE

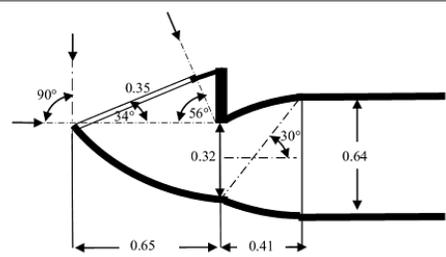
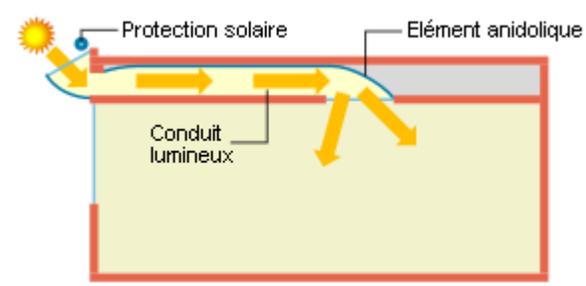


Figure 1. Les dimensions du système de plafond anidolique



Plafond anidolique

- Principe du Systèmes anidoliques

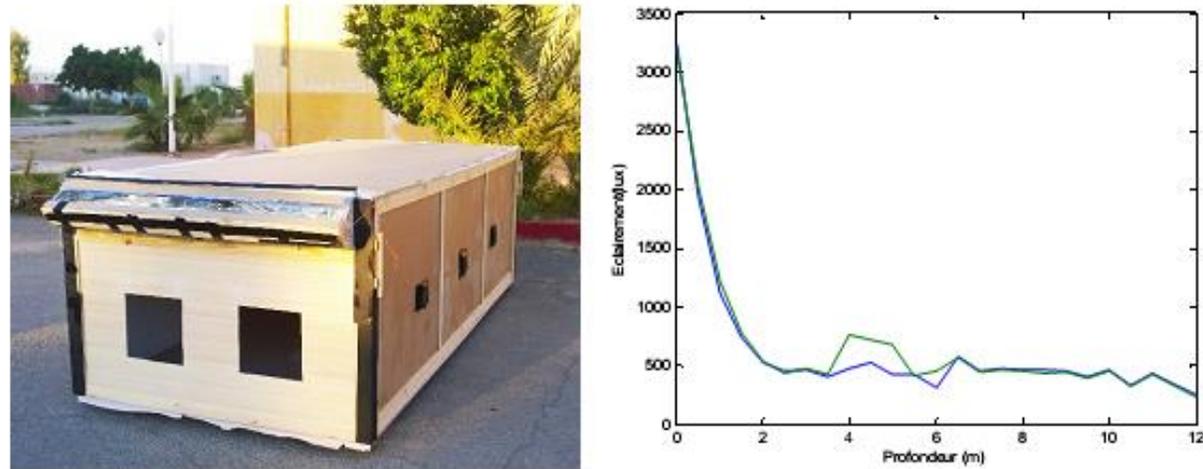


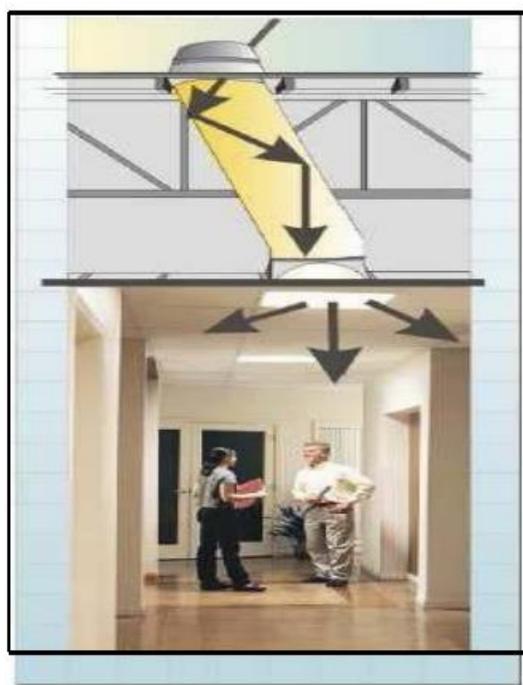
Figure 3. À gauche, le modèle construit ; à droite, la validation expérimentale



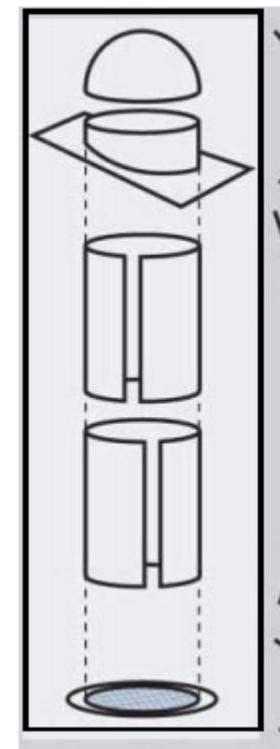
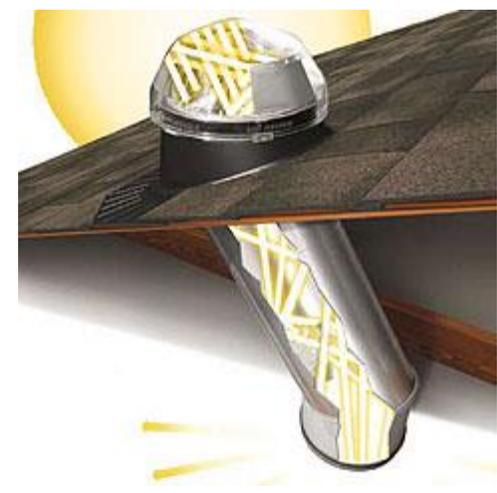
Figure 5. L'ambiance lumineuse intérieure du modèle équipé de Plafond anidolique à 10 h

- **Ouvertures en Façade**
- Les puits de lumière

Le puits de lumière permet d'apporter de la lumière naturelle dans des lieux qui ne possèdent pas d'ouvertures sur l'extérieur ou en complément d'une ouverture existante



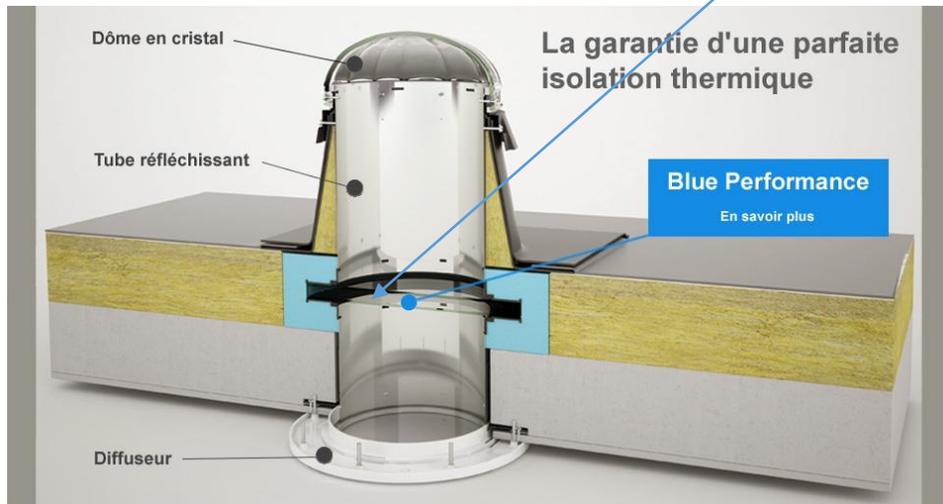
Coupe sur un puits de lumière.



Les composants de puits de lumière :

- **Coupole;**
- **Conduit;**
- **et diffuseur.**

- Le principe des puits de lumière



Un puits de lumière est constitué des éléments suivants (en général).



1. dôme en acrylique
 2. cerclage en aluminium
 3. diffuseur en acrylique
 4. solin : souche d'étanchéité de toiture
 5. tube (rallonges possibles)
 6. film
 7. couronne aluminium de fixation au plafond : pour fixer le diffuseur
 8. film : filtre Lexan (contre UV et IR)
 9. diffuseur en acrylique
 10. finition intérieure - cerclage en aluminium laqué
- A. toiture existante
B. plafond existant

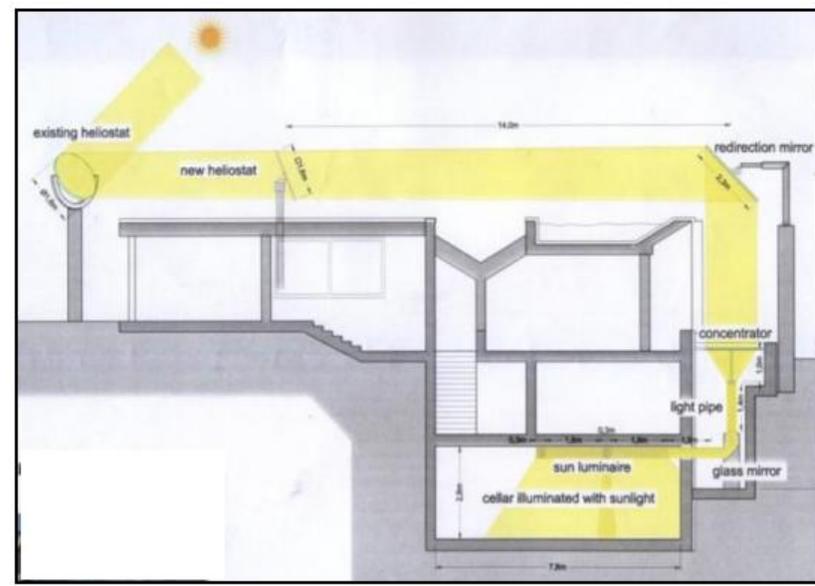
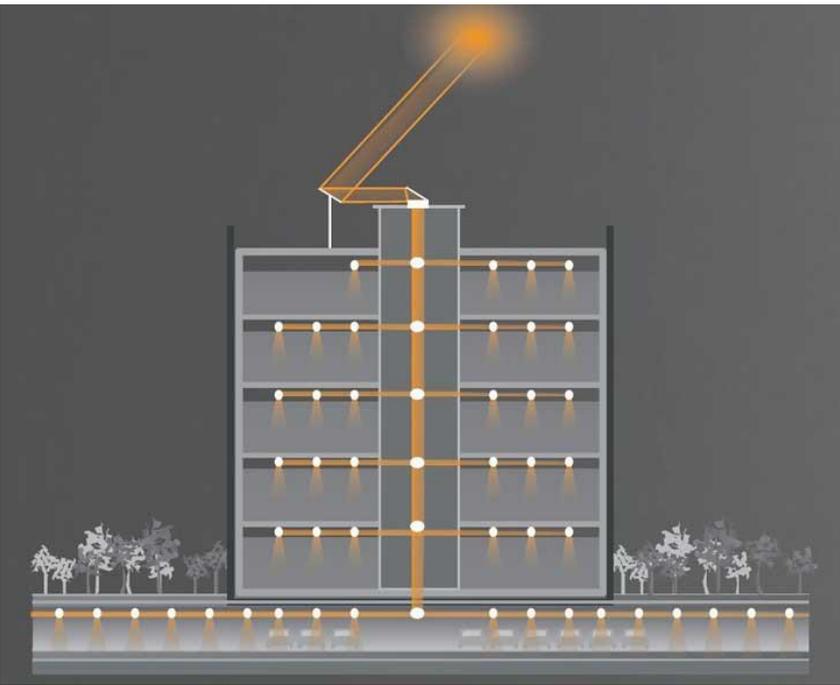


- Exemples d'utilisation des puits de lumière

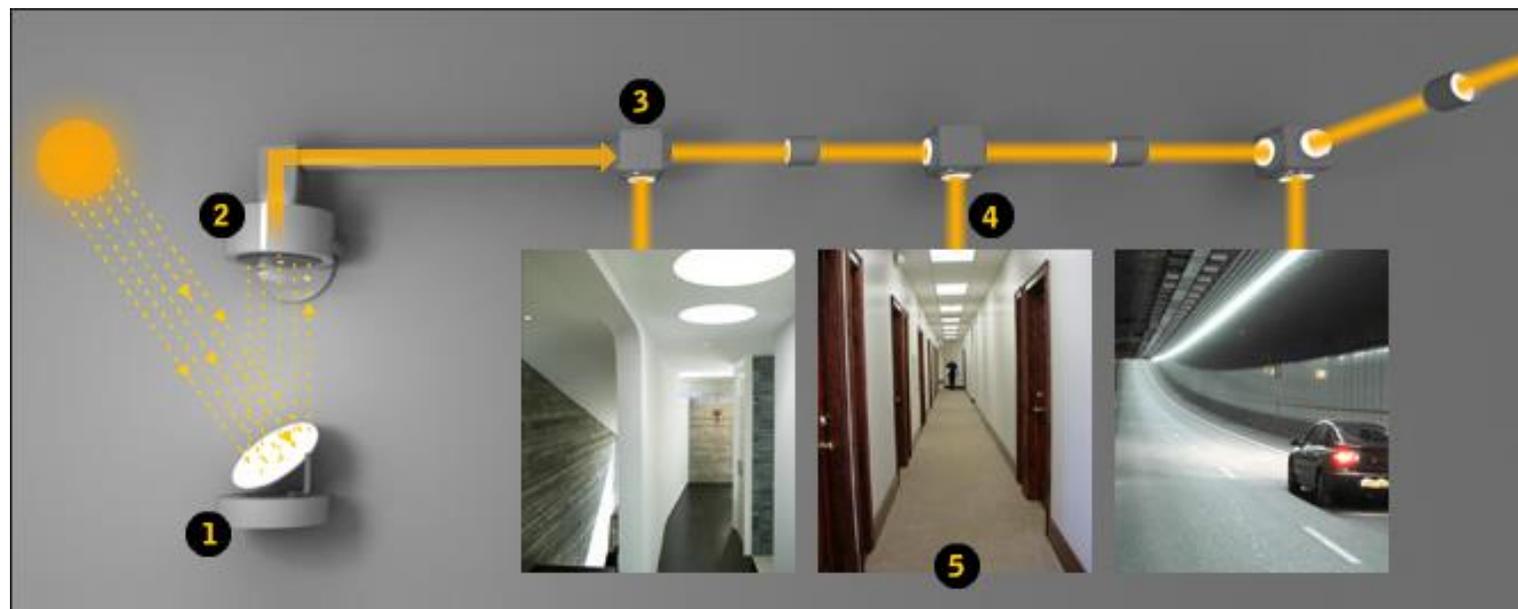
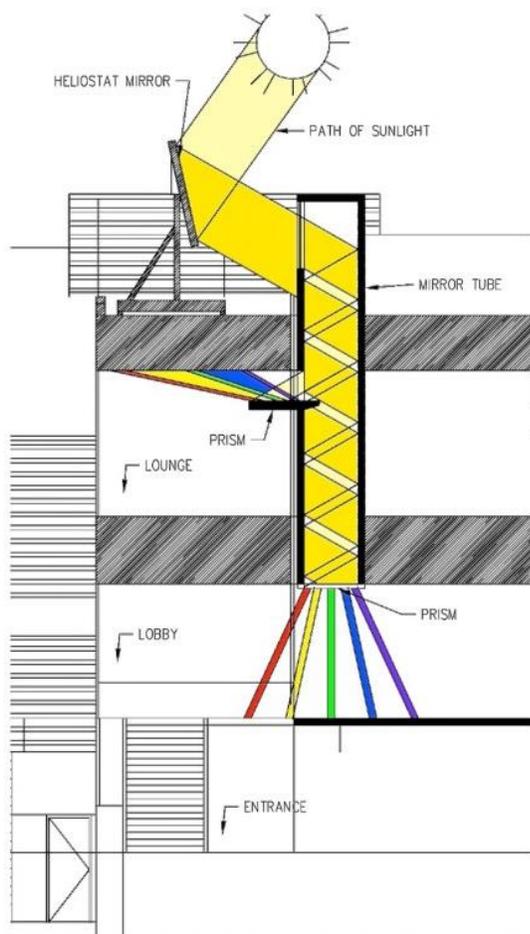


• Les conduits de lumière (light pipe)

Le conduit de lumière est une stratégie visant à apporter la lumière du jour au fond d'un espace ou aux étages inférieurs d'un immeuble . Il est composé de : un capteur solaire qui rassemble la lumière du soleil (il peut être un simple miroir fixe ou un système informatisé sophistiqué (Héliodon) qui suit les mouvements du soleil), un concentrateur qui regroupe l'énergie solaire sur une petite surface (il est fait d'un miroir de concentration ou de lentille qui concentre l'énergie captée à partir d'un collecteur de grande taille sur une surface plus petite de sorte qu'il peut être transporté efficacement), un système de transport (il peut être une simple ouverture à travers les différents étages d'un bâtiment comme il peut être un prisme) et enfin, un système de distribution. La lumière est ensuite transportée vers l'intérieur .



- Le principe des conduits de lumière (light pipe)



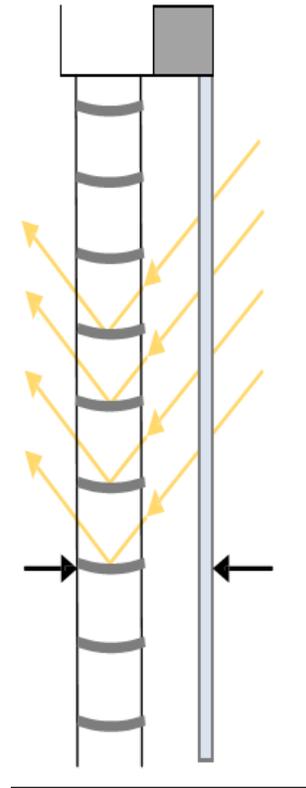
- Exemples d'utilisation conduits de lumière (light pipe)



Solar Light Pipe : david kufferman structures

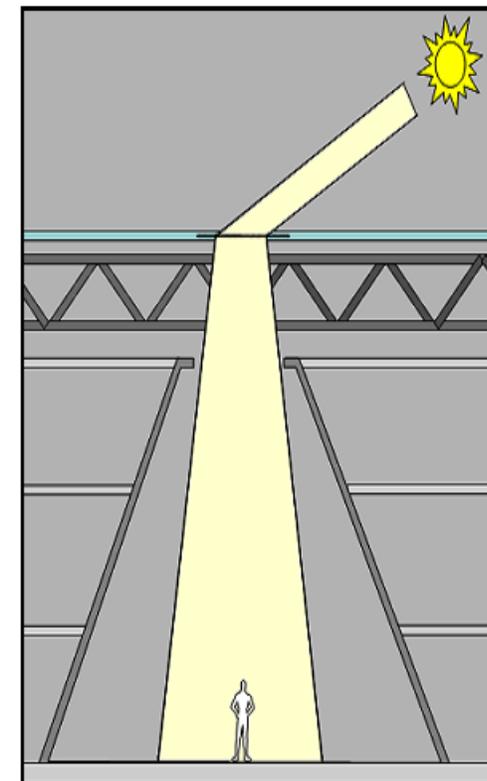
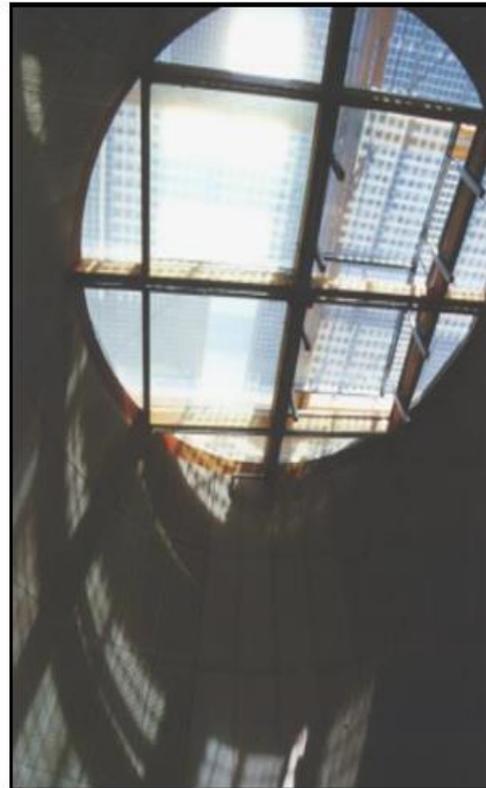
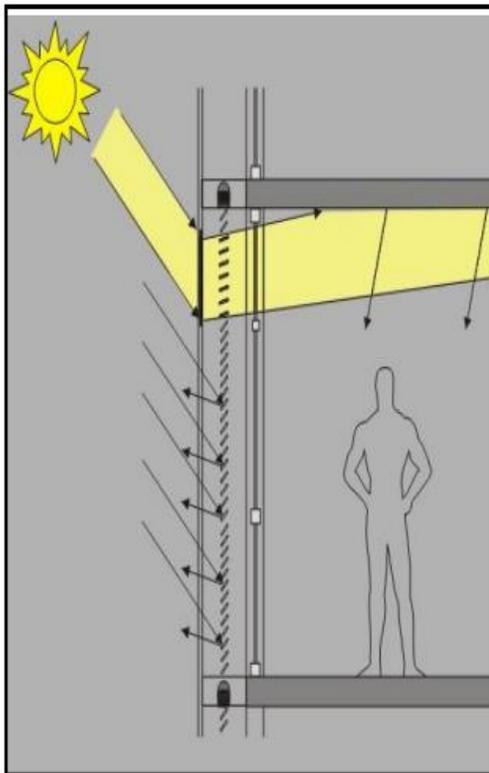
- Les stores réfléchissants

Permet d'orienter la lumière vers le fond du local, et d'obtenir une répartition uniforme de la lumière sur toute la surface de l'espace .



