

Chapitre 2 : Éclairage naturel

Introduction :

L'histoire de l'architecture témoigne sur l'intérêt pour la lumière naturelle. Cette composante incontournable de l'architecture nécessite une attention particulière pour la rendre plus efficace, et ce, à travers des stratégies qui favorisent sa meilleure utilisation possible.

I. Lumière naturelle ; Sources et types :

La source de lumière naturelle qui éclaire notre planète est le soleil. Toutefois, la voûte céleste, qui reçoit cette lumière, agit comme un filtre/diffuseur pour une part importante de ce flux direct du soleil. Elle se comporte alors comme un large luminaire de lumière naturelle¹⁰.

En éclairage naturel, on considère deux catégories de sources :

- Source principale (rayonnement direct) :

Une partie du flux lumineux du soleil nous parviendra directement, ce rayonnement constitue **le flux direct** de la lumière naturelle. Cette composante est nulle lorsque le soleil est caché par des nuages ou par un obstacle (bâtiment, masque lointain). Le rayonnement direct est souvent une source d'éblouissement et parfois de surchauffe du bâtiment.

- Sources secondaires (rayonnement indirect) :

Générées par les phénomènes optiques de réflexion, de diffusion et d'absorption du rayonnement solaire. Elle suscite peu d'éblouissement, ne provoque pas de surchauffe mais elle peut être insuffisante dans de nombreux cas. En outre, elle crée peu d'ombres et de très faibles contrastes. Une lumière diffuse est donc idéale pour des locaux de travail où il est important d'avoir un éclairage constant, sans source d'éblouissement.

Le rayonnement indirect se distingue en deux types :

Un flux diffus : est assuré par la voûte céleste, les nuages...

Un flux réfléchi : dépendra de l'environnement terrestre (sol, façades, végétation, plan d'eau, etc.) et de son taux de réflexion. Ce dernier est appelé l'albédo qui est défini comme le rapport entre la quantité de d'énergie solaire réfléchie et la quantité d'énergie reçue.

¹⁰ICEB, L'éclairage naturel, Les guides Bio-Tech, 2014, https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide_bio_tech_eclairage_naturel.pdf

En effet, ces trois éléments (le soleil, la voûte céleste et l'environnement terrestre) composent un tout que nous appelons la " lumière naturelle ".

$$\text{Rayonnement global} = \text{Rayonnement direct} + \text{rayonnement diffus} + \text{albédo}$$

Cependant, les luminances, les éclairagements et la répartition spectrale varient dans la journée en fonction de:

- La position du soleil (la course solaire) : La position du soleil est caractérisée par les angles et paramètres suivants : la latitude, la hauteur solaire, l'angle d'inclinaison de la terre et l'azimuth.
- La couverture nuageuse (type du ciel) : c'est une donnée aléatoire. Un type de ciel est caractérisé par la répartition des luminances sur la voûte céleste en fonction de la position du soleil et de la répartition des nuages.

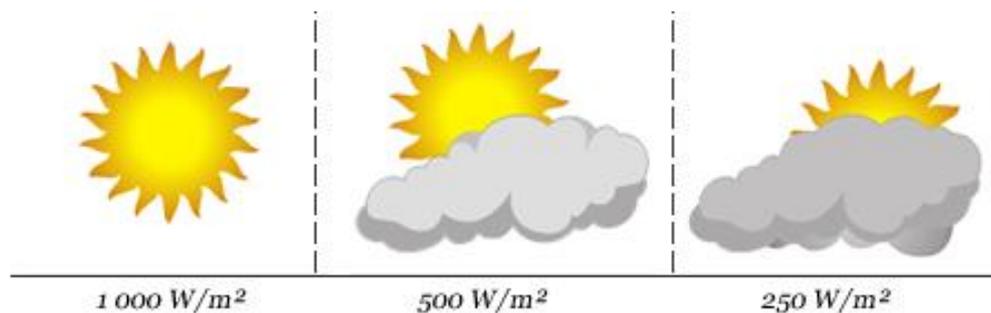


Figure II.1. Type de ciel et la luminance
Source : Energie plus ¹¹

II. Stratégie de l'éclairage naturel :

La stratégie de l'éclairage naturel est l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment qui vise à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturelle selon cinq concepts qui sont montrés sur la figure ci-dessous¹².