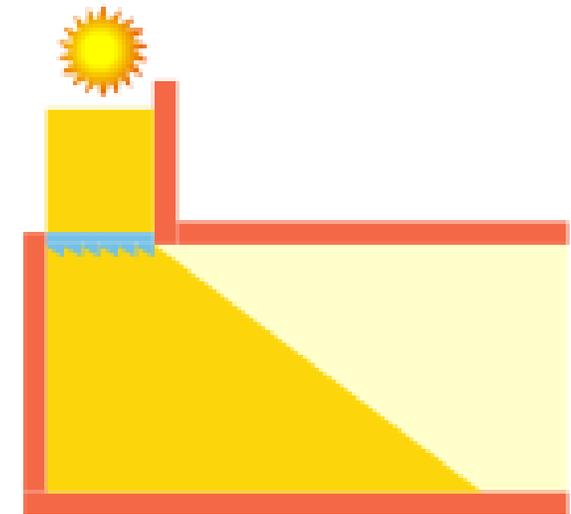
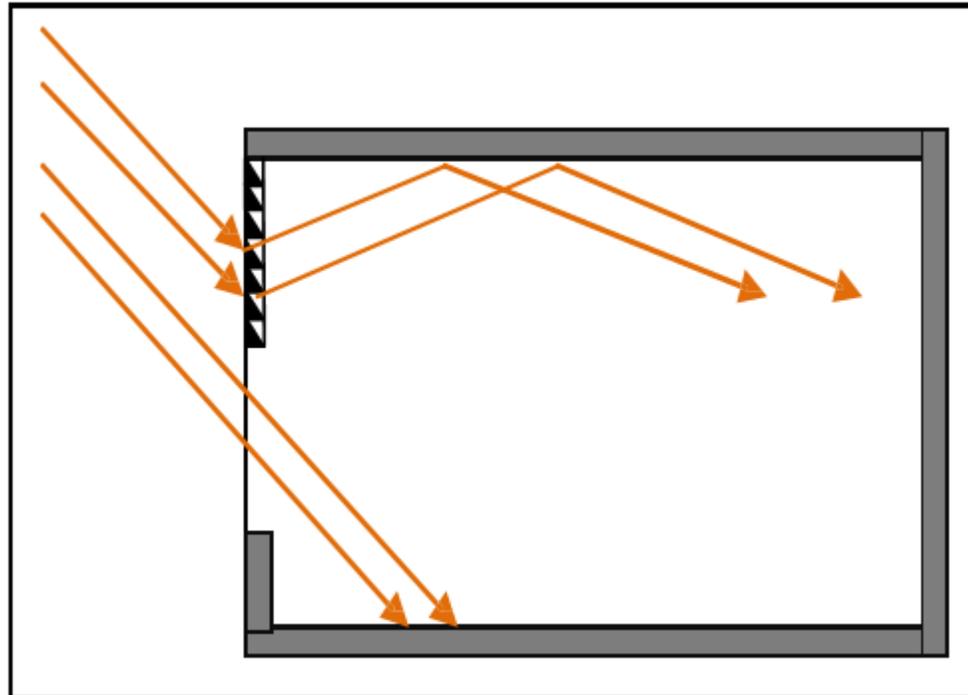
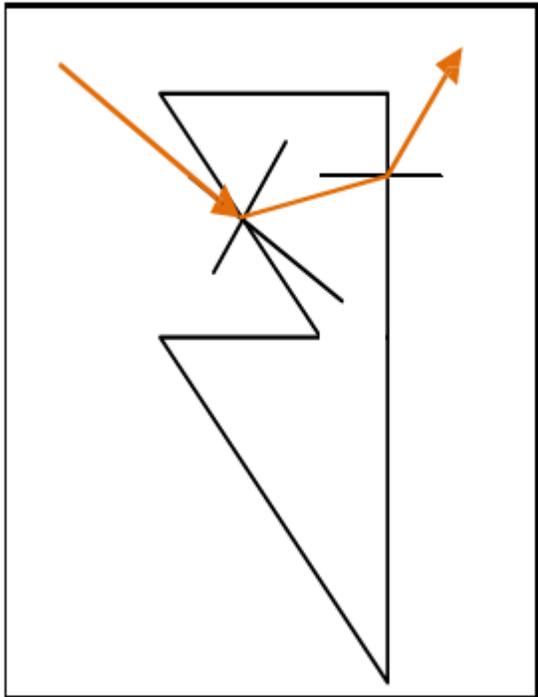
- Les Holo-lux

Le holo-lux est un type de vitrage qui consiste à guider la lumière venant de l'extérieur vers l'intérieur du local, de manière à éclairer une grande surface et à obtenir un éclairage plus profond. Il peut être installé au niveau de la façade ou en toiture (cas d'éclairage zénithal). Le holo-lux peut aussi être combiné avec une protection solaire dans une façade à double peau.



- **Les vitrages prismatiques**

Le vitrage prismatique est conçu pour changer la direction de la lumière et la réorienter au moyen de la réfraction et réflexion. Le principe de fonctionnement des vitrages prismatiques est le suivant : quand un rayon de lumière frappe le prisme, sa direction est modifiée en raison de la réfraction. Une partie de celui-ci est alors réfléchi vers le plafond et au-delà, vers l'arrière de la salle. En principe, le panneau prismatique peut être placé dans la partie supérieure d'une fenêtre latérale



Vitrage directionnel

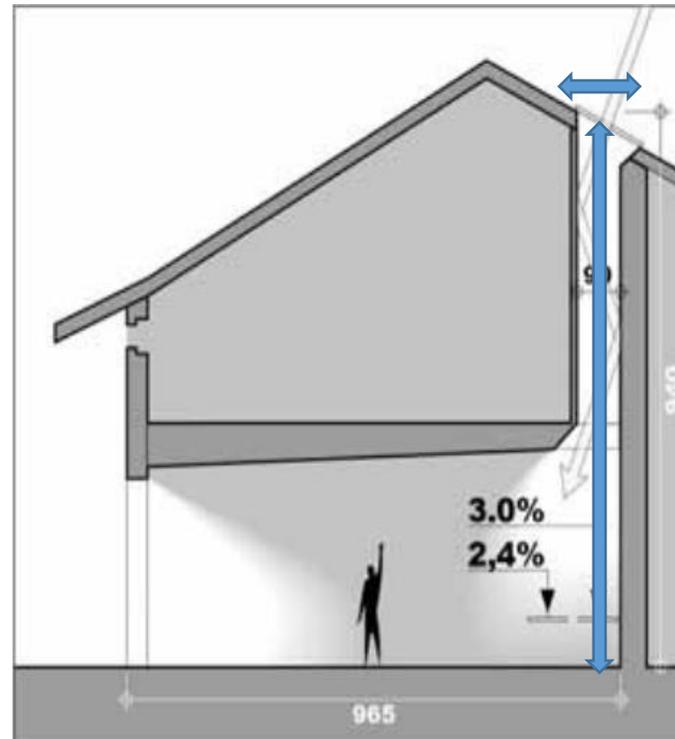
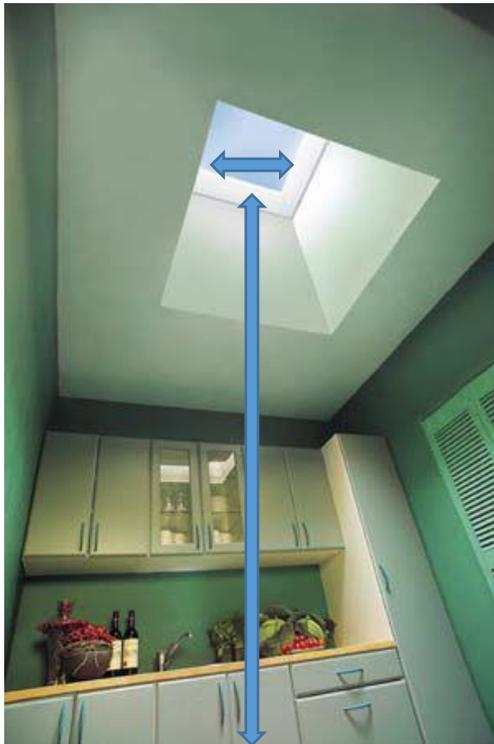
Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cours 08 et 09

- Ouvertures en Toiture

 - Cheminées de lumière

IL est possible de conduire la lumière à travers un ou plusieurs niveaux. Pour cela, il est impératif de revêtir le conduit avec un matériau très réfléchissant (aluminium anodisé). Par ailleurs, le **rapport Hauteur/Section** ne doit pas dépasser **1/8**.

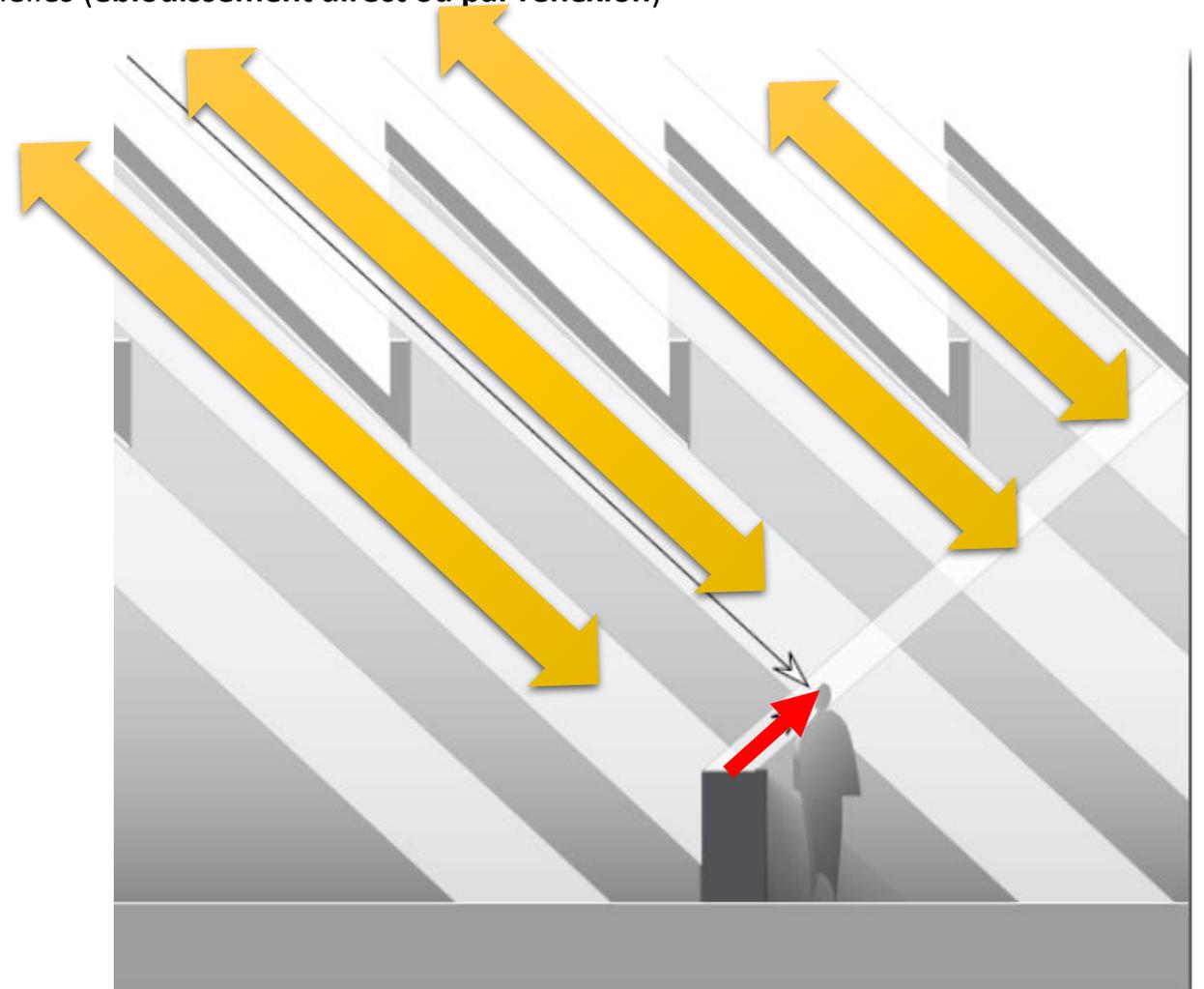


Genève, Maison Kunz, Mario Cuccinella architecte

- Ouvertures en Toiture

vitrages transparents

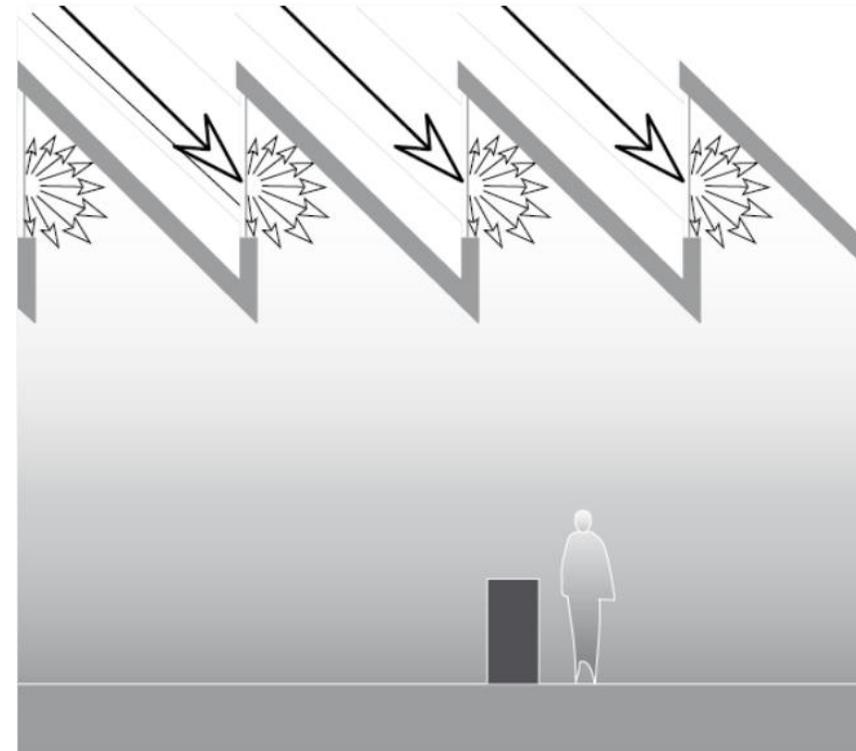
L'emploi de verres transparents peut s'avérer **gênant** pour les halles industrielles (**éblouissement direct ou par réflexion**)



- Ouvertures en Toiture

Vitrages opaques

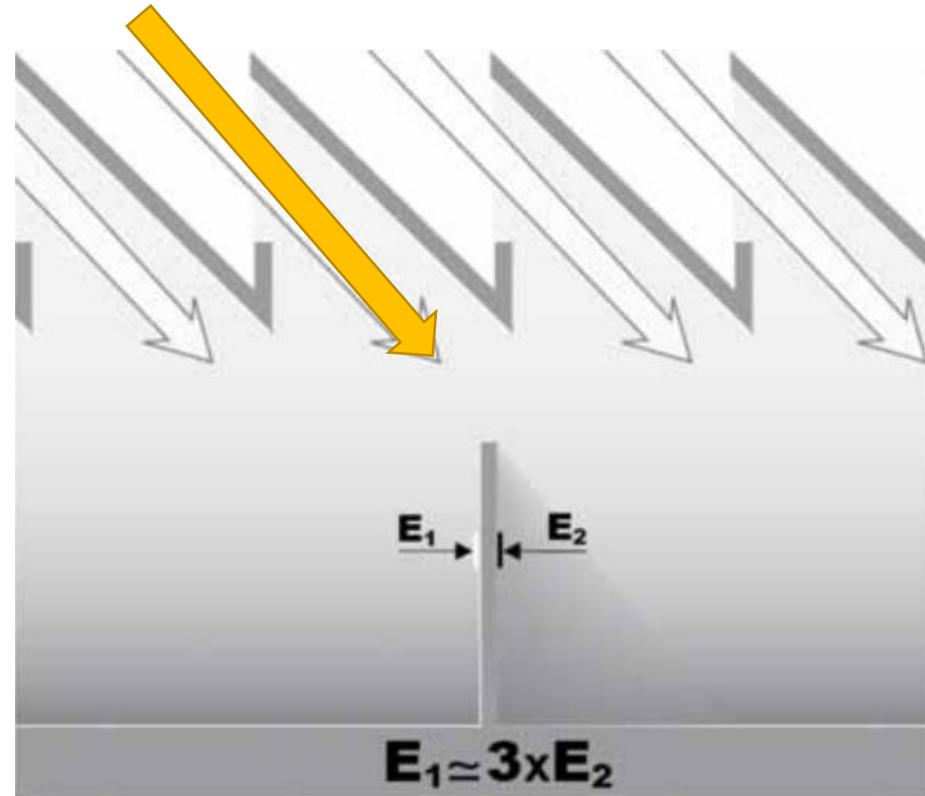
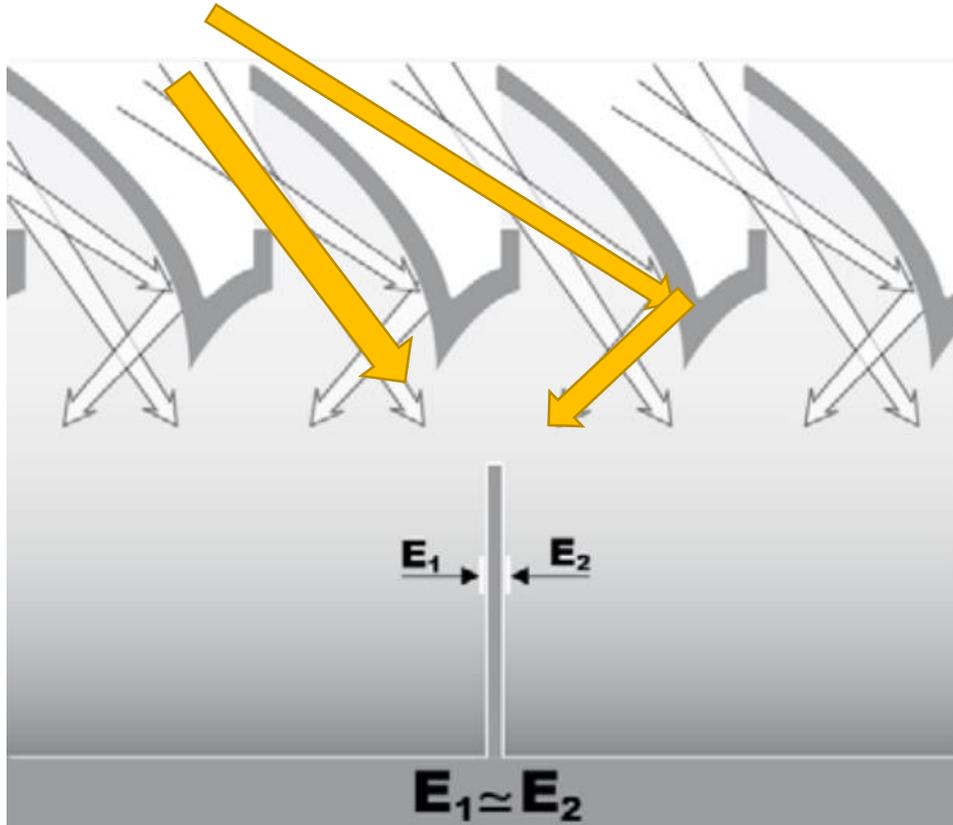
L'emploi de verres diffusants permet de **diffuser le rayonnement direct**. Le fait de masquer la vision du ciel n'entraîne pas une réelle perte d'information