¹¹ Energie plus, Ensoleillement, <https://energieplus-lesite.be/theories/climat8/ensoleillement-d8/>

¹² Reiter S., De Herde A., L'éclairage naturel des bâtiments, presse universitaire de Louvain, 2003

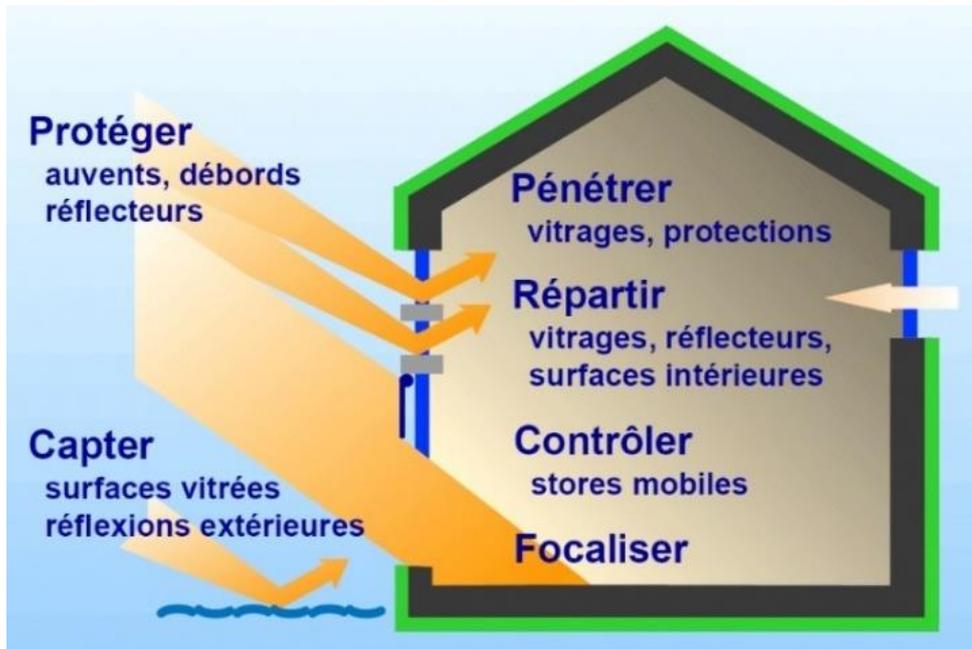


Figure II.2. Stratégie d'éclairage naturel
Source : Cherier M.K.¹³

II.1. Capter :

Capter la lumière du jour, c'est la recueillir pour éclairer naturellement un bâtiment. C'est la résultante de trois composantes:

- La lumière direct ou diffuse provenant du ciel ou du soleil
- La lumière réfléchi sur les surface extérieures
- La lumière réfléchi à l'intérieur de la pièce

Capter nécessite de tenir en compte de¹⁴:

- L'influence du type du ciel
- L'influence du moment de l'année et de l'heure
- L'influence de l'orientation et l'inclinaison de l'ouverture
- L'influence de l'environnement physique du bâtiment

¹³Cherier M.K., L'Utilisation passive de l'énergie solaire dans les habitats de Ghardaïa, thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2018, https://www.researchgate.net/publication/327562315_L%27utilisation_passive_de_l%27energie_Solaire_dans_les_habitats_de_Ghardaia

¹⁴ Savard S., L'importance de la lumière naturelle en architecture, idinterdesign ,2017, <https://idinterdesign.ca/limportance-de-la-lumiere-naturelle-en-architecture/>

a. L'influence du type du ciel :

La lumière naturelle traduit les fluctuations de l'état du ciel. Les stratégies à mettre en place pour accroître la luminosité intérieure d'un édifice doivent tenir compte de cette différence.

le rayonnement solaire direct est souvent une source d'éblouissement, d'ombre gênante et parfois de surchauffe du bâtiment. La lumière diffuse du ciel est disponible dans toutes les directions. Elle suscite peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe mais elle peut être considérée comme insuffisante dans de nombreux cas.

b. L'influence du moment de l'année et de l'heure :

La répartition lumineuse varie fortement d'une heure à l'autre et d'un point à l'autre de la pièce, cette lumière augmente jusqu'à la mi-journée, puis diminue.

En hiver, le soleil bas (environ 17°) pénètre profondément dans le bâtiment,

En été, la hauteur solaire est plus élevée (60°) et la pénétration du soleil est donc moins profonde.

c. L'influence de l'orientation et l'inclinaison de l'ouverture :

Pour orienter les ouvertures, il y a quelques règles de bases à respecter pour bénéficier de :

- Un soutien énergétique naturelle
- Un confort visuel
- Une cohérence entre le rayonnement solaire et la fonction des pièces, selon les moments de la journée.

L'organisation spatiale d'un bâtiment devrait toujours être pensée en fonction du moment d'occupation des locaux, de l'activité qui s'y déroule et de la course du soleil. En général, l'organisation est faite comme suit :

- Locaux occupés le matin orientés Est
- Locaux occupés au courant de la journée au sud
- Locaux occupés la soirée à l'ouest,
- Locaux de service et les pièces de travail nécessitant une lumière constante et homogène sont de préférence placés au nord.

Les ouvertures des pièces de vie doivent être beaucoup plus importantes en terme de surface que les autres.

les surfaces vitrées (ou opaque) doivent représenter $1/6$ de la surface totale habitable de la maison.

L'étude thermique l'imposera, $1/6$ étant le minimum.

d. L'influence de l'environnement physique du bâtiment :

Il existe deux types d'ouverture:

- Une fenêtre zénithale (horizontale et verticale) : est l'ensemble des dispositifs d'éclairage naturel montés en toiture. Ce type de dispositif reçoit de 3 à 5 fois plus de lumière qu'une fenêtre latérale, avec un gain de chaleur deux fois plus important lorsque celle-ci est orientée vers le sud en plein été.

- Une fenêtre latérale (verticale) : est théoriquement le dispositif d'éclairage naturel le plus optimal en raison de ses qualités lumineuses, thermiques, sensorielles et sociales, La communication et la porosité aux ambiances intérieure et extérieure, sont ses qualités principales.