- **Ouvertures en Toiture**

Direction de la lumière

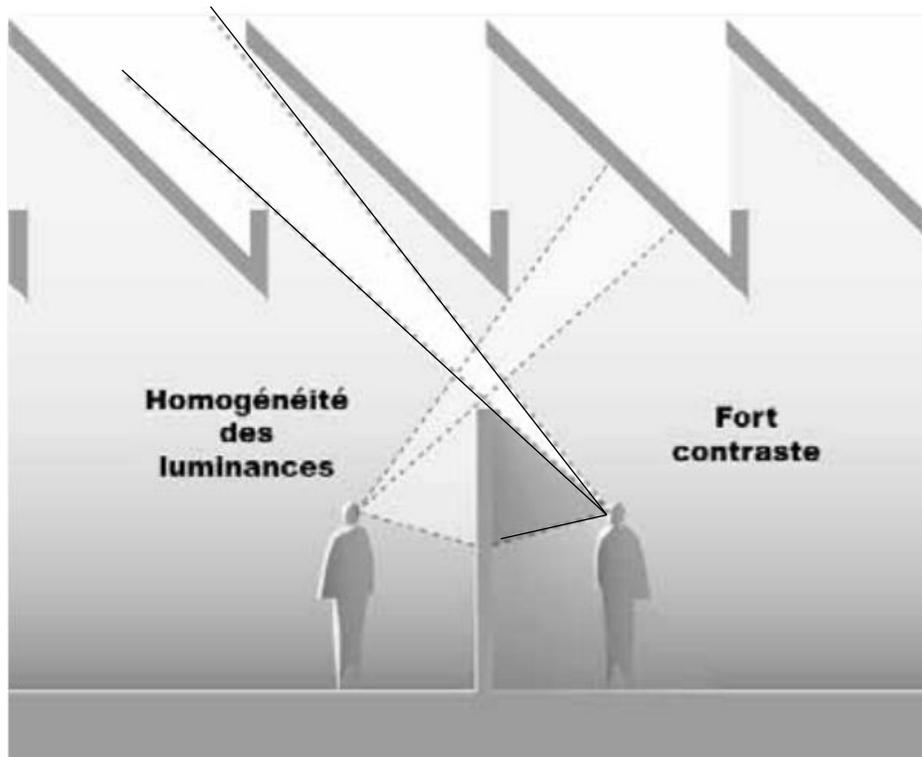
Il est possible d'équilibrer les directions de lumière en jouant sur la forme de l'ouverture



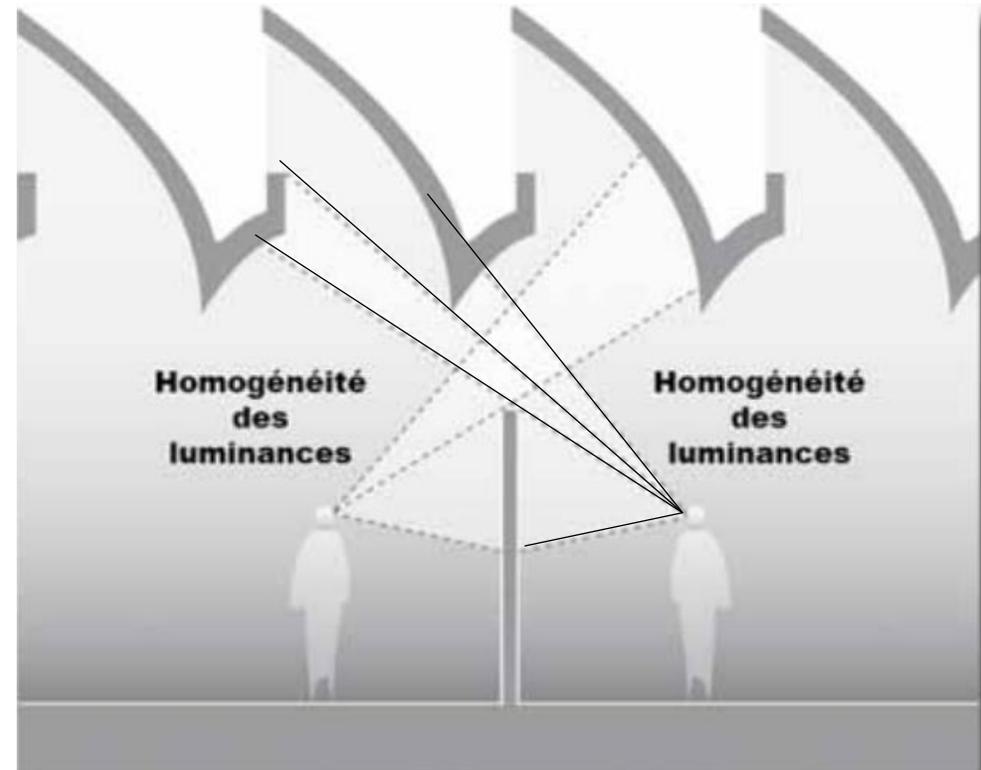
- **Ouvertures en Toiture**

Direction de la lumière

La forme de l'ouverture influe directement sur la qualité d'observation des utilisateurs



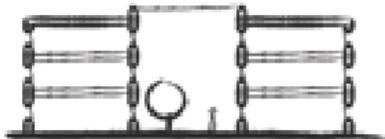
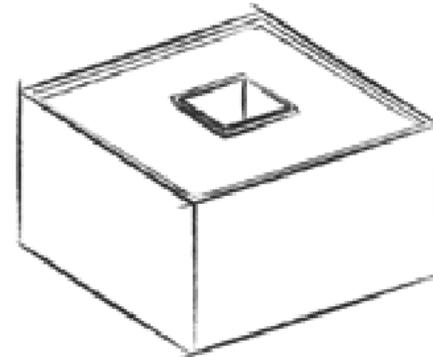
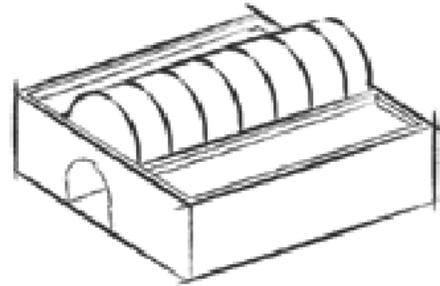
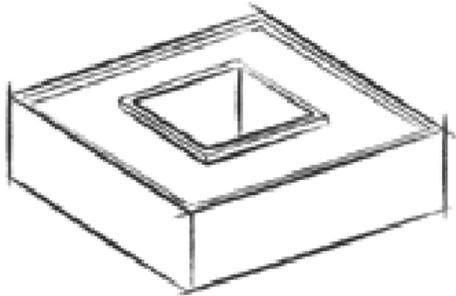
Direction de la lumière
Contraste fort



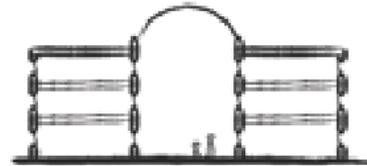
Direction de la lumière **Homogénéité des luminances**

• Ouvertures en Toiture

Les atriums/patios et puits de lumière



PATIO



ATRIUM



PUITS DE LUMIERE

Principe

Apport de lumière naturelle par un volume extrudé plus ou moins grand au cœur d'un bâtiment.

Avantages

La création d'un atrium/patio au centre d'un bâtiment peut être une solution adaptée dans le cas d'une construction à la géométrie compacte (i.e. carrée).

Inconvénients

N'offre pas ou peu de vue sur l'extérieur. L'apport de lumière naturelle chute rapidement d'un étage à l'autre (diminution rapide de la composante directe). Peut poser des problèmes de vis-à-vis et d'intimité.

Les Stratégies de la lumière naturelle

1. Capter



2. Transmettre



3. Distribuer



4. Se protéger



5. Contrôler

1. Capter

1.1. Bâtiments avoisinants

21 Decembre



1.2. Éléments liés au bâtiment lui-même

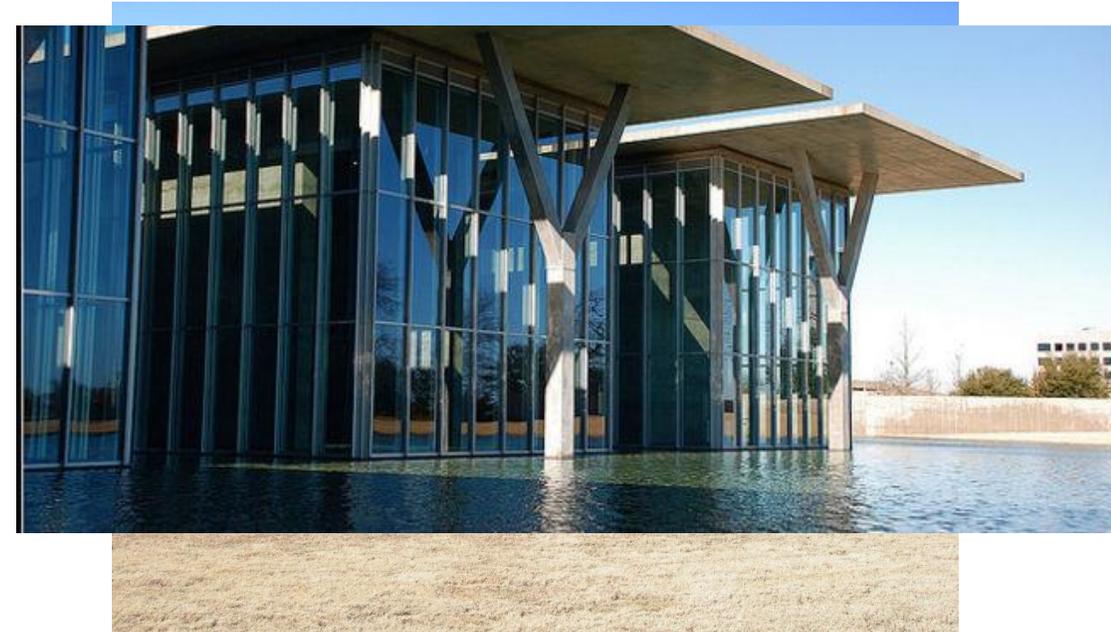


ZAHA HADID

1.3. Végétation



1.4. Réflexion des surfaces extérieures



2. Transmettre

2.1. Inclinaison de l'ouverture

2.2. Orientation de l'ouverture

2.3. Dimensions de l'ouverture

Châssis

Forme

2.4. Matériau de transmission

2.5. Caractéristiques du local

Dimensions

Aménagement intérieur

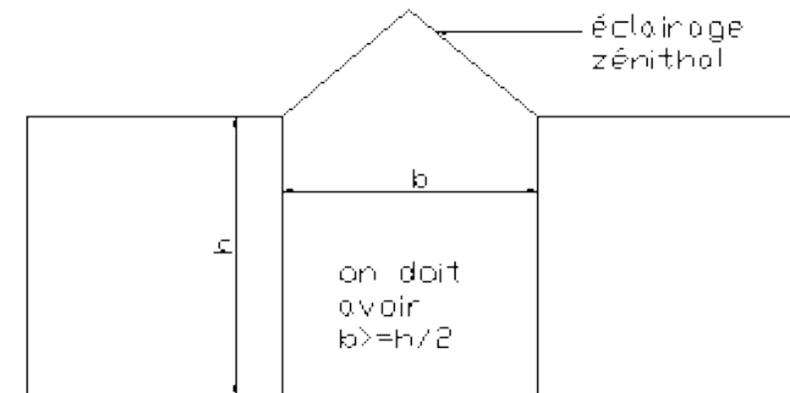
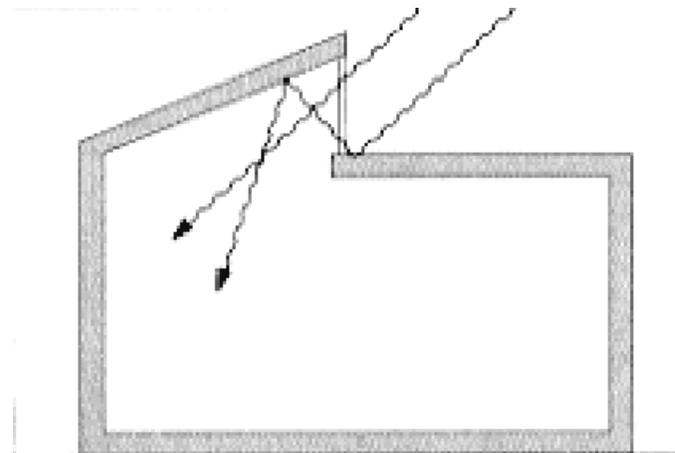
- **Fenêtre en toiture**

-c'est le système le plus performant: **de 3 à 5 fois** plus de lumière, à surface équivalente, qu'un vitrage vertical

-obligation d'une ventilation naturelle ou artificielle pour éviter tout échauffement important

-l'étanchéité

-le rayonnement solaire direct des locaux de travail, bureaux, etc. doit être limité car il peut représenter une gêne considérable



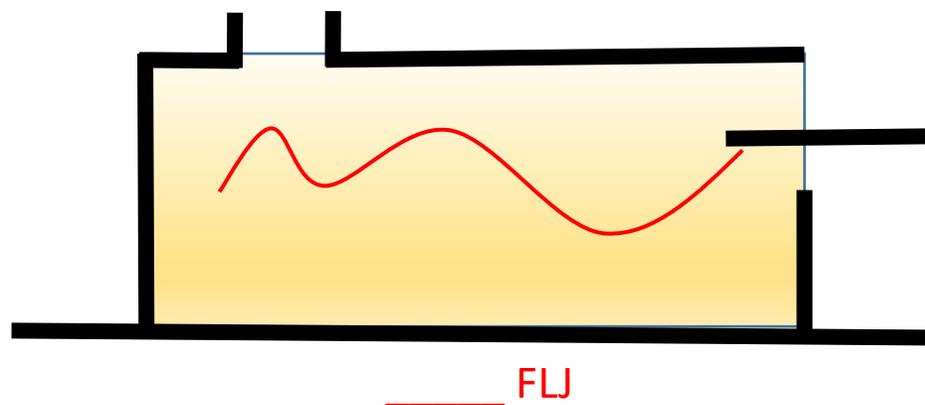
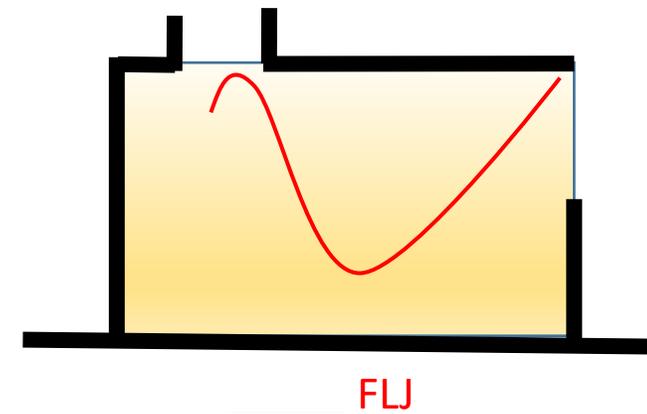
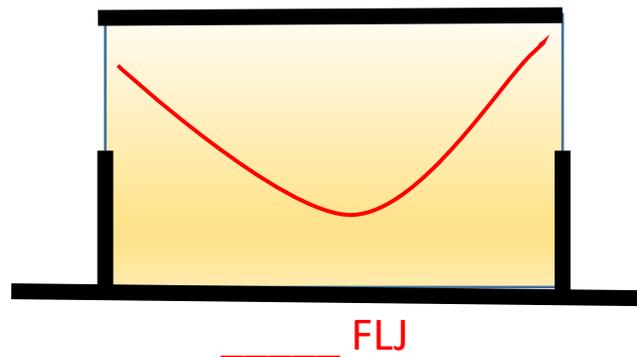
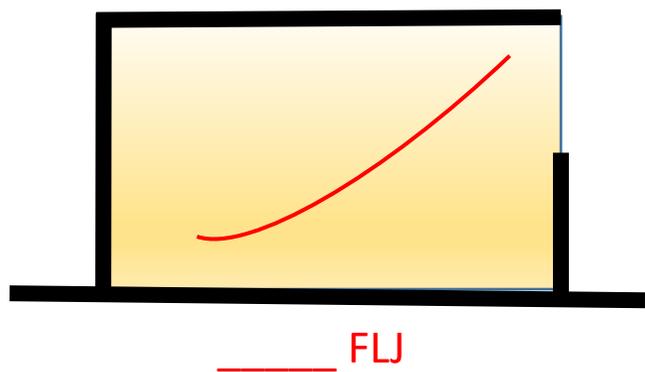
3. Distribuer

3.1. Type de distribution lumineuse



kimbell art museum louis kahn

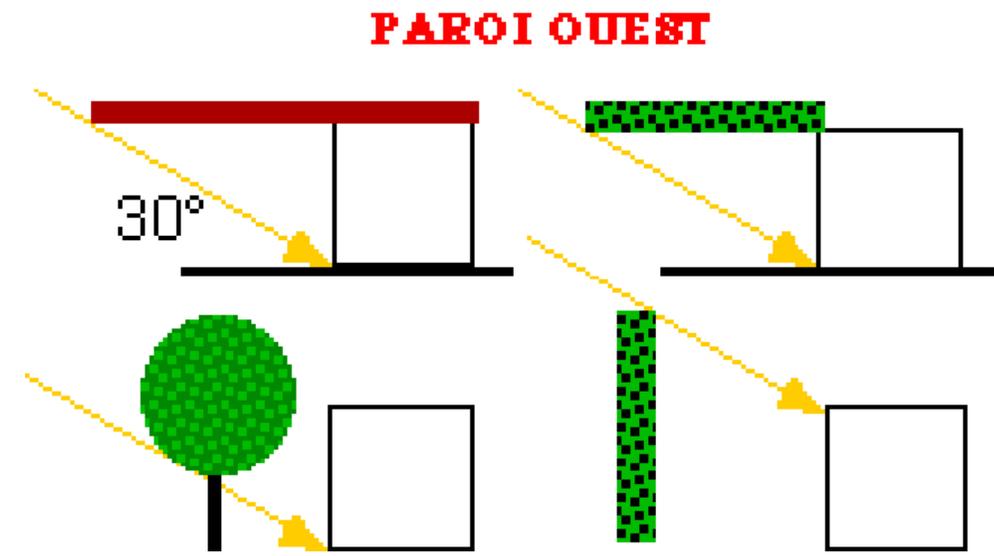
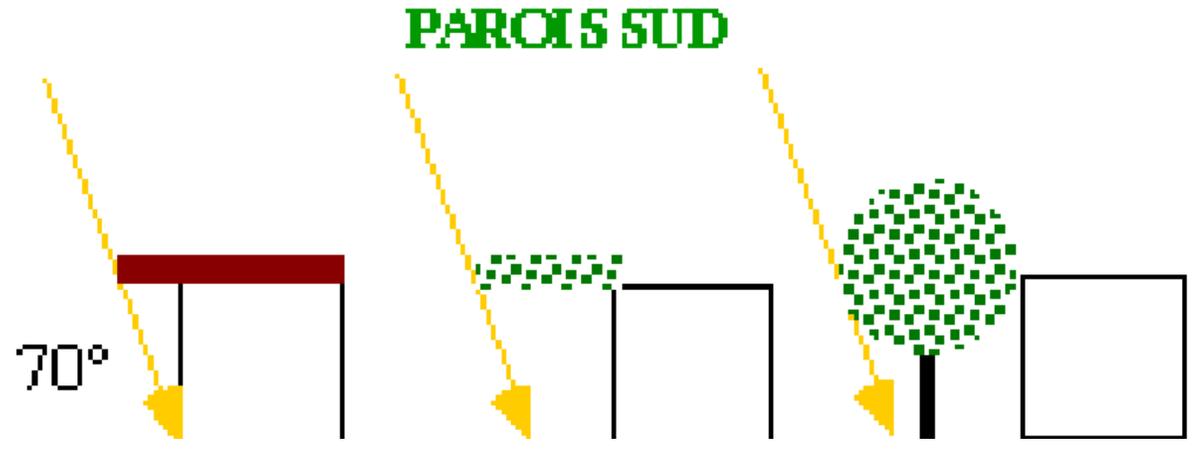
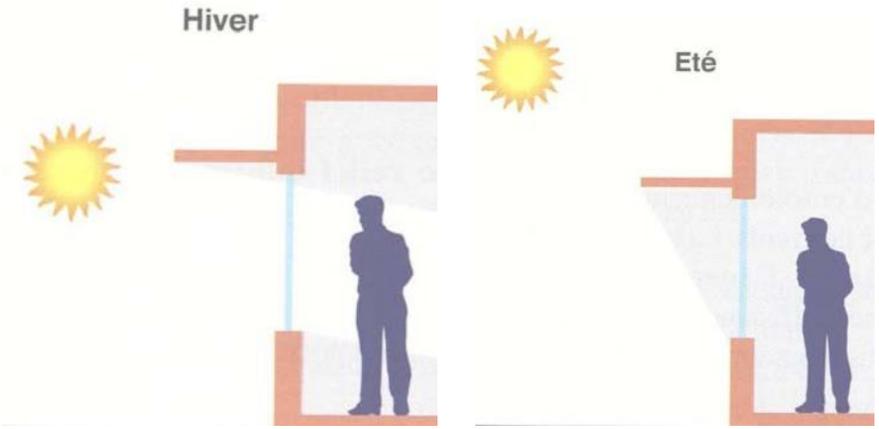
3.2. Répartition des ouvertures