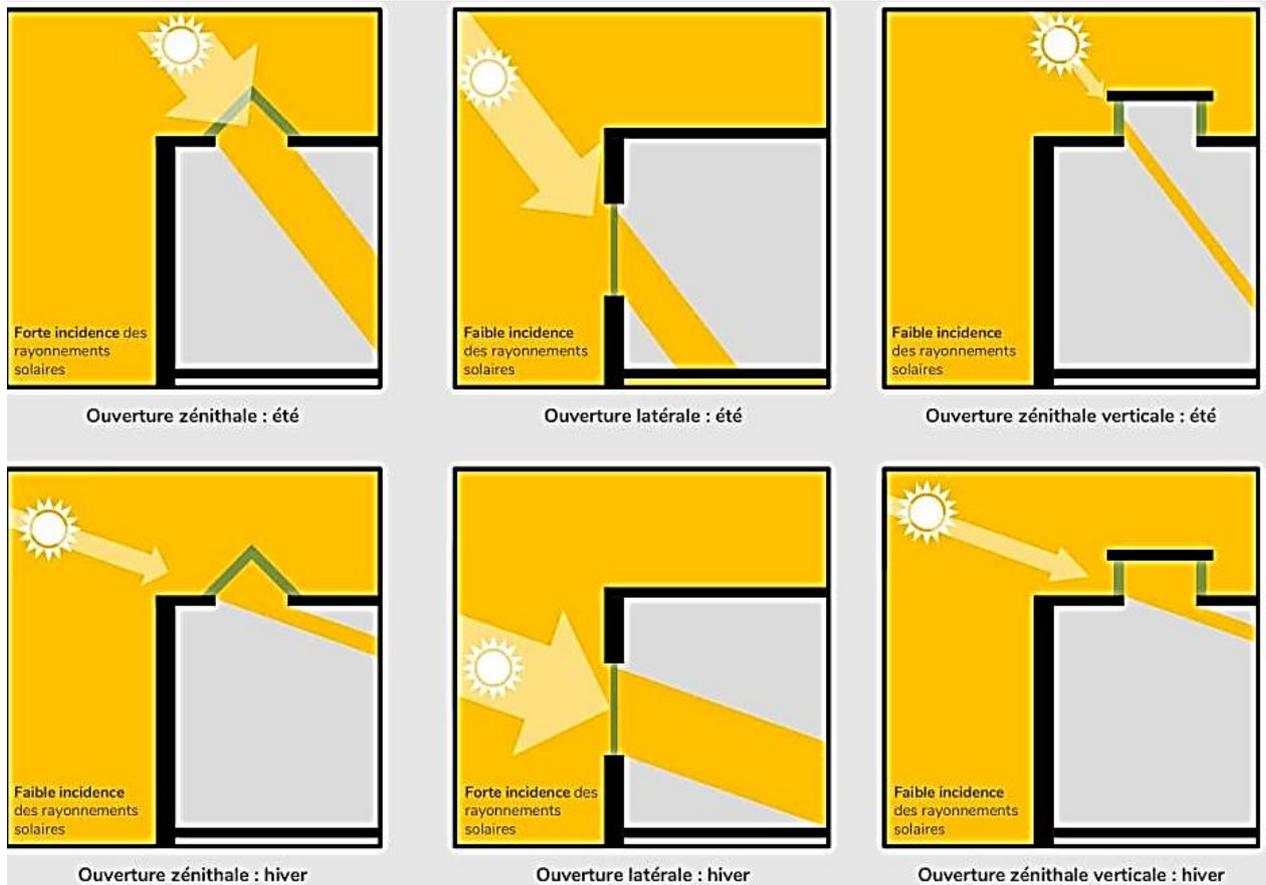


Figure II.3. Différence entre des ouvertures latérales et zénithales

Source : Guide bâtiment durable¹⁵

Pour capter le maximum de rayonnement solaire direct, une ouverture doit être la plus perpendiculaire possible aux rayons du soleil.

La lumière disponible dépend de l'environnement direct du bâtiment par le jeu de différents paramètres :

- Le relief du terrain (pente du terrain) provoque ombre ou ensoleillement
- Les constructions voisines (ombrage)

¹⁵ Brussels, Limiter les gains solaires, Guide bâtiment durable, 2020, <https://www.guidebatimentdurable.brussels/limiter-charges-thermiques/limiter-gains-solaires>

- La végétation,... (écran naturel)
- Le coefficient de réflexion du sol (facteur de réflexion des surfaces extérieures)

Ces paramètres ne doivent pas être négligés car ils peuvent transformer l'effet de la lumière dans un espace en offrant un meilleur éclairage par réflexion des rayons ou en empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface que l'on désire ensoleiller "masque solaire".



Figure II.4. Éclairage et écran naturel
 Source : le guide de l'hébergement touristique durable¹⁶

II.2. Transmettre (conduire) :

Transmettre la lumière naturelle consiste à favoriser sa pénétration à l'intérieur d'un local.

Il existe plusieurs paramètres qui rentrent dans le choix des ouvertures:

- La forme du bâtiment : La forme du bâtiment déterminent le pourcentage d'ouvertures sur l'enveloppe extérieure et le nombre de fenêtres possibles sur chaque façade.
- La surface du plancher : La surface de la fenêtre est déduite de la surface du plancher. Pour une bonne répartition de la lumière à l'intérieur de l'espace, celle-ci doit occuper l'équivalent de 16% de la surface de plancher en moyenne.
- L'orientation du bâtiment : La qualité lumineuse de la fenêtre est étroitement liée à l'orientation du bâtiment.
- Le climat : Le type de climat a une influence considérable sur la dimension des ouvertures dans l'enveloppe du bâtiment.
- La profondeur de l'espace : La profondeur qu'une fenêtre permet d'éclairer dépend de la hauteur de celle-ci. Un consensus général sur cette profondeur est compris entre 1.5 à 2.5 fois la hauteur sous linteau de la fenêtre. Cette zone qui peut aller de 4.5m à 6m est communément appelée : zone passive.

¹⁶ Le guide de l'hébergement touristique durable, les principes de l'architecture bioclimatique, <http://hebergement-touristique-durable.lenord.fr/architecture-bioclimatique.html>

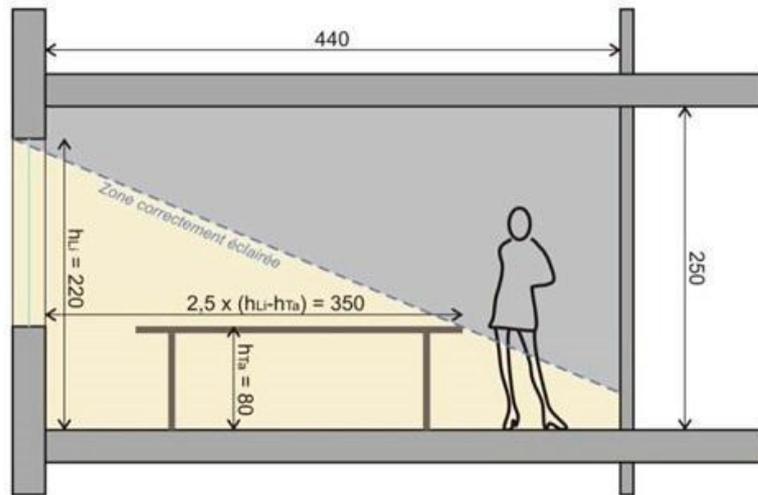


Figure II.5. Rapport entre la hauteur de la fenêtre et la profondeur d'éclairage
Source : Guide bâtiment durable¹⁷

La transmission de la lumière dans un espace est influencée par les caractéristiques de l'ouvertures:

- Ses dimensions,
- Sa forme et sa position,
- Le matériau de transmission utilisé.
- Les dimension du local et son aménagement intérieur.

a. La position de l'ouverture :

Dépend de la distribution lumineuse souhaitée à l'intérieur de l'espace ainsi que du taux d'éblouissement à éviter. Plus la fenêtre est élevée, mieux le fond du local est éclairé et plus la zone éclairée naturellement est profonde.

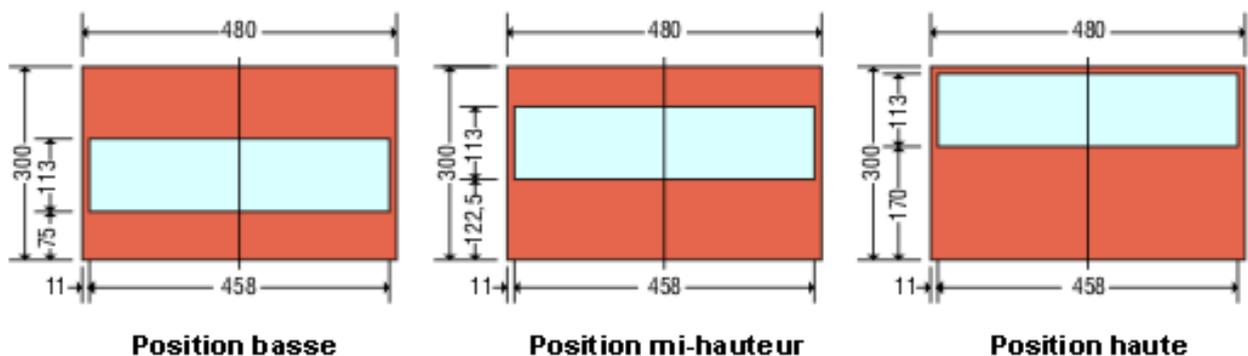


Figure II.6. Position des ouvertures
Source : Energie plus¹⁸

¹⁷Brussels, Capturer la lumière naturelle, Guide bâtiment durable,
<https://www.guidebatimentdurable.brussels/assurer-confort-visuel-moyen-lumiere-naturelle/capter-lumiere-naturelle>

¹⁸Energie plus, Choisir la fenêtre comme capteur de lumière naturelle,
<https://energieplus-lesite.be/concevoir/fenestres2/position-et-la-dimension-fenetre/choisir-la-fenetre-comme-capteur-de-lumiere-naturelle-d1/>

b. La forme de l'ouverture :

Lorsque la largeur de la fenêtre diminue, la répartition devient moins uniforme, bien que l'éclairage moyen soit pratiquement le même dans les trois cas étudiés. Par contre, l'éclairage du fond du local augmente avec la hauteur de la fenêtre.

L'idéal réside dans une fenêtre horizontale, mais dont le linteau est élevé. Dans le cas de deux fenêtres séparées, une zone d'ombre apparaît entre celles-ci, ce qui peut créer des problèmes de confort visuel pour les occupants.