3.3. Systèmes de distribution lumineuse (voir cour précédent light shelves-Conduits de lumière ...)

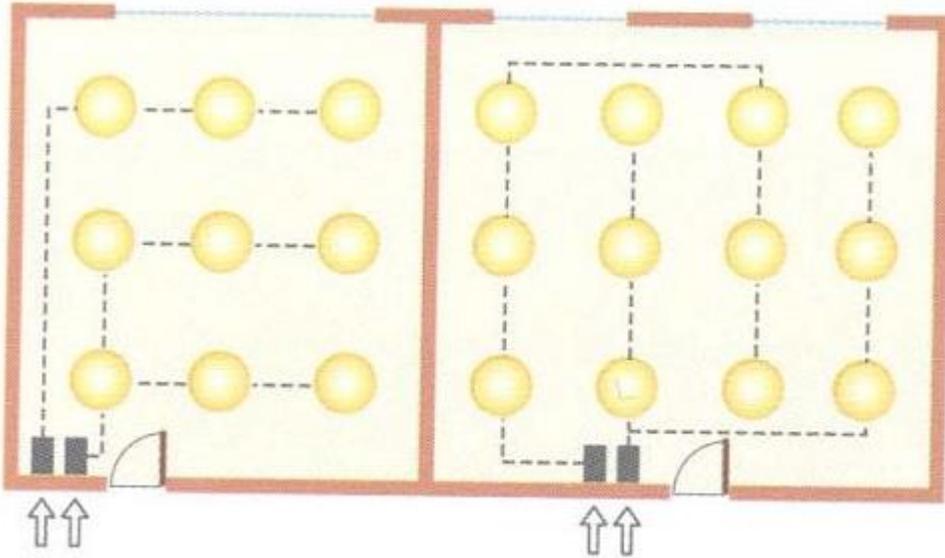
4. Se protéger

- Se protéger



5. Contrôler

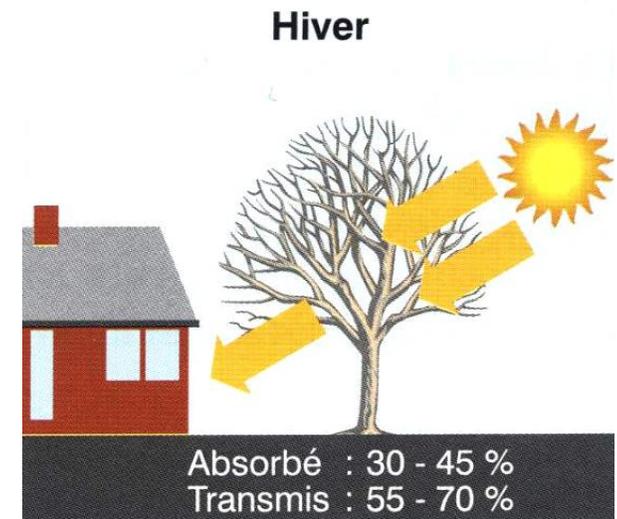
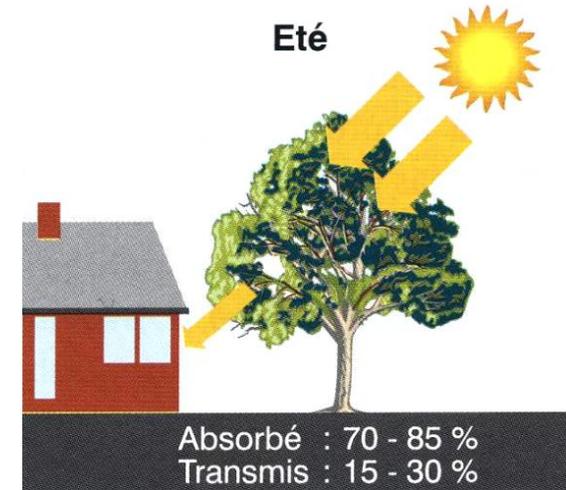
5.1. Zonage



5.2. Automatisation des commandes



5.3. Contrôler les apports



Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 10-11

- **La prédétermination de l'éclairage**
 - 3.5 Éclairage urbain
 - 4. Energies renouvelables : le photovoltaïque et l'éolienne

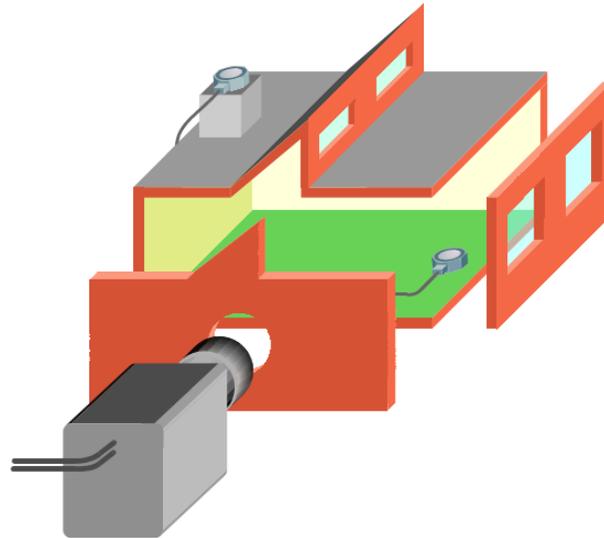
- **La prédétermination de l'éclairage**

Il existe plusieurs outils et méthodes pour prédire les conditions d'éclairage naturel dans un local.

- 1. Les mesures**

Contrairement à la thermique, l'acoustique ou la structure ; les maquettes sont représentatives de la réalité et ne nécessitent pas de correction d'échelle pour l'éclairage naturel.

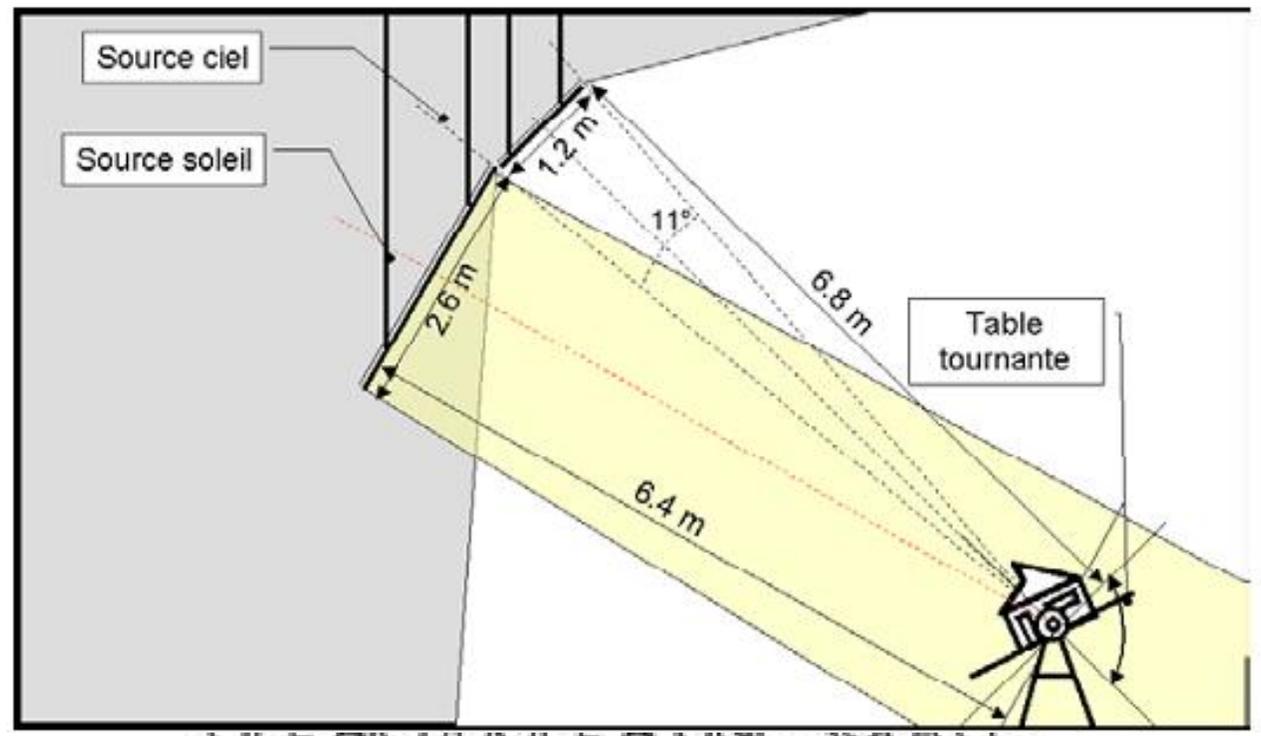
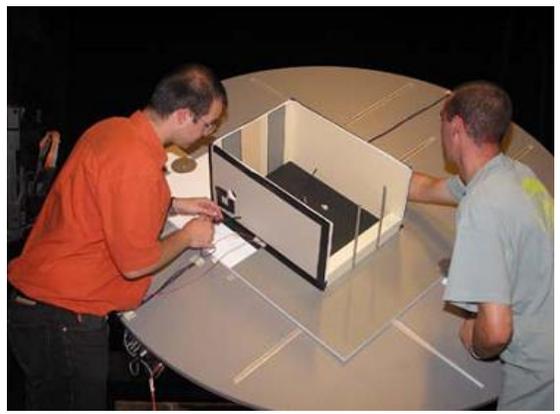
En revanche, l'approche de la rugosité et de la réflexion des matériaux peut nécessiter des corrections si les matériaux réels ne sont pas utilisés.



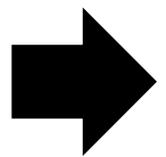
Exemple d'étude d'éclairage naturel

Un ciel artificiel peut être de plusieurs formes et usages

Un dôme complet composé en théorie de 145 lampes



Une seule source mobile ou immobile qui est une discrétisation du dôme à 145 lampes, qui peut être utilisé comme héliodon



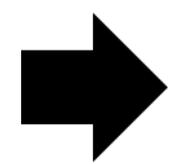
«Sunny» Hand drawing for bare shed



Close up of sun control, 21.11. , 9 am



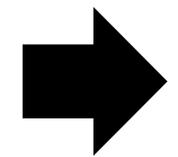
Sunlight penetration, 21.12. , 11 am



Sous des conditions de ciel couvert, avril 16 h



Daylight penetration, avril 16 h



Model on heliodon, 21.11. , 9am



Sunlight penetration, 21.06. , 10 am

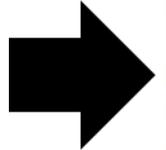


Under sunny conditions, 21.11. , 9 am



Sunlight penetration, 21.10. , 12 pm

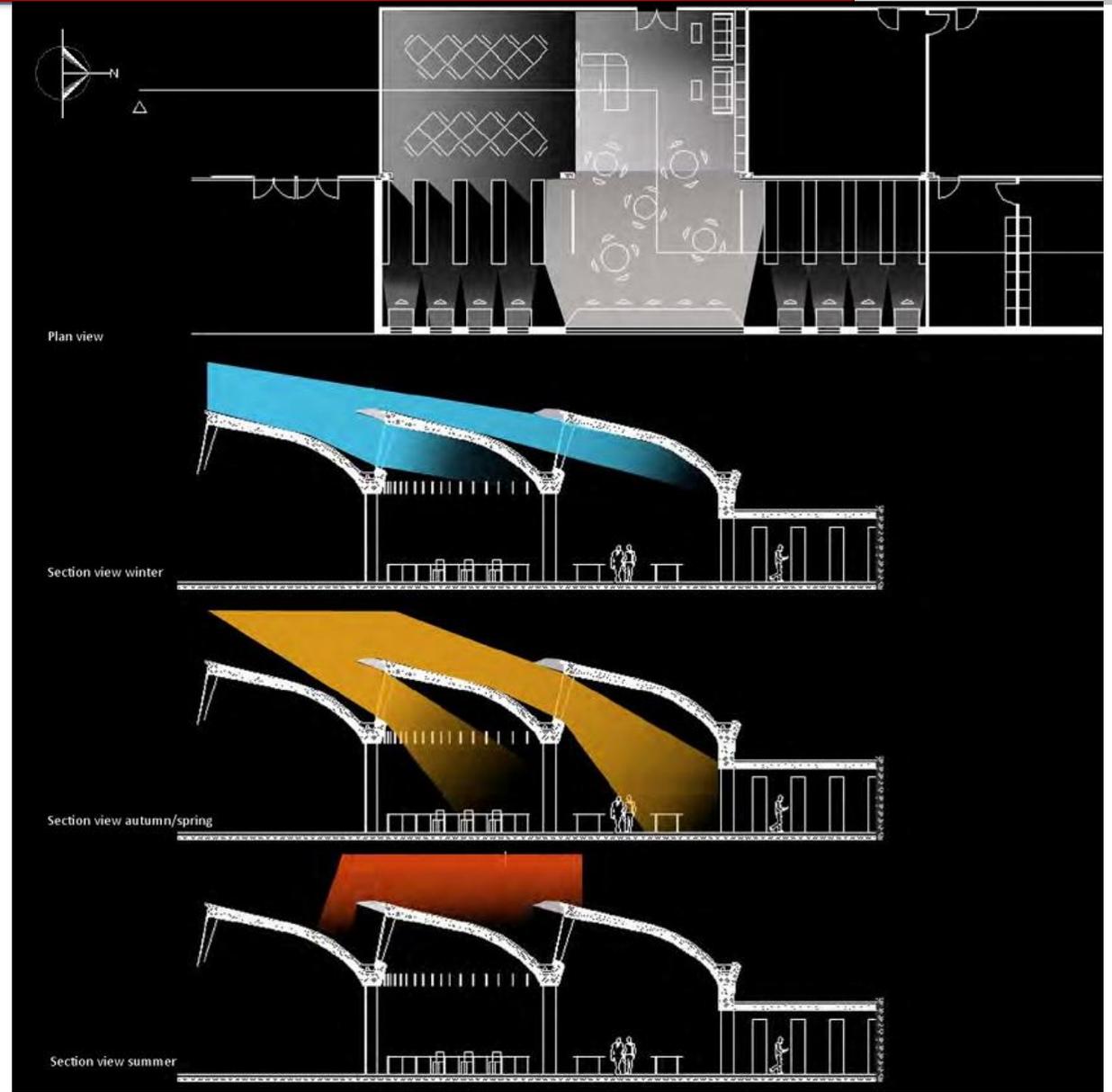
Exemple d'application



Sous des conditions de ciel couvert, avril 16 h



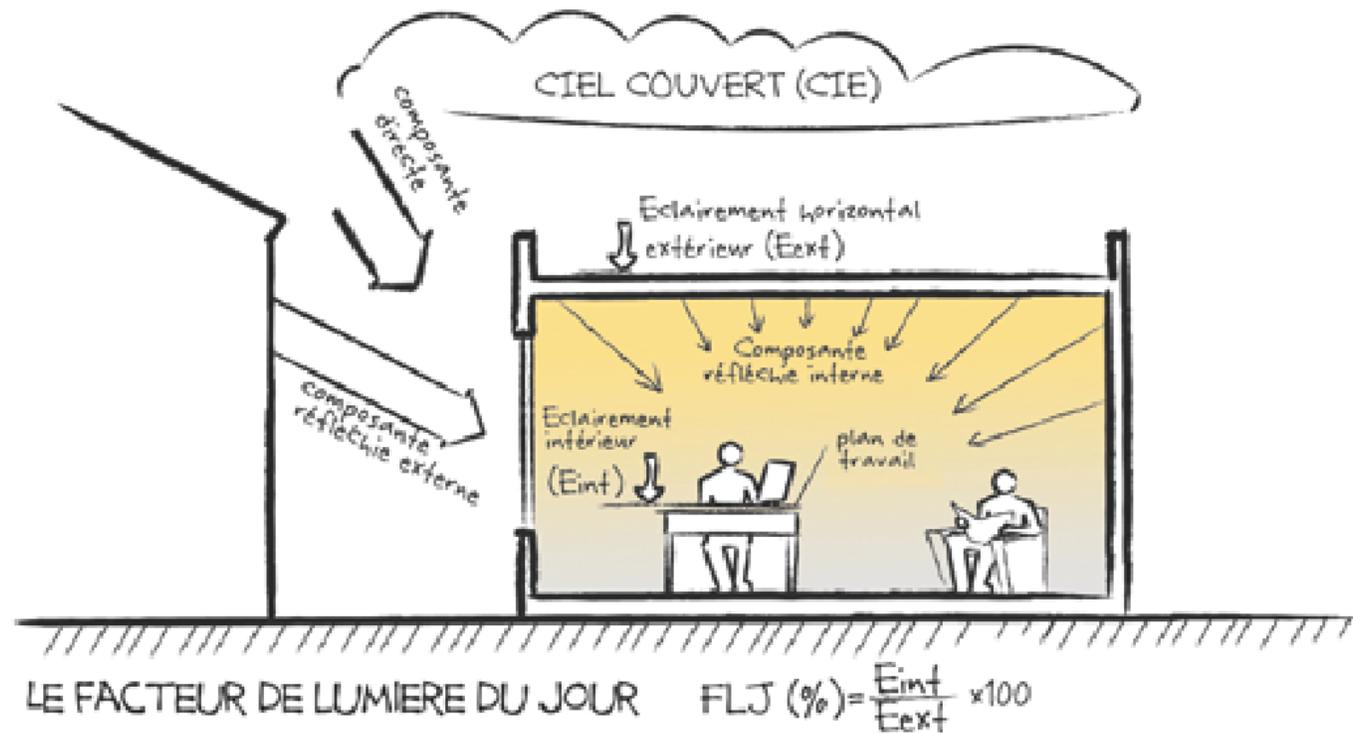
Daylight penetration, avril 16 h



2. Les méthodes de calcul simplifiées

Le facteur de lumière du jour moyen

Le facteur de lumière du jour (FLJ) est l'indicateur le plus répandu d'appréciation de la qualité de l'éclairage naturel d'un local. Cet indicateur exprime le ratio entre l'éclairage intérieur en un point du plan utile et l'éclairage extérieur horizontal en site dégagé sous condition de ciel couvert dit CIE.



3. Les méthodes de calcul avancées et simulations numériques

L'autonomie lumineuse (DA)

L'autonomie lumineuse en éclairage naturel est définie comme **le nombre d'heures annuelles** (sur une **plage horaire** définie, par exemple de 8 h à 18 h) qui atteindront une consigne d'éclairement donnée en point d'un local grâce à la lumière naturelle seule.

Le référentiel de **certification BREEAM** semble être le seul à ce jour à intégrer **l'autonomie lumineuse comme indicateur de performance** en éclairage naturel. Il y est **recommandé** une **autonomie de 2 650 heures à 200 lux**

Lumière naturelle utile (Useful Daylight Illuminance – UDI)

L'indicateur Useful Daylight Illuminance (UDI) ne prend en compte que les périodes où l'éclairage naturel sera utile aux occupants, autrement dit lorsque les conditions dans le local ne seront ni trop sombres (< 100 lux), ni trop lumineuses (> 2000 lux).

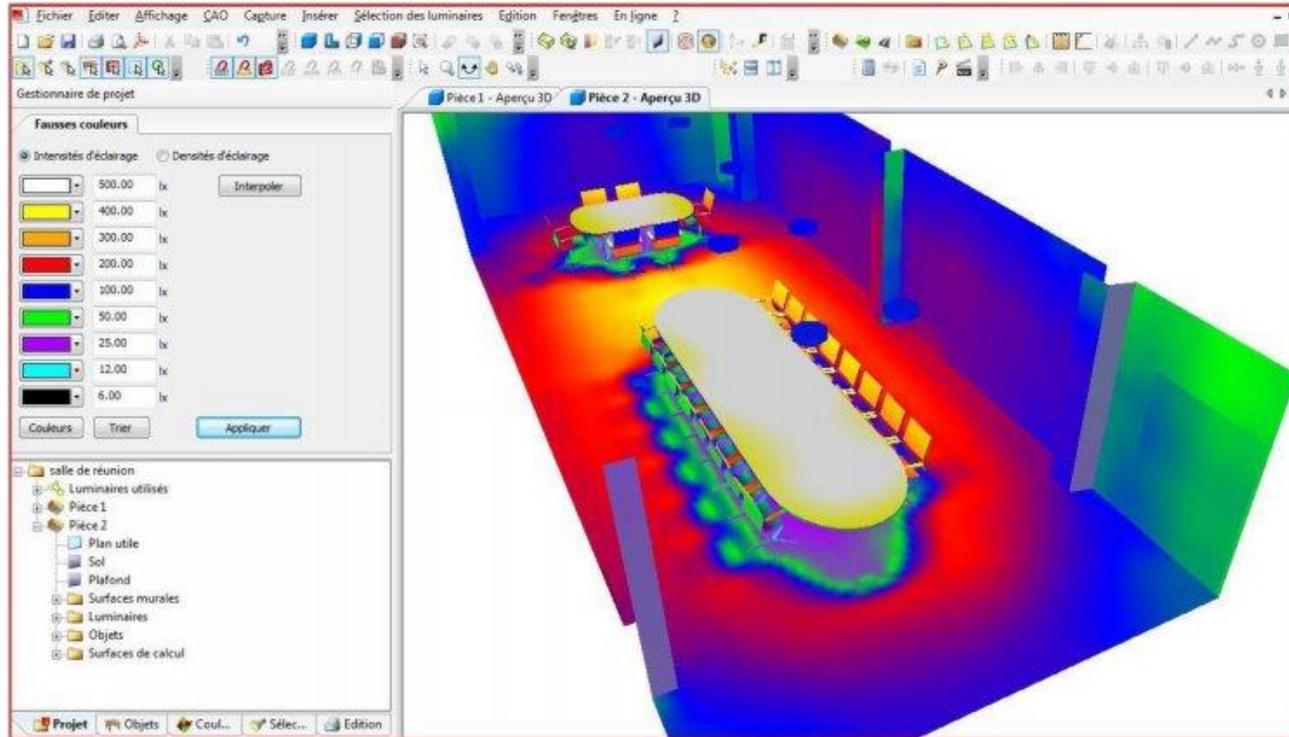
Cet indicateur permet de considérer la lumière naturelle lorsqu'elle n'aura pas besoin d'être occultée pour des raisons d'éblouissement ou complétée par de la lumière électrique.