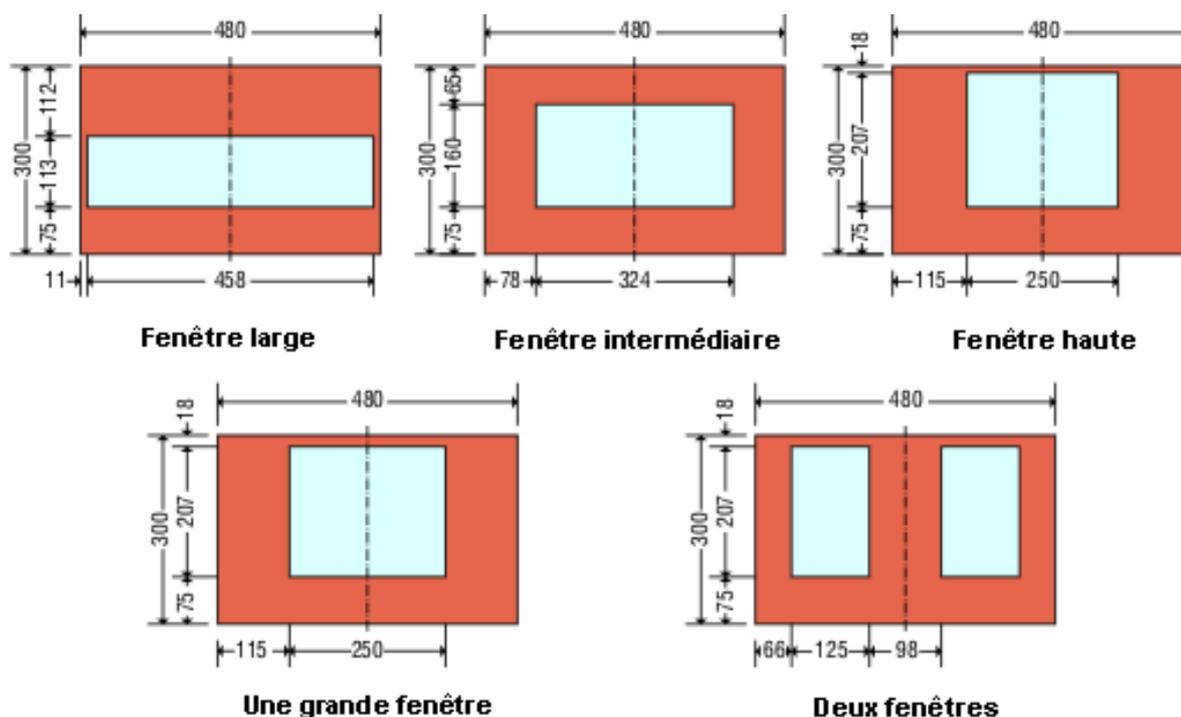


Figure II.7. Formes des ouvertures

Source : Energie plus¹⁹

c. Matériaux de transmission :

Le comportement du matériau de transmission est un élément déterminant dans la qualité et la quantité de lumière collectée. Il peut être clair ou teinté dont les propriétés lui permettent de sélectionner le spectre lumineux, en transmettant ou en réfléchissant certaines longueurs d'ondes. Le pourcentage de lumière transmise à travers un vitrage est appelé transmission lumineuse (TL). Plus il est élevé, meilleur est le passage de la lumière.

¹⁹ Idem

| Type de vitrage | | Transmission lumineuse (%) |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| Simple | Clair | 90 |
| Double | Clair | 81 |
| | Clair et basse émissivité | 78 |
| | Clair et absorbant | 36 à 65 |
| | Clair et réfléchissant | 7 à 66 |
| Triple | Clair | 74 |

Figure II.8. Rapport entre la transmission de la lumière et le type du vitrage
Source : Wordpress²⁰

d. Aménagement intérieur :

La forme intérieure ainsi que les éléments constituant sa configuration spatiale, les matériaux de revêtements des sols et des parois, contribuent considérablement à la quantité et la qualité de la lumière transmise par la fenêtre.

L'agencement des pièces doit au possible être pensé pour laisser circuler la lumière.

II.3. Distribuer (Répartir) :

La répartition de la lumière représente un facteur clé pour assurer un bon éclairage.

Distribuer la lumière naturelle consiste à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière à créer une bonne répartition de lumière dans le bâtiment. La difficulté d'utilisation de la lumière naturelle par rapport à la lumière artificielle réside dans la grande inhomogénéité des éclairagements qu'elle induit en général.

Une répartition de la lumière naturelle dans un bâtiment peut être favorisée par différentes approches basées sur :

- Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte),
- La répartition des ouvertures,
- L'agencement des parois intérieures,
- Le matériau des surfaces du local,
- Les zones de distribution lumineuse,
- Les systèmes de distribution lumineuse.

²⁰ Wordpress, La lumière au sein de la tour, un enjeu d'avenir, <https://grattecieltp.e.wordpress.com/2-leclairage-au-sein-de-la-tour-un-facteur-de-bien-etre/>

a. Type de distribution lumineuse (direct, indirecte) :

L'éclairage naturel direct engendre des risques importants d'éblouissement et entraîne une répartition des luminances très irrégulière dans le local. Il diffère entre éclairage latéral direct et éclairage zénithal direct par le biais des tabatières ou skylights, les verrières et les dômes

L'éclairage naturel indirect utilise les réflexions des rayons lumineux sur une paroi pour obtenir une distribution lumineuse plus homogène. Cependant, le niveau d'éclairement assuré dépend fortement du coefficient de réflexion de la paroi et donc de sa maintenance régulière. Ce type d'éclairage est recommandé dans les environnements de travail tels que les bureaux, les écoles, les entrepôts ou les hôpitaux, la lumière indirecte est particulièrement importante pour maintenir la concentration et les niveaux de concentration tout au long de la journée.

Il existe plusieurs dispositifs pour l'éclairage indirect, entre autres les toitures en dents de scie (sheds), les lanterneaux, les puits de jour (patio, cour intérieure et atrium). Cependant, les avancés dans ce domaine ne cessent de voir le jour pour augmenter la performance énergétique du bâtiment.