Autonomie spatiale en éclairage naturel (Spatial Daylight Autonomy - sDA)

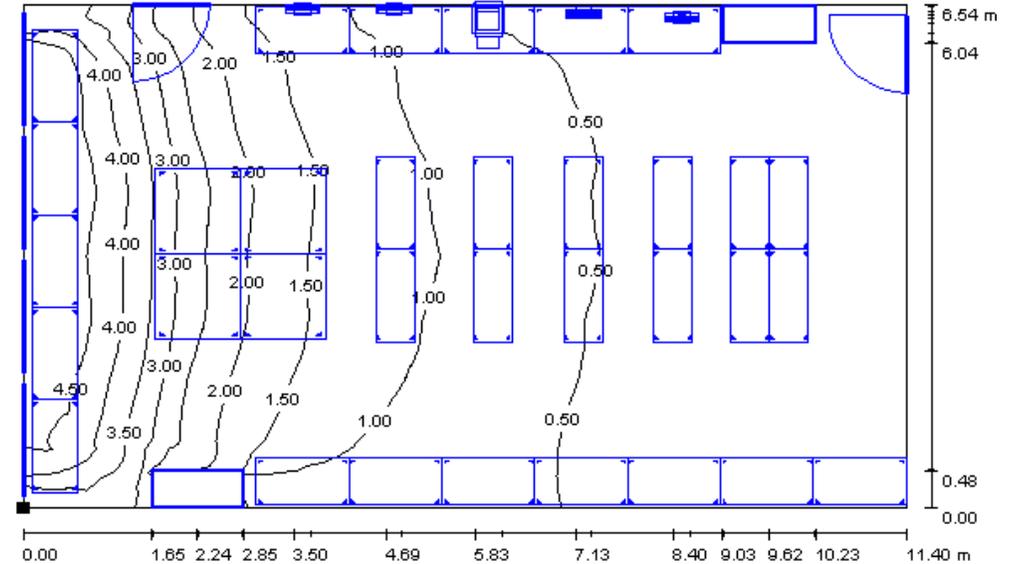
À l'inverse des autres indicateurs, le sDA est une valeur unique pour un local. Il traduit le pourcentage de surface au-delà de 300 lux pendant 50 % du temps.

4. Les outils de simulations informatique

Une fois le local modélisé à l'aide d'un outil de modélisation 3D, ses performances en éclairage naturel peuvent être estimées à l'aide de logiciels de simulations numériques, Exemples: Dialux light-Radiance – ecotect



Rendu fausse couleurs éclairage



courbe isolux

Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 10-11

3.5 Éclairage urbain

4. Energies renouvelables : le photovoltaïque et l'éolienne

3.5 Éclairage urbain

But de l'éclairage public

- Offrir à l'utilisateur **une perception visuelle** correcte des zones de **circulation publique** pendant **les périodes d'obscurité** dans le but pendant les périodes d'obscurité dans le but d'assurer **la sécurité et le bon écoulement du trafic** ainsi que la sécurité publique

Paramètres influant sur l'efficacité d'une installation

- Faut-il **éclairer ou non** une rue? (la décision appartient à la collectivité ville, cette question n'est pas traitée par les normes

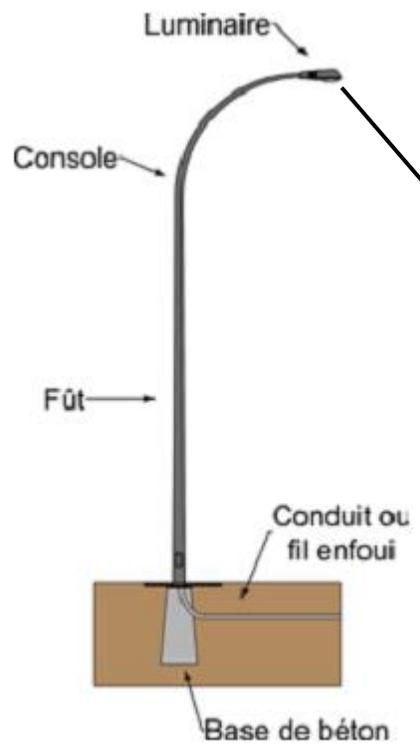
- **Rendement de la source lumineuse** (ampoule) lié à la technologie utilisée iodure métallique, sodium, Led, fluorescence. Anciennes technologies (vapeur de mercure ou mixte banient en 2015)

- **Rendement des appareillages auxiliaires** (nécessaires au fonctionnement des lampes à décharge) ballasts ferromagnétiques ballasts électroniques. Avantage électronique: Meilleure efficacité 92% environ. Après un certain temps la consommation des lampes augmente l'électronique corrige ce défaut.
- **Rendement du luminaire (facteur u)** représente la proportion du flux lumineux initial des lampes qui atteint la surface à éclairer soit entre **20% et 55%** seulement
- **Les normes 13201** qui définissent la **quantité de lumière** à apporter à la zone à éclairer en fonction de différents critères
- **Hauteur** et disposition des mâts & angle **d'inclinaison des luminaires**: Doivent être adaptés à la surface à éclairer
- Durée **d'enclenchement annuel** (liée au système de pilotage)
- Système de dimmage (facultatif) permet de diminuer le flux lumineux pendant les heures dites creuses (consulter **normes 13201**)

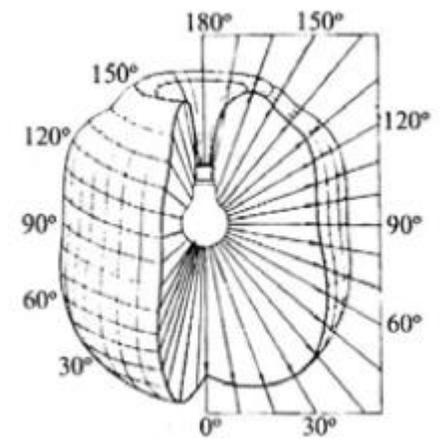
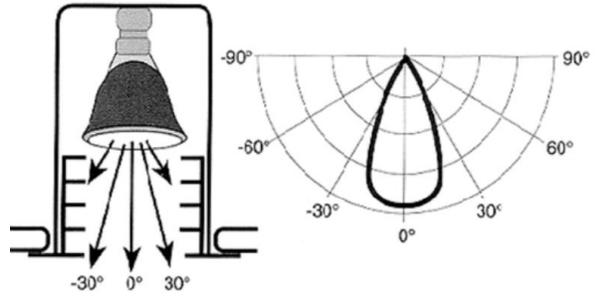
Tableau 3. Exigences relatives pour les zones, tâches et activités

Zones	Tâches et activités	E_{moy} (lux)	E_{min} / E_{moy}
Circulation générale	Trottoirs piétons	5	0,25
	Véhicules lents	10	0,40
	Véhicules 40 km/h maxi	20	0,40
	Passages piétons	50	0,40
Site industriel	Manutention de courte durée	20	0,25
	Manutention continue	50	0,40
	Plate-forme de chargement	100	0,50
Parc de stationnement automobile	Circulation peu intense	5	0,25
	Circulation moyenne	10	0,25
	Circulation intense	20	0,25

2-CROQUIS D'UN LAMPADAIRE

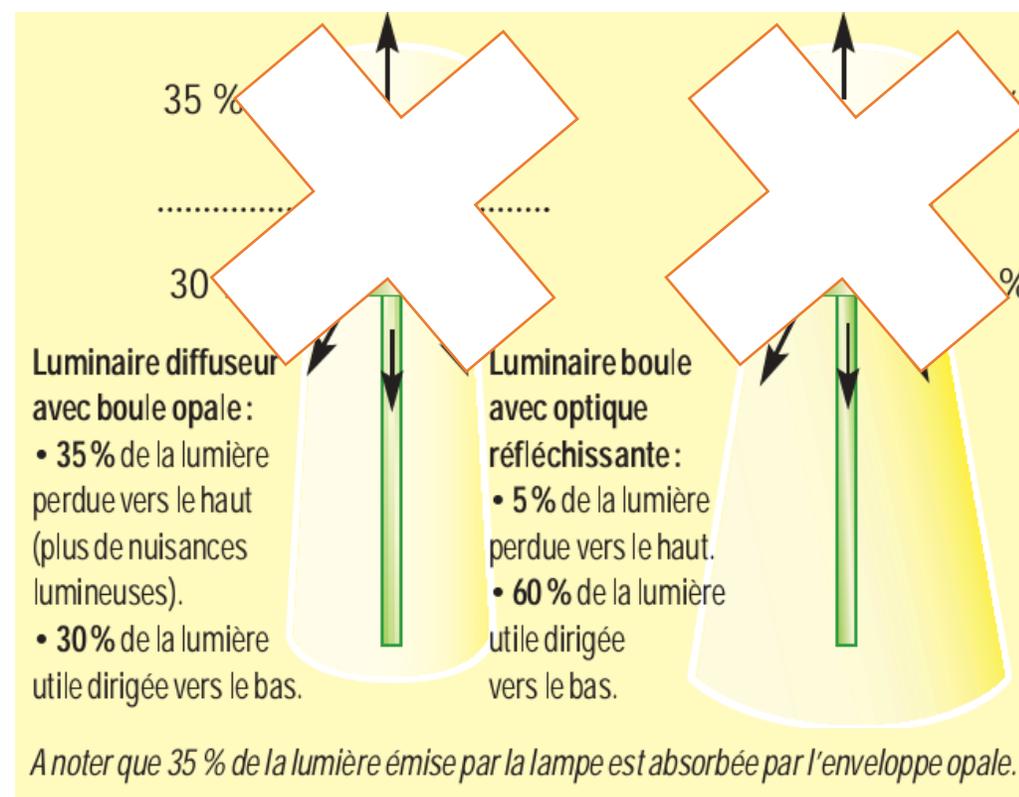


Les **courbes photométriques** des luminaires (fournies par les fabricants) donnent la répartition des intensités dans les différentes dimensions de l'espace et permettent ainsi de calculer les éclairagements.



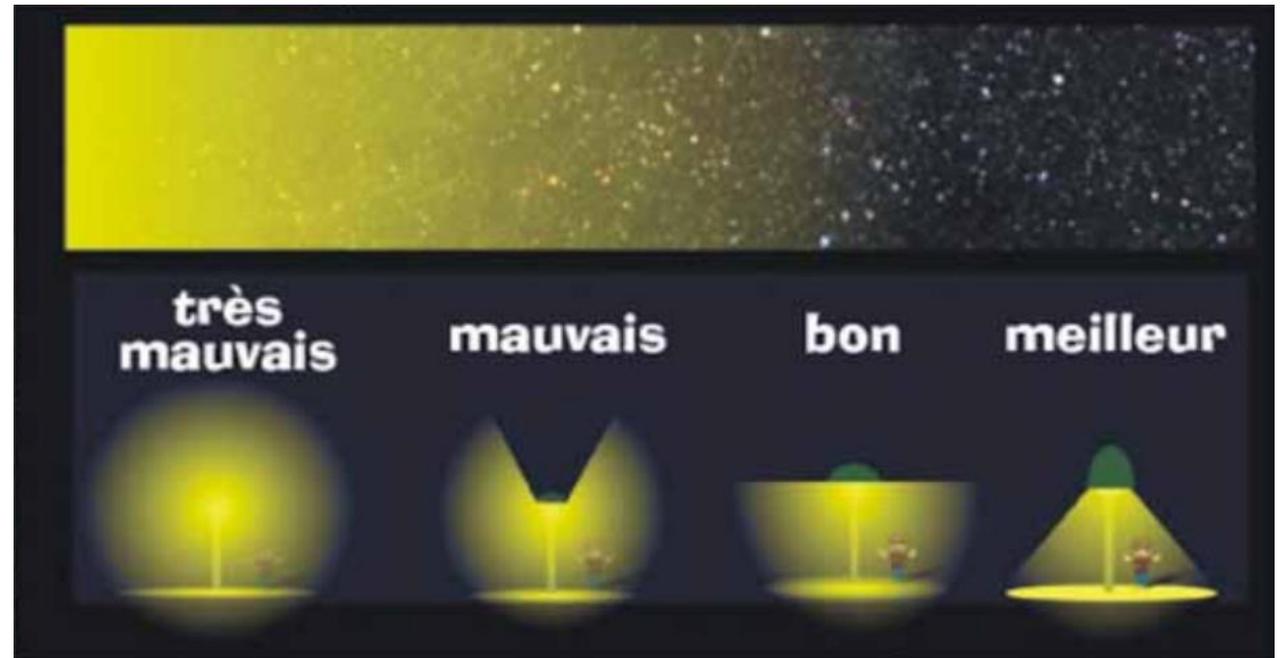
Exemple d'application

Utiliser, souvent pour des raisons d'investissement, des luminaires du type diffuseur boule opale en plastique: c'est risquer **de banaliser les ambiances**, de créer un « **bruit de fond** » lumineux (**interférences nuisibles** avec les autres espaces éclairés), avec un **bilan énergétique (lumière perdue)** et environnemental (**nuisances lumineuses**) déplorable.



Luminaires et mobiliers

Modes d'éclairage



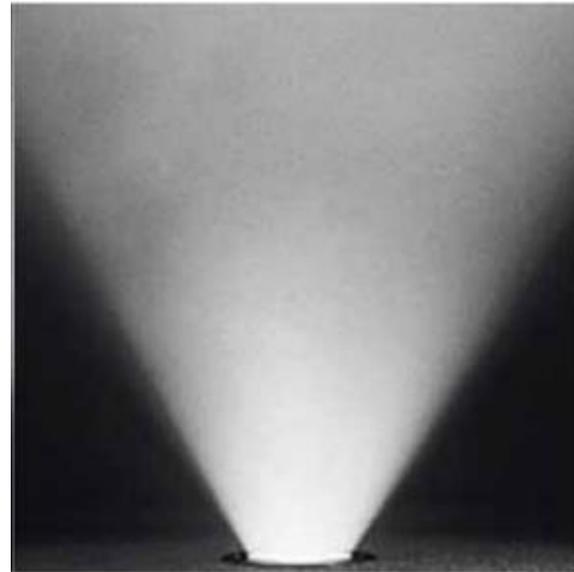
Luminaire et mobiliers

Modes d'éclairage

Types de faisceaux



asymétrique



symétrique extensif

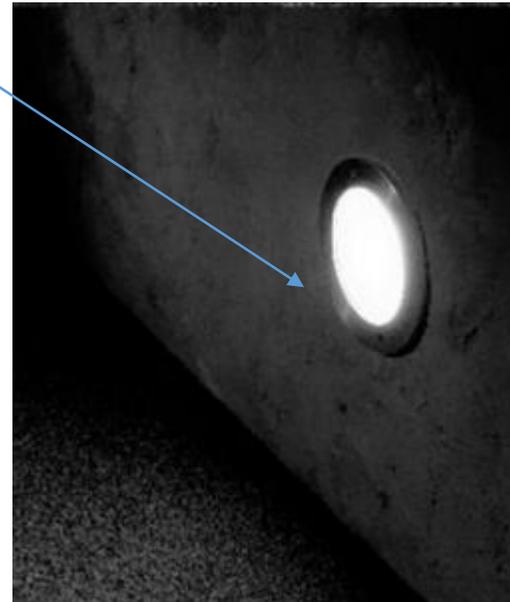


symétrique intensif

Luminaire et mobiliers

Modes d'éclairage

Projecteurs encastrés (de sol, mural)



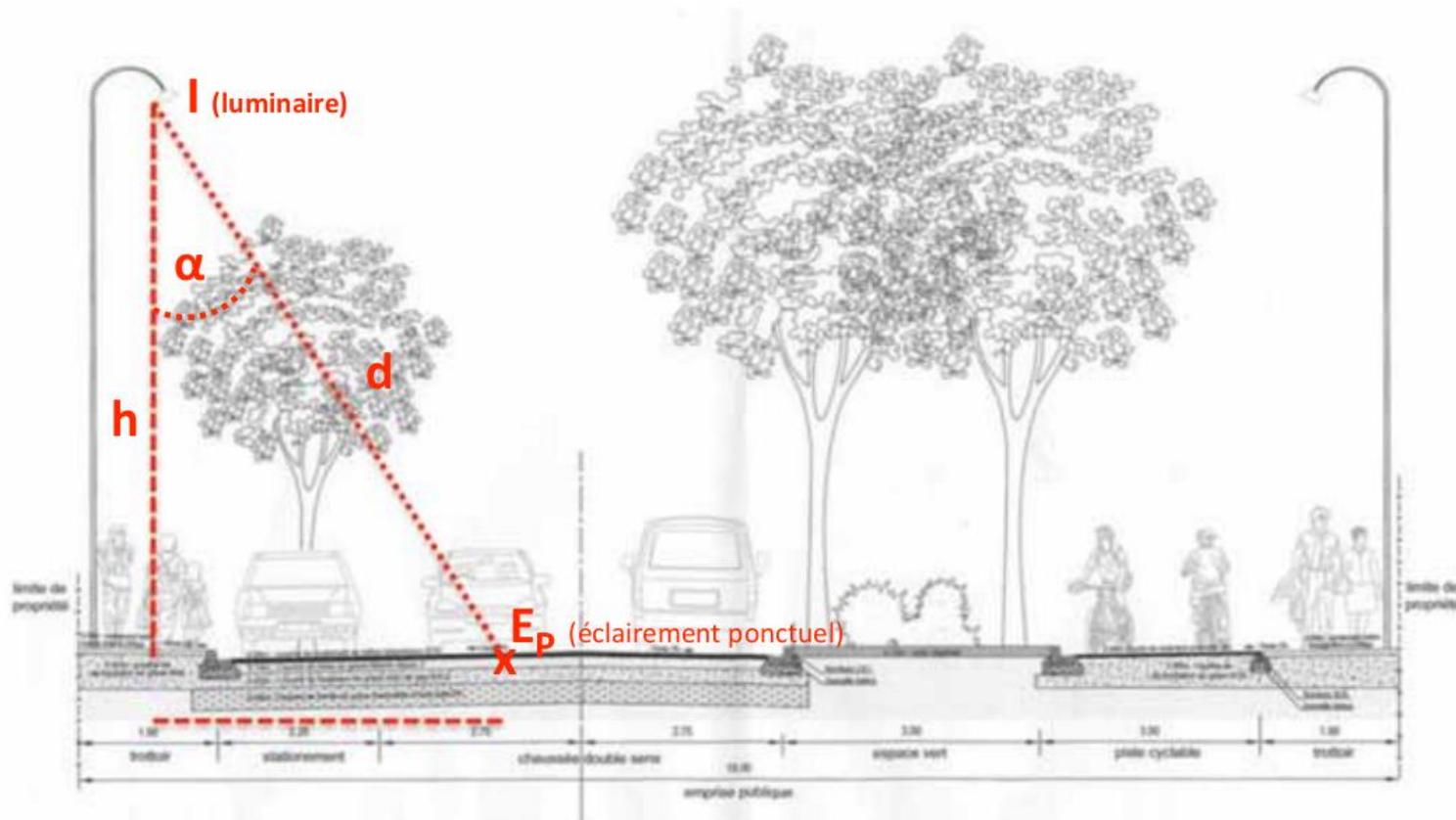
Calcule éclairage lampadaire (éclairage urbain)

Dans le projet, l'éclairage se calcule à partir de la formule générale suivante :

$$E = (I \cos \alpha) / d^2 \text{ en lx}$$

Dans le cas ci-dessous (en raison des propriétés du triangle rectangle) :

$$E_p = I \cos^3 \alpha / h^2 \text{ en lx}$$



3-Types de lampadaire

Le lampadaire piéton

Le lampadaire piéton, ou décoratif, est constitué d'un petit fût surmonté d'un luminaire. Le lampadaire piéton est le lampadaire de base de l'éclairage des rues

Spécifications

Hauteur du fût :Généralement 4 mètres.

Hauteur de la source lumineuse :4,6 à 5,9 mètres.

Console :Généralement aucune, sauf dans les rues ayant des trottoirs trop étroits et qui requièrent une applique murale ou une console en fond de trottoir.



Lampadaire fonctionnel

Le lampadaire fonctionnel est composé d'un grand fût, d'une console et d'un luminaire. Il convient davantage aux rues ayant plusieurs voies de circulation, donc une vitesse et un niveau de conflits entre usagers plus élevés que les rues sur lesquelles les lampadaires piétons sont privilégiés. Sa hauteur de plus de 6,0 m permet d'éclairer sur une grande distance, réduisant ainsi la quantité de lampadaires nécessaire à l'éclairage d'une même rue

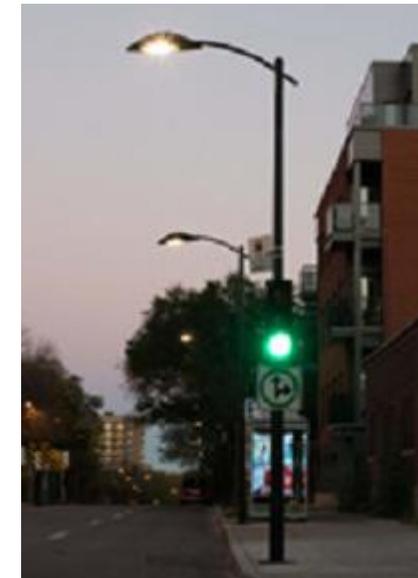
Spécifications

Hauteur du fût :6 à 11 mètres.

Hauteur de la source lumineuse :Hauteur maximale de 10 mètres.

Console :Grande variété de consoles pour différents styles de lampadaire.

Note :La hauteur des fûts permet l'installation de divers équipements, dont la signalisation et les équipements de contrôle du trafic comme les caméras



Le lampadaire combiné

Le lampadaire combiné se caractérise par un grand fût comportant deux consoles et deux luminaires, dont une console à pleine hauteur et une autre console à mi-hauteur dirigée au-dessus du trottoir

Spécifications

Hauteur du fût :6 mètres à 11 mètres.

Hauteur de la source lumineuse :4,6 mètres, côté trottoir, et hauteur maximale de 10 mètres, côté chaussée.

Console :Grande variété de consoles pour différents styles de lampadaire.

Mise en garde :Les lampadaires combinés doivent être installés en bordure de rue



Balise d'éclairage

Ce type de mobilier, qui comprend notamment le bollard et la colonne lumineuse, offre un éclairage de repère particulièrement intéressant pour les places publiques, les parcs et les pistes cyclables.

Spécifications

Hauteur du fût :4,6 mètres pour la colonne lumineuse, 1 mètre pour le bollard.

Hauteur de la source lumineuse :Variable.

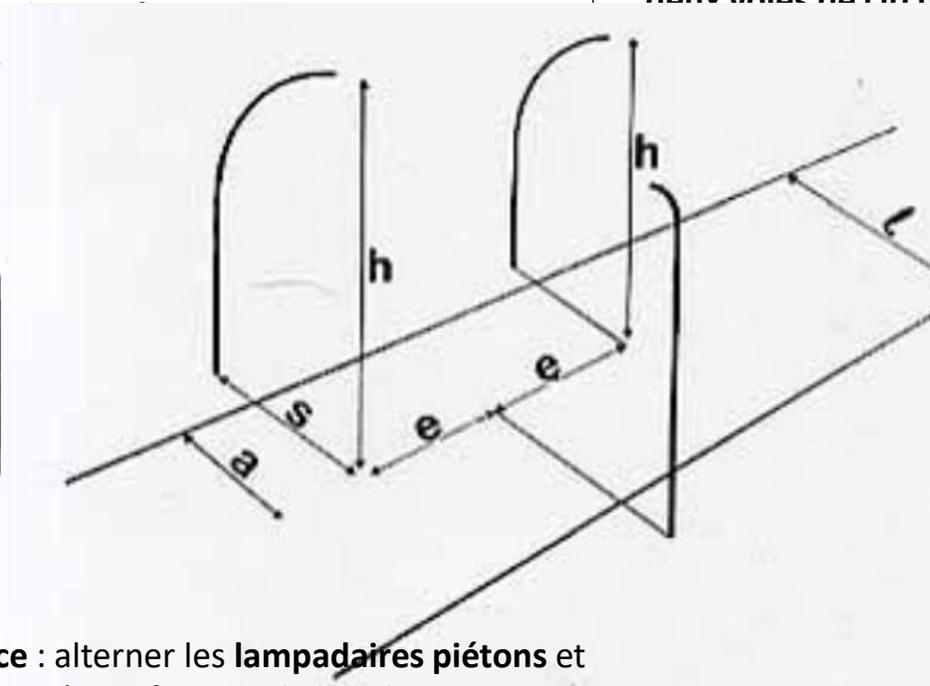
Mise en garde :La balise d'éclairage doit être utilisée uniquement pour offrir un éclairage d'appoint ou de balisage



4-CONFIGURATION DES LAMPADAIRES SUR LA RUE

Quinconce

L'implantation en quinconce consiste à disposer les lampadaires de part et d'autre de la rue de manière décalée. Elle est appropriée pour tous les types de rue et permet un éclairage comme sur les rues locales, les lampadaires suffisants



on peut opter pour **un double quinconce** : alterner les **lampadaires piétons** et **fonctionnels** et disposer les lampadaires piétons face aux lampadaires fonctionnels.

Cette configuration est particulièrement appropriée sur **les rues commerciales** nécessitant des niveaux d'éclairage plus élevés sur la chaussée et les trottoirs

Vis-à-vis

La disposition en vis-à-vis consiste à implanter **deux rangées de lampadaires face à face**. Elle est généralement utilisée sur les rues **collectrices ou artérielles**, ayant **deux voies de circulation** et plus par sens, **du stationnement** sur rue et des



Lorsque les trottoirs sont particulièrement **larges (plus de 5 mètres)**, il est recommandé d'utiliser des lampadaires combinés en bordure de rue afin de bien éclairer la chaussée et les trottoirs

CONFIGURATION DES LAMPADAIRES SUR LA RUE

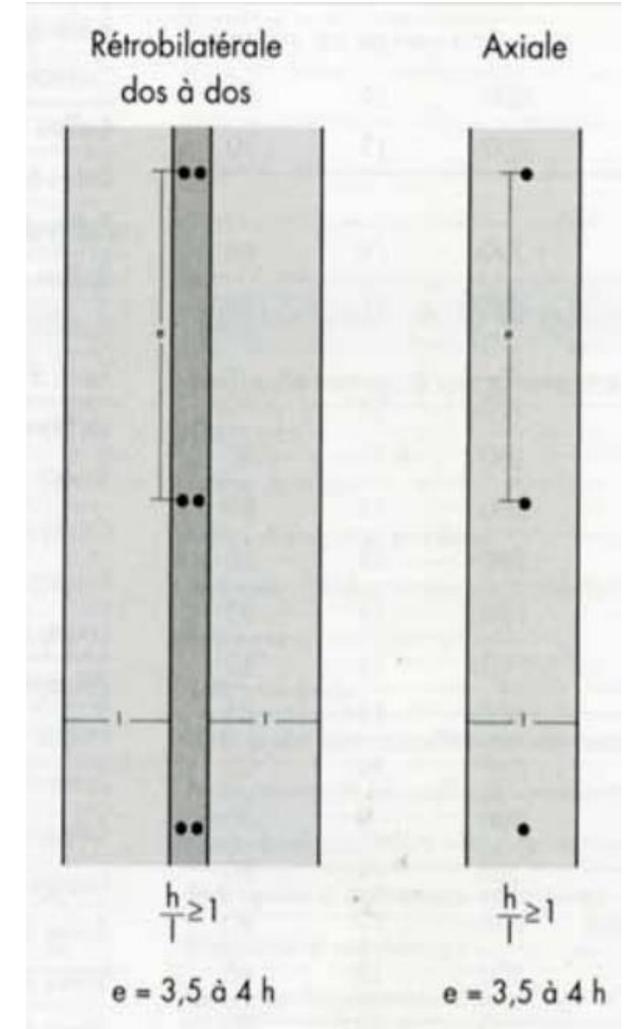
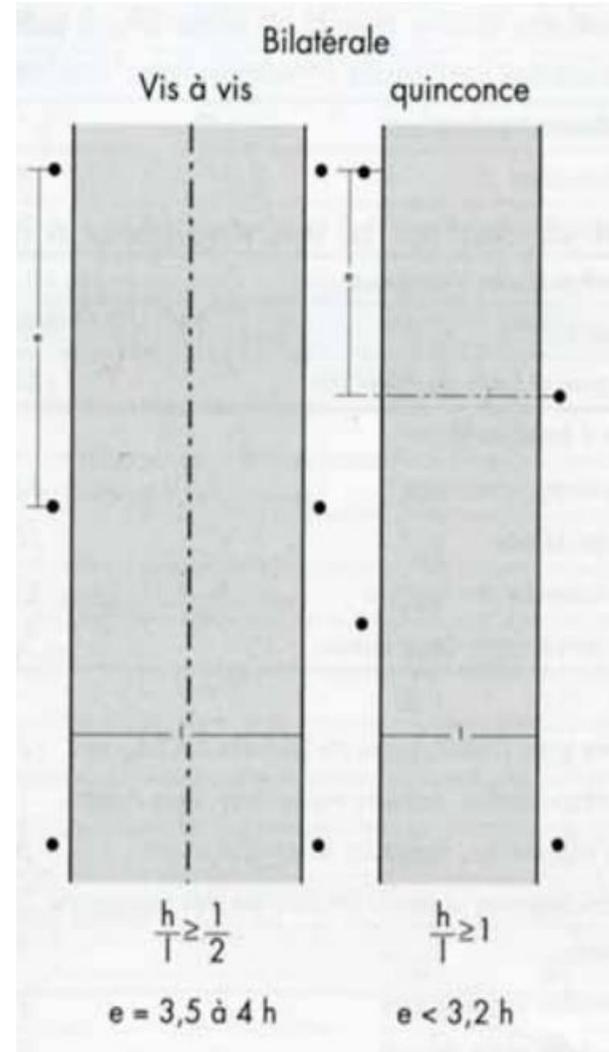
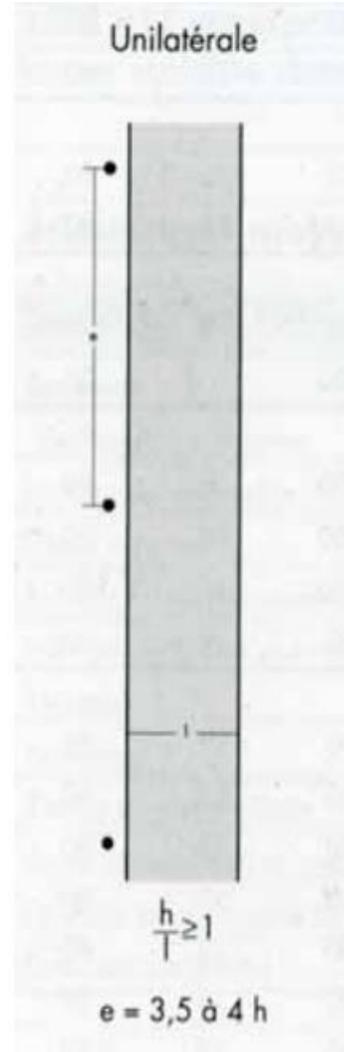
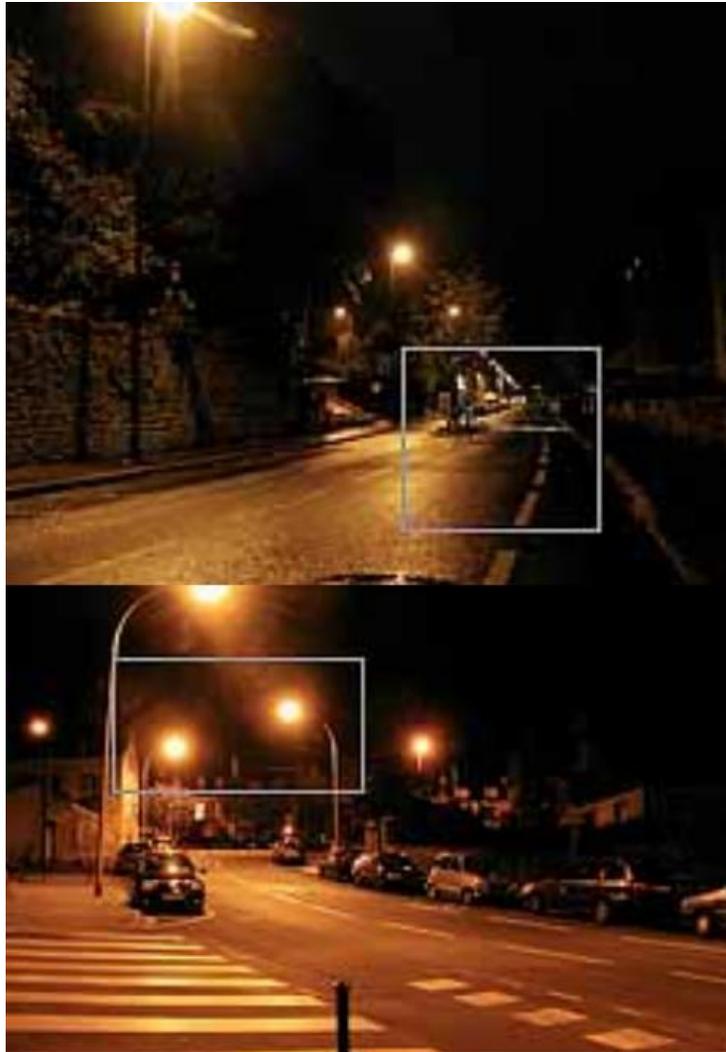
Terre-plein

Lorsque la rue est aménagée avec un terre-plein séparant les deux sens de la circulation, l'éclairage y est généralement installé. Le lampadaire fonctionnel à double console est recommandé pour éclairer adéquatement les deux chaussées.



Cette disposition peut également être combinée aux autres configurations. En effet, il est possible d'ajouter, par exemple, des lampadaires **piétons sur les trottoirs** si l'aménagement de la rue nécessite un éclairage supplémentaire

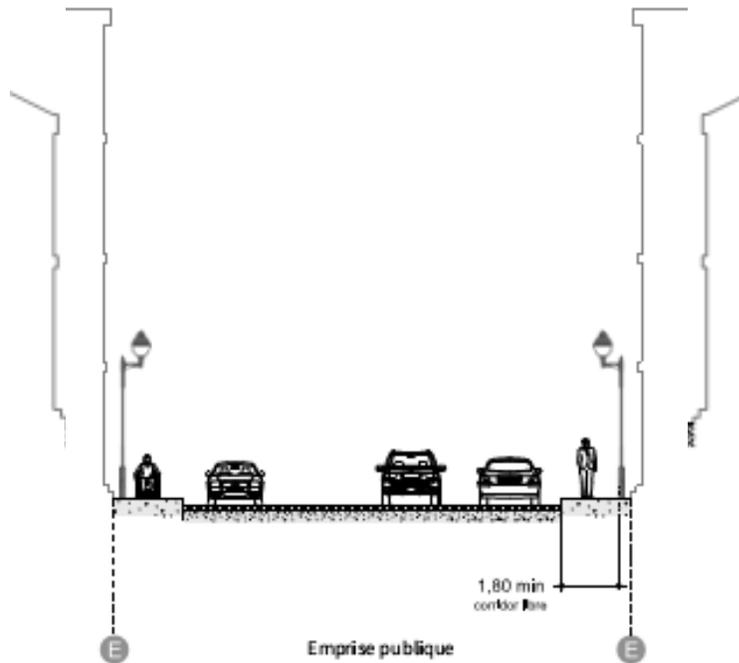
Implantations types



5-CONFIGURATION DES LAMPADAIRES SUR LA RUE

Arrière trottoir

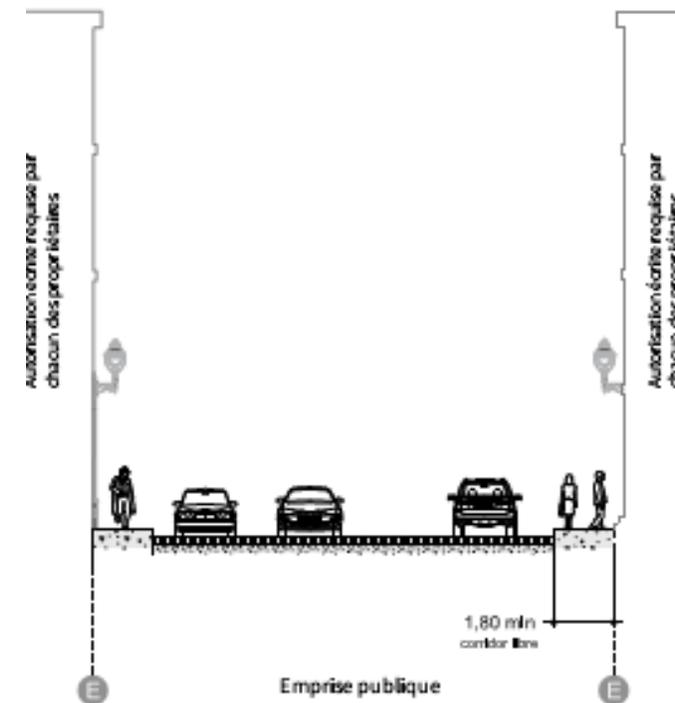
Lorsque les trottoirs sont étroits (entre 1,8 et 2,5 mètres de large), il est recommandé d'implanter les lampadaires à 0,45 mètre à l'arrière des trottoirs



Cette disposition n'est pas idéale, mais elle peut être utilisée lorsque le corridor libre de 1,8 mètre est respecté

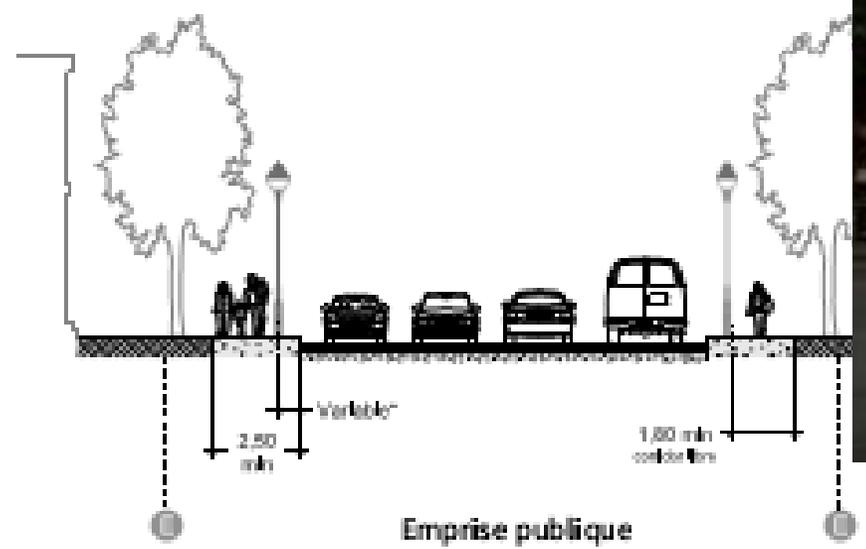
Fixé à la façade des bâtiments

Lorsque les trottoirs sont d'une largeur égale ou inférieure à 1,8 mètre et qu'aucune emprise arrière n'est disponible, il est souhaitable de fixer les lampadaires à la façade des bâtiments grâce à des appliques murales qui confèrent un cachet bien particulier



Bordure de rue

Dans les cas de trottoirs d'une largeur de 2,5 mètres et plus, il est recommandé d'implanter les lampadaires à au moins 0,6 mètre de la bordure de rue, selon l'espace disponible. Notons que les rues sans trottoir requièrent un dégagement minimal de 0,6 mètre de la bordure de rue.