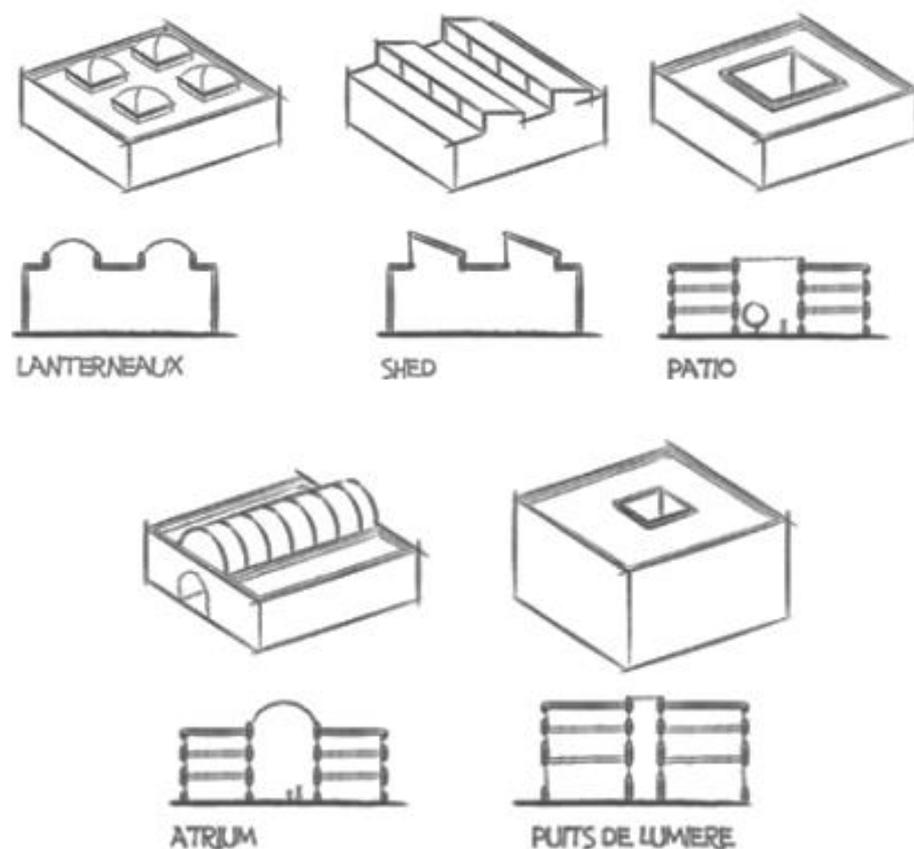


Figure II.9. Distribution lumineuse indirecte
Source : ICEB²¹

²¹ ICEB, "Les guides Bio-Tech, L'éclairage naturel", 2014 https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide_bio_tech_eclairage_naturel.pdf

b. Autres dispositifs de distribution lumineuse indirects :

Comme le plafond ne reçoit la lumière naturelle que de manière indirecte, son influence sur la répartition de la lumière est relativement faible. En revanche, lorsqu'un dispositif de distribution lumineuse dévie la lumière vers le haut, par exemple à l'aide d'un light shelf, le plafond reçoit une grande quantité de lumière qu'il doit répartir dans toute la pièce; le facteur de réflexion de cette surface doit alors être élevé ($> 70\%$), valeur correspondant à celle du plâtre blanc propre.

- Les conduits de lumière (light pipe) :

Le Les conduits de lumière est un dispositif d'éclairage naturel qui permet d'apporter de la lumière naturelle dans des pièces qui ne possèdent pas d'ouvertures sur l'extérieur ou en complément d'une ouverture existante. Il est constitué de trois composants :

- une coupole qui capte la lumière de l'extérieur,
- un conduit de lumière qui se présente sous la forme d'un tube recouvert d'un film réfléchissant permettant de guider la lumière par réflexion,
- un diffuseur, qui répartit la lumière dans la pièce à éclairer.