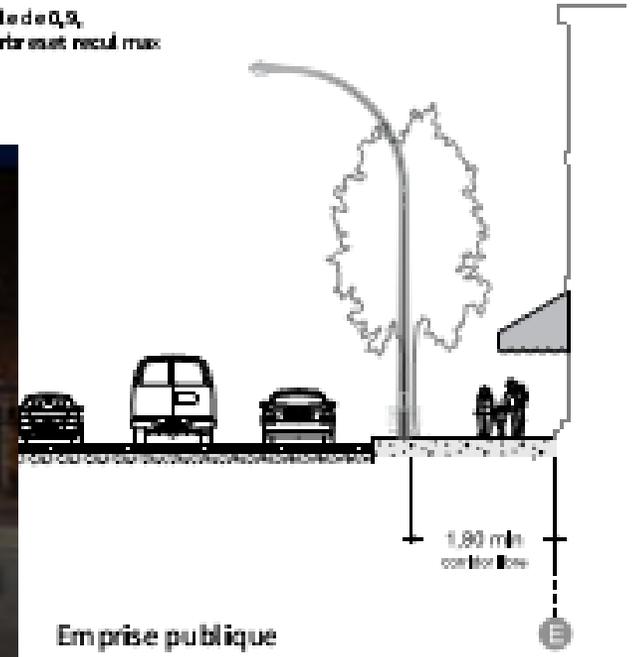


*Recul de 0,6 min et recul max selon étude photométrique



croquis de lampadaires en bordure de rue avec arbres - rue commerciale-

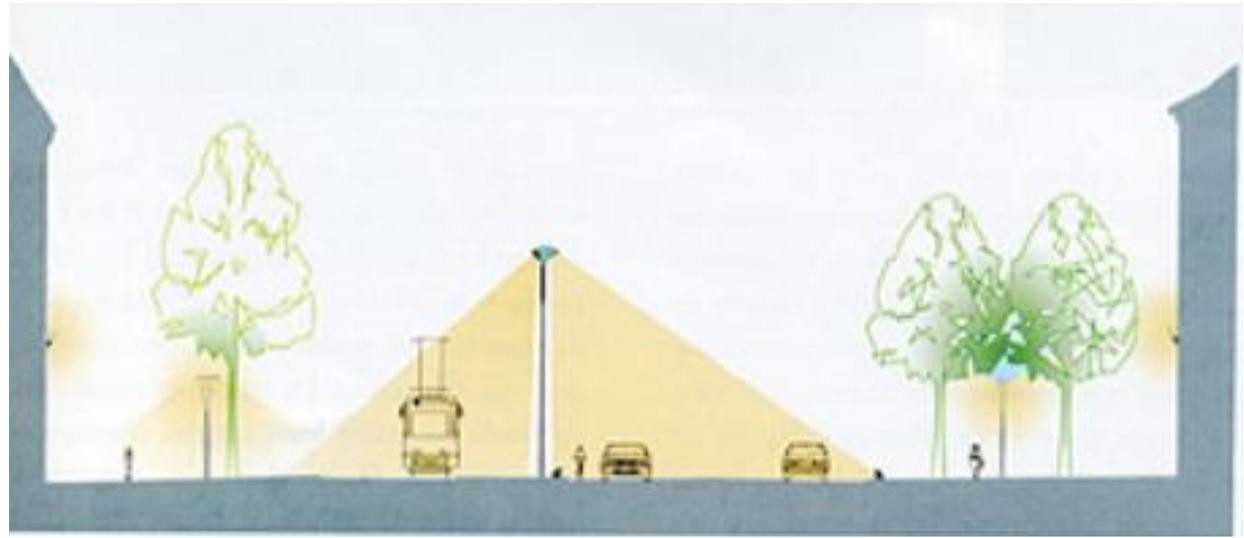
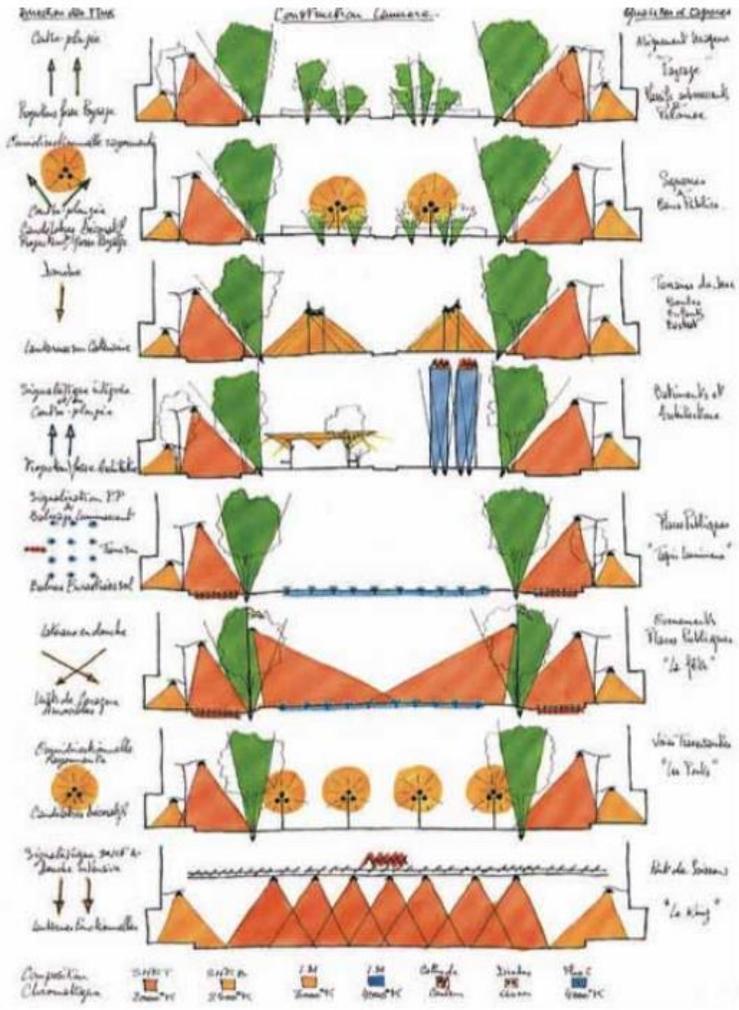
*Recul de 0,6 min, recul préférentiel de 0,9, au gisement préférentiel avec les arbres ou le recul max selon étude photométrique



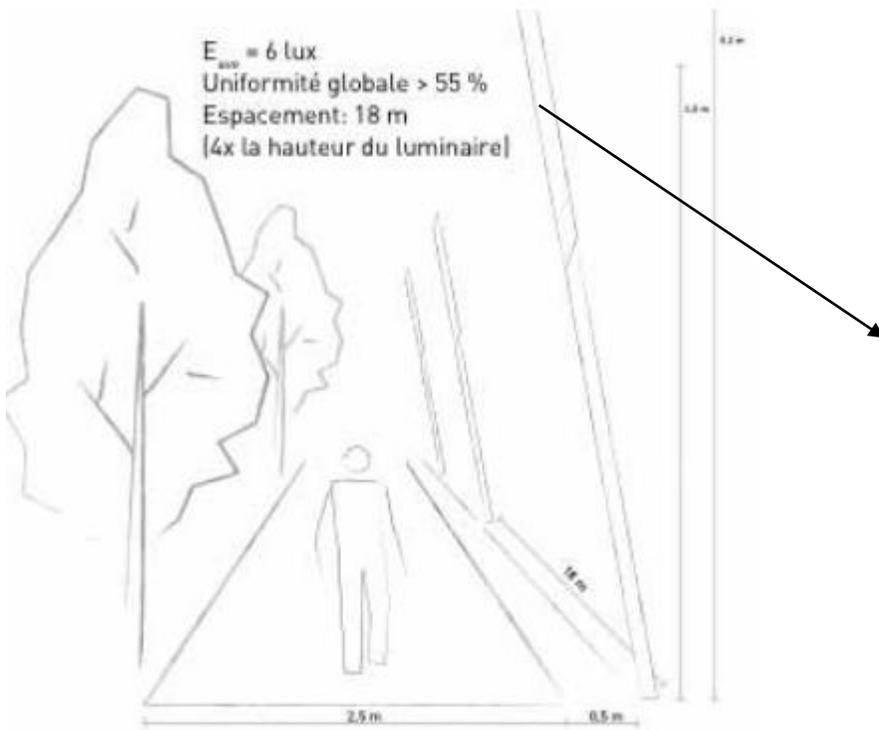
Emprise publique

Exemple d'application

Avenue Pdt Wilson, Saint Denis (93)
 Laurent Fachard LEA, Michel Corajoud paysagis



Exemple d'application



La gamme BORA

- Création d'ambiances
- Excellente reconnaissance faciale
- Confort visuel
- Distributions photométriques symétriques ou asymétriques
- IP 67 du compartiment optique et des auxiliaires électriques
- LED haute puissance en lumière blanche de 4500 K (62 lm/W) et bleue
- Basse consommation
 - Modèle de 0.5 m : 12 W
 - Modèle de 1 m : 27 W
 - Modèle de 3 m : 48 W



5-la pollution lumineuse

- La perturbation de l'équilibre des écosystèmes, principalement chez les insectes et les petits animaux.
- l'impossibilité d'observer les étoiles, autant pour les astronomes que pour la population en général .
- l'effet d'éblouissement, qui crée un inconfort et peut diminuer la visibilité pour les piétons et les automobilistes.
- le gaspillage d'énergie, qui augmente les besoins en électricité et, conséquemment, les émissions de gaz à effet de serre.
- l'augmentation des coûts.

Module : **Electricité et éclairages des bâtiments**

Cour 12

4. Energies renouvelables : le photovoltaïque et l'éolienne

4. Energies renouvelables

Definition

Les énergies renouvelables sont des **énergies inépuisables**. Elles sont issues **des éléments naturels** : le soleil, le vent, les chutes d'eau, les marées, la chaleur de la Terre, la croissance des végétaux... On qualifie les énergies renouvelables **d'énergies "flux"** par opposition aux **énergies "stock"**, elles-mêmes constituées **de gisements limités de combustibles fossiles** (pétrole, charbon, gaz, uranium).

Contrairement à celle des énergies fossiles, l'exploitation des énergies renouvelables **n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes**. Ce sont les énergies de l'avenir. Mais elles sont encore **sous-exploitées** par rapport à leur potentiel puisque ces énergies renouvelables **ne couvrent que 20 % de la consommation mondiale d'électricité**.

Les énergies renouvelables sont également désignées par les **termes « énergies vertes »** ou **« énergies propres »**. Le faible impact environnemental de leur exploitation en fait un **élément majeur des stratégies** des entreprises en matière de **développement durable**

4. Energies renouvelables

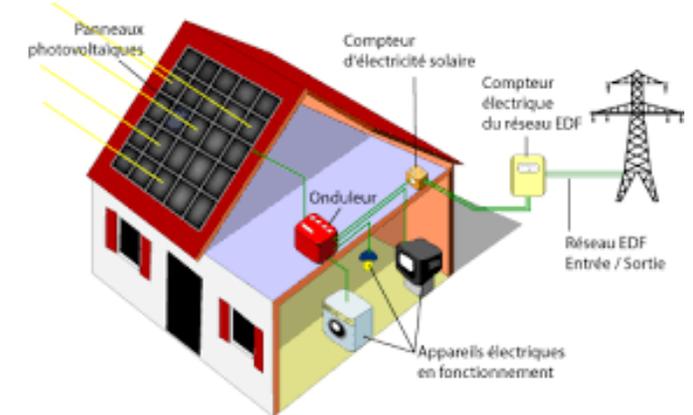
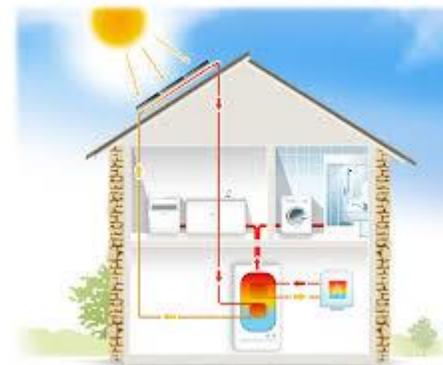
Les 5 familles d'énergies renouvelables :

- a- Le solaire photovoltaïque :

L'électricité est produite à partir de la lumière du soleil au moyen d'installations photovoltaïques. Celles-ci alimentent des sites isolés ou le réseau de distribution général.

- b- Le solaire thermique :

On utilise des capteurs solaires pour produire de l'eau chaude sanitaire. Ce procédé peut aussi permettre le chauffage, notamment par le sol.



4. Energies renouvelables

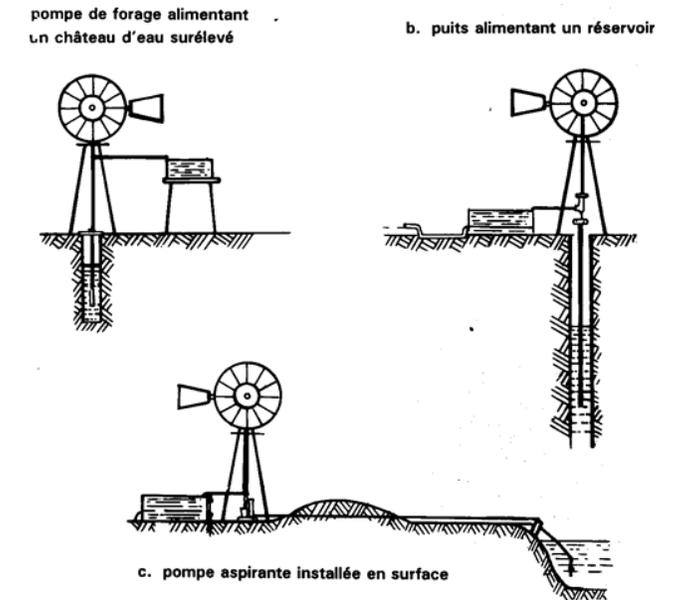
Les 5 familles d'énergies renouvelables :

- c-L'éolien :

Entraînés par le vent, les aérogénérateurs fabriquent des dizaines de millions de mégawattheures. Cette électricité éolienne permet d'alimenter des sites isolés mais aussi les grands réseaux de distribution. **Les éoliennes mécaniques servent à pomper de l'eau dans de nombreux pays.** Les centrales ne dépassant pas 10 MW de puissance constituent ce qu'on appelle la petite **hydroélectricité**.



Intégration des éoliennes dans le paysage



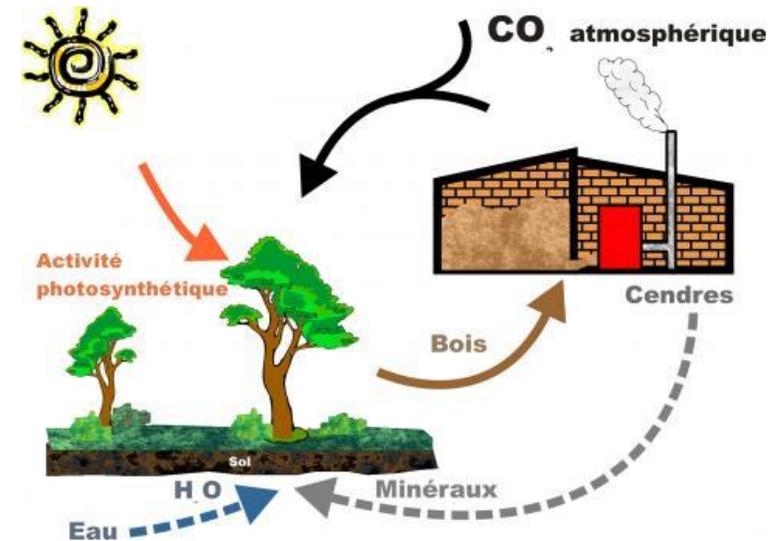
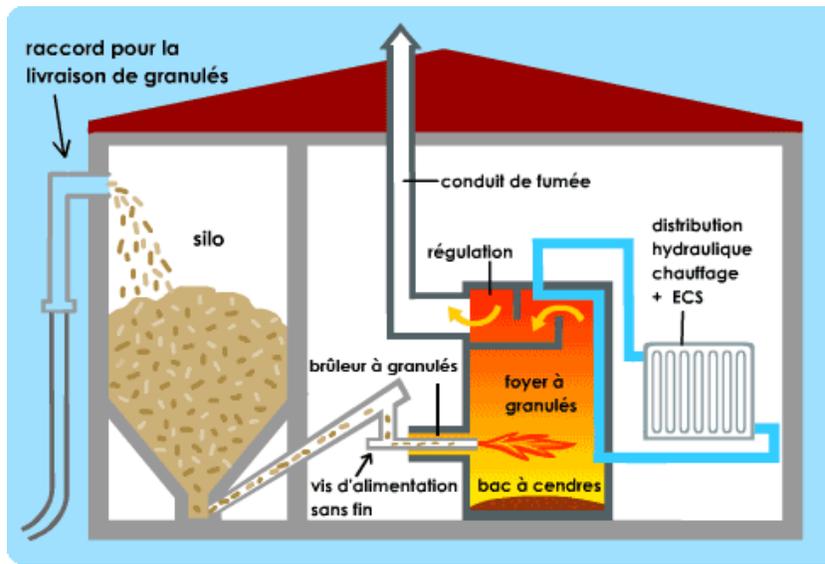
Les éoliennes mécaniques

4. Energies renouvelables

Les 5 familles d'énergies renouvelables :

- d-La biomasse :

La biomasse (**masse des végétaux**) regroupe le **bois**, la paille, les rafles de maïs, le **biogaz** et les **biocarburants**. Le **bois issu des déchets de la forêt** ou **des industries du bois** est **brûlé** pour **produire de la chaleur**. Il représente **14 % de la consommation énergétique mondiale**. Le **biogaz** est issu de la **fermentation des déchets organiques**. Sa **combustion produit de la chaleur, mais également de l'électricité** par cogénération. Les **biocarburants** proviennent de plantes cultivées (tournesol, betterave, colza...),



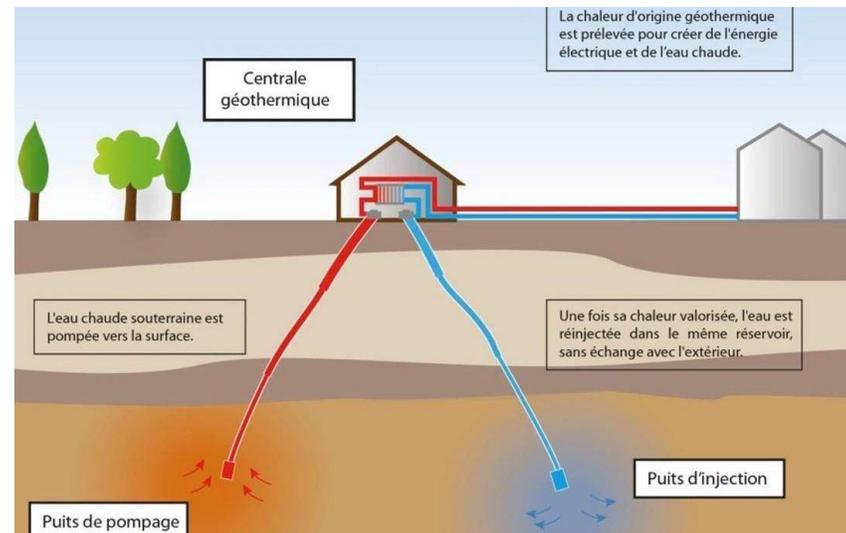
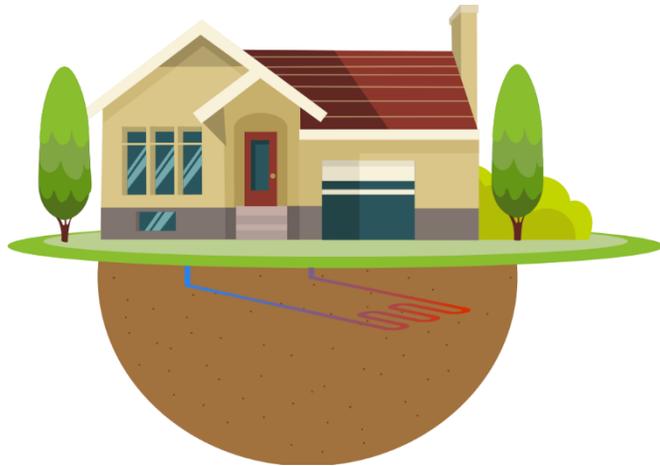
Schémadu cycle du biomasse

4. Energies renouvelables

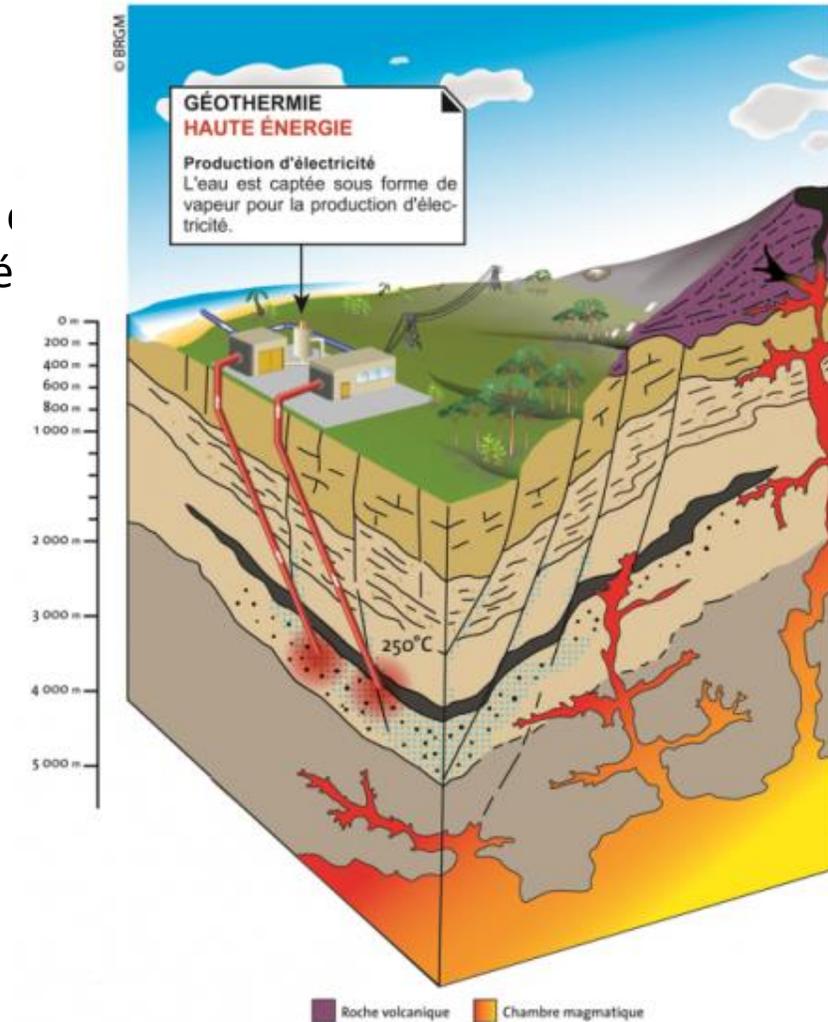
Les 5 familles d'énergies renouvelables :

- e- La géothermie :

Cette énergie Utilisant **la chaleur du sous-sol**, la géothermie peut permettre (température moyenne ou faible), ou de **produire de l'électricité par vapeur** interposée

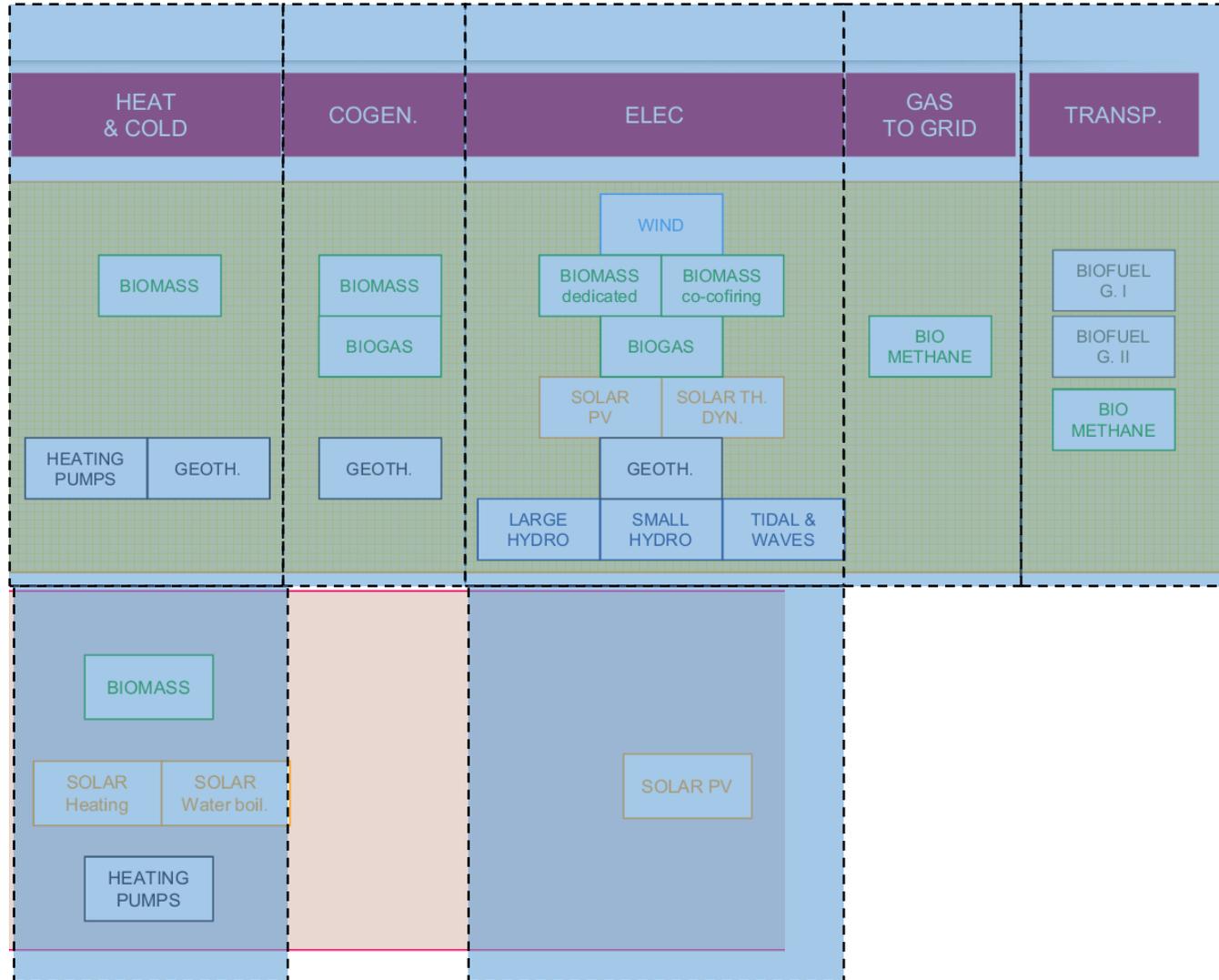


Type d'énergies géothermie



4. Energies renouvelables

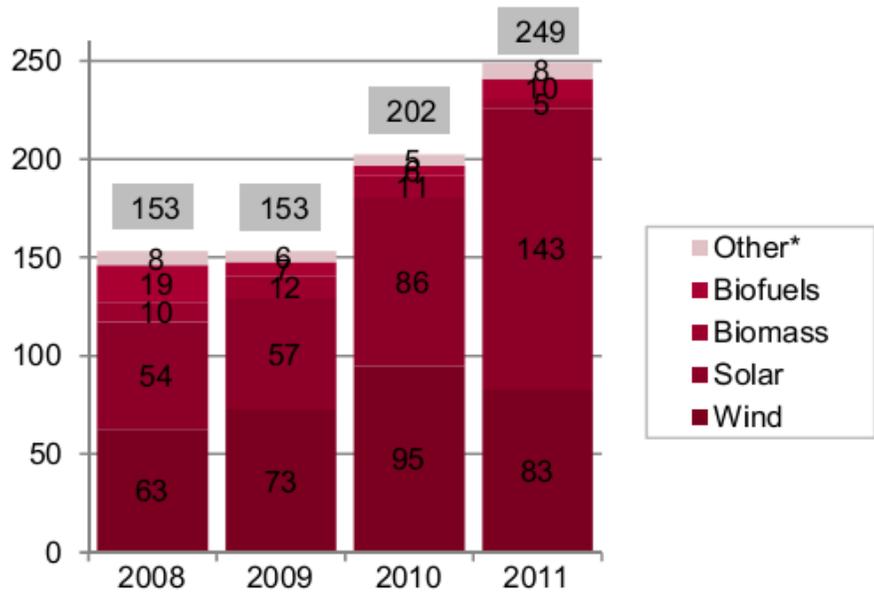
- Classification



4. Energies renouvelables

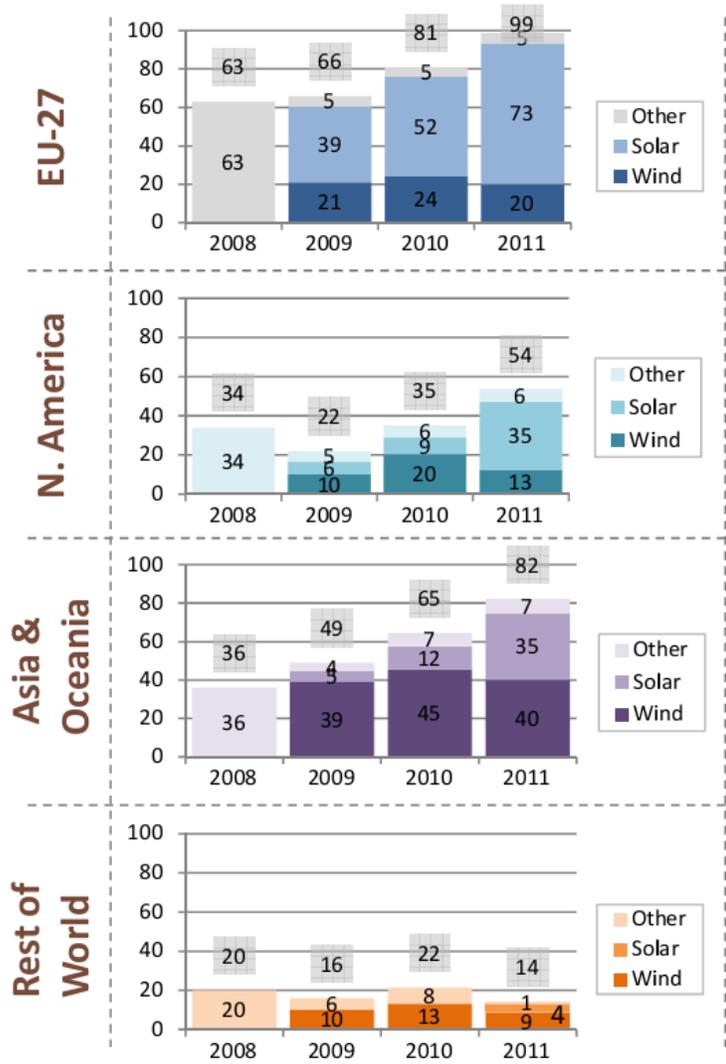
WORLD

Investments per year (US\$ bn)



PER ARE

Investments per year (US\$ bn)



PIB Algerie 170,4 milliards USD (2017)

4. Energies renouvelables

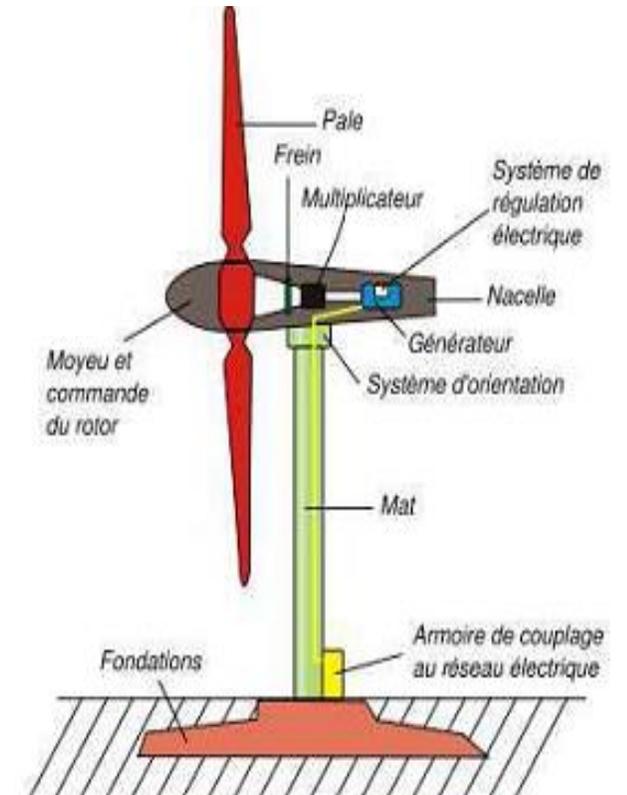
Fonctionnement d'une installation éolien :

Elle permet de transformer l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. Elle se compose des éléments suivants

- **Un mât** permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour permettre son mouvement et/ou placer ce rotor à une hauteur lui permettant d'être entraîné par un vent plus fort et régulier qu'au niveau du sol. Le mât abrite généralement une partie des composants électriques et électroniques (modulateur, commande, multiplicateur, générateur, etc).
- **Un rotor**, composé de plusieurs pales (en général trois) et du nez de l'éolienne. Le rotor est entraîné par l'énergie du vent et est généralement couplé à un générateur électrique. Le rotor est relié à la nacelle par le moyeu
- **une nacelle** montée au sommet du mât, abritant les composants mécaniques, pneumatiques, certains composants électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de la machine.
- **Un poste de livraison** situé à proximité du parc éolien permet d'injecter au réseau l'intégralité de l'énergie produit

Aspect Financiers éolien :

- onshore : **CAPEX = 1400 €/kW**; OPEX = 2 cents / kWh; Capacity factor = 0,3; LCOE = **9 cents / kWh**
- offshore : **CAPEX = 2250 €/kW**; OPEX = 1,5 cents / kWh; Capacity factor = 0,4; LCOE = **10 cents / kWh**



4. Energies renouvelables

Type des installation éolien



Onshore



offshore

4. Energies renouvelables

Estimation des ressources Éoliennes en Algérie

Une étude préliminaire de l'évolution **saisonnière et annuelle** de la vitesse moyenne du vent. Cette représentation de la vitesse sous forme de carte, a deux objectifs : **le premier est d'identifier** les vastes régions avec **de bonnes promesses d'exploitation** de l'énergie éolienne. Le second est de mettre en évidence **la puissance nominale de 200 kw**,

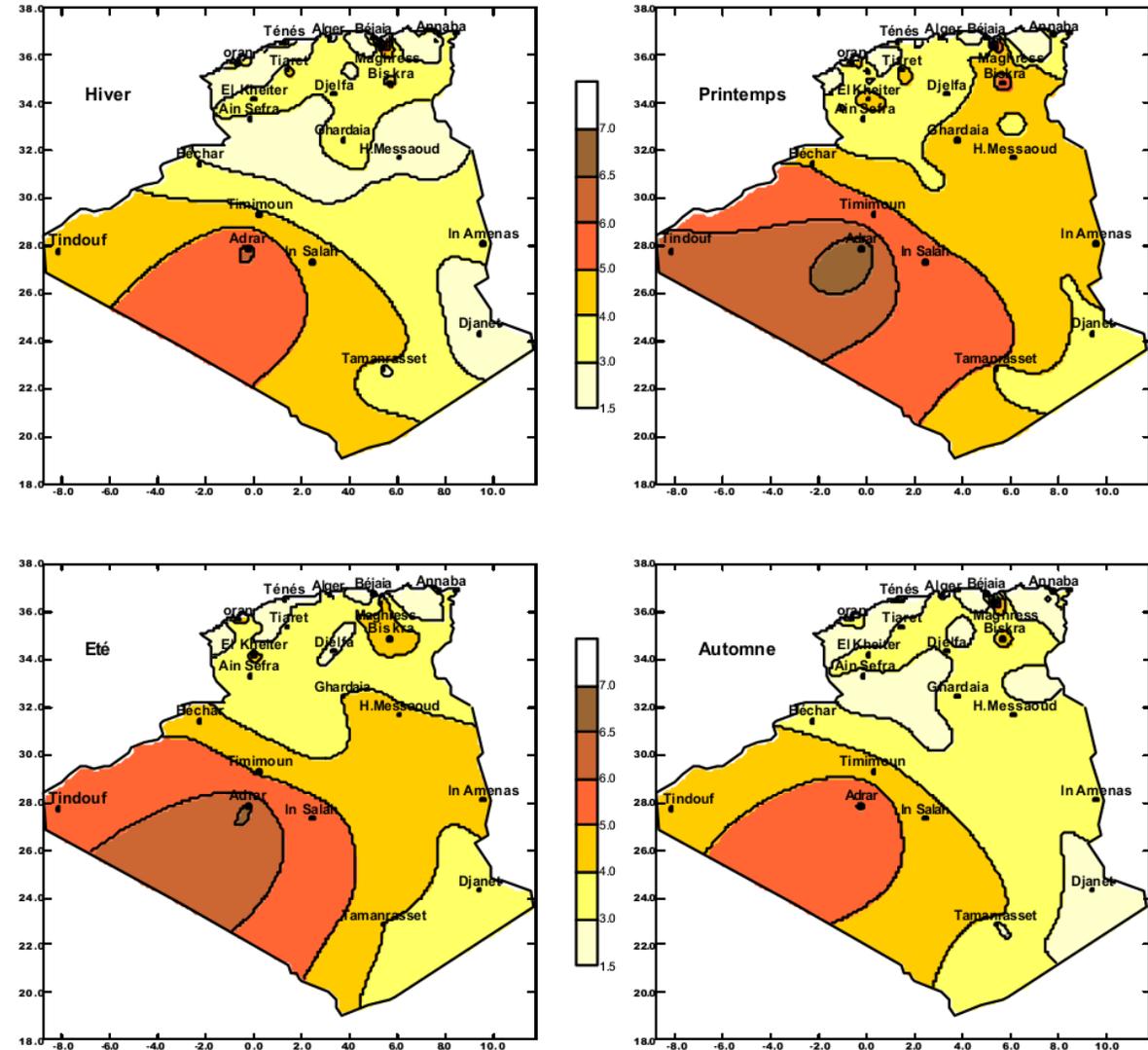


Figure 2. Cartes saisonnières de la vitesse du vent (m/s).

[1] Hamane, L. et Khellaf, A., 2000, "Wind energy resources in Algeria", WREC 2000, pp.2352-2355, Brighton, UK.

4. Energies renouvelables

Fonctionnement d'une installation Solaire Photovoltaïque

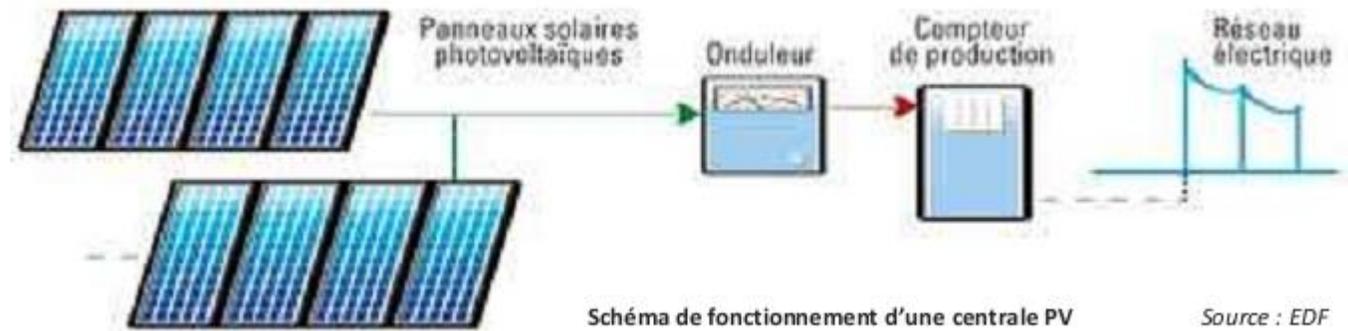
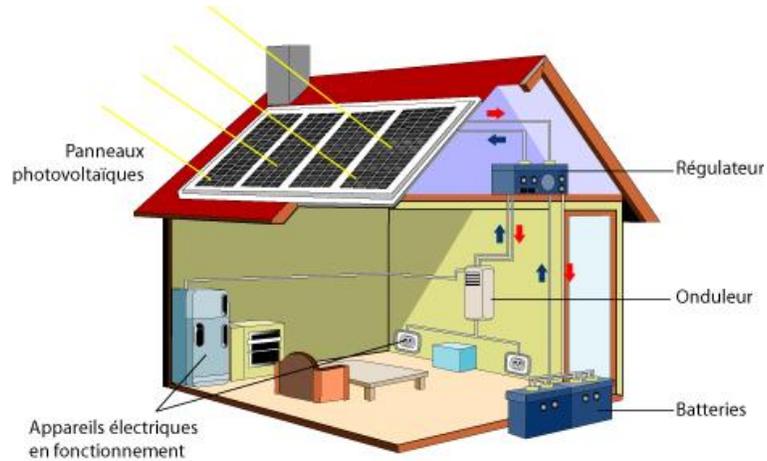
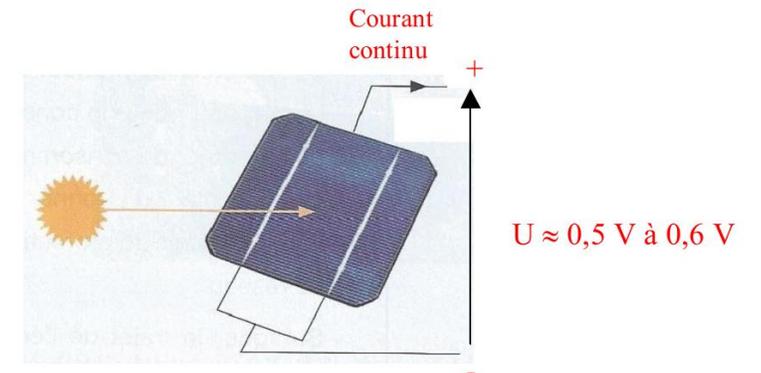


Schéma de fonctionnement d'une installation Solaire Photovoltaïque

Une installation peut se décomposer en 2 parties :

- **Les panneaux solaires :** Lorsque les photons (rayons du soleil) rencontrent leur surface en matériau semi conducteur, ils transmettent leur énergie aux électrons des panneaux qui se déplacent et créent ainsi un courant électrique.
- **Les onduleurs :** Le courant produit par les panneaux est continu, le rôle des onduleurs est donc de le transformer en courant alternatif pour l'injecter sur le Réseau.



La cellule photovoltaïque

4. Energies renouvelables

Les 3 grandes familles de technologie Solaire Photovoltaïque

Le silicium cristallin est aujourd'hui la technologie la plus répandue sur le marché cependant la part des installations « couches minces » est en forte augmentation depuis quelques années.

Technologie	Monocristallin	Polychristallin	Amorphe
Cellule et module			
	<p>Très bon rendement : 14 à 20 %.</p> <p>Coût de fabrication : élevé.</p>	<p>Bon rendement : 11 à 15 %.</p> <p>Coût de fabrication : meilleur marché que les panneaux monocristallins</p>	<p>Rendement faible : 5 à 9 %.</p> <p>Coût de fabrication : peu onéreux par rapport aux autres technologies</p>

Monocristallin	Polychristallin	Amorphe
<ul style="list-style-type: none"> • Puissance : 100 à 150 Wc/m². 7 m²/kWc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puissance : 100 Wc/m². 8 m²/kWc 	<ul style="list-style-type: none"> • Puissance : 50 Wc/m². 16 m²/kWc.
<ul style="list-style-type: none"> • Rendement faible sous un faible éclairement 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement faible sous un faible éclairement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement correct avec un éclairement faible.
<ul style="list-style-type: none"> • perte de rendement avec l'élévation de la température 	<ul style="list-style-type: none"> • perte de rendement avec l'élévation de la température. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu sensible aux températures élevées. • Utilisables en panneaux souples. • Rendement faible en plein soleil. • Performances diminuant avec le temps.
<ul style="list-style-type: none"> • Couleur bleue uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> • Ces cellules sont bleues, mais non uniforme : on distingue des motifs créés par les différents cristaux 	

Exemples d'utilisation :



Eclairage public



Chalet isolé



Horodateur

4. Energies renouvelables

Irradiation solaire globale horizontale en Algerie .