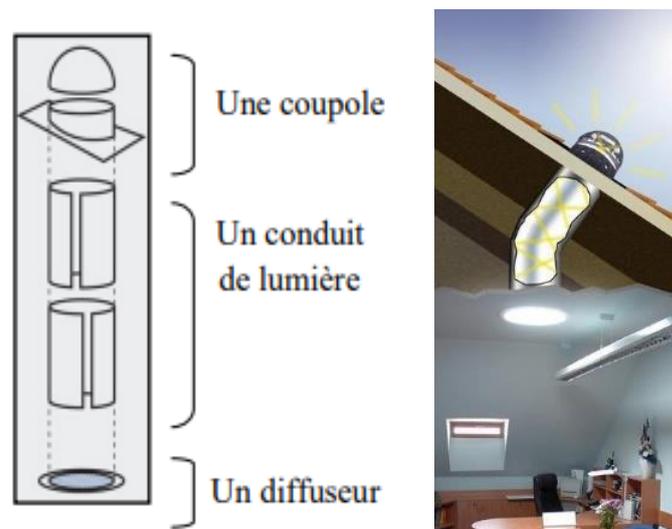


Figure II.10. Les conduits à lumière

Source : Daich.Safa²²

Un conduit solaire transmet la lumière solaire directe au cœur même du bâtiment. Le rayonnement solaire est capté au moyen d'un système de miroirs et de lentilles ou de capteurs paraboliques, éléments qui se meuvent en fonction de la trajectoire du soleil.

²²Daich S., Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra, mémoire de magister, Université Mohamed Khider Biskra, 2011, <http://thesis.univ-biskra.dz/1126/>

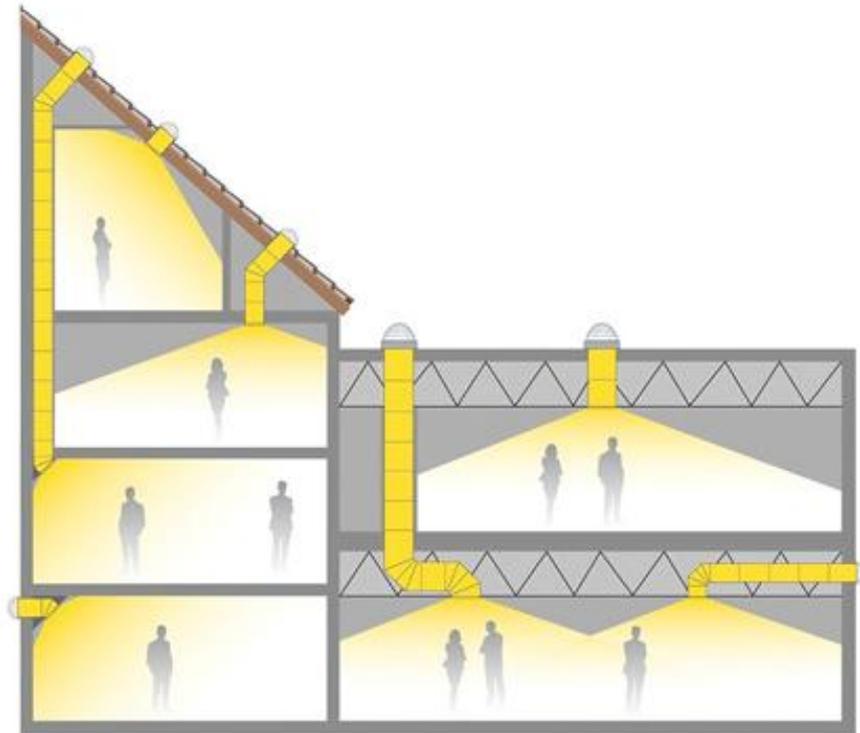


Figure II.11. Les conduits de lumière
Source : Interferenz²³

- Les plafonds anidoliques :

Le plafond anidolique est un système d'éclairage zénithal composé de deux miroirs de forme parabolique jouant le rôle de concentrateurs qui captent le flux lumineux entrant et le redistribuent sur une zone plus large. Le plafond anidolique est un système de distribution intensif de la lumière naturelle adapté au ciel couvert.

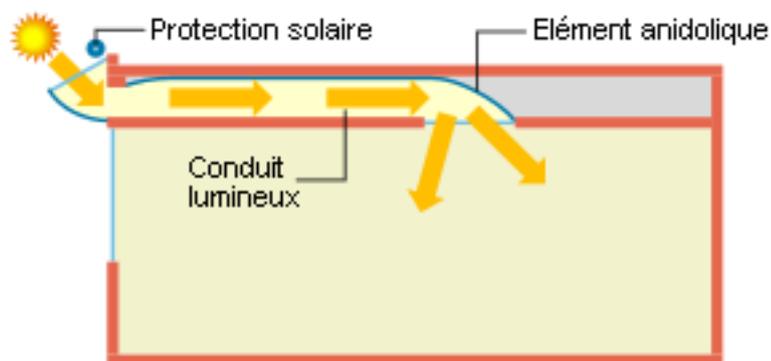


Figure II.12. Plafond anidolique
Source : Energie plus²⁴

²³ Interferenz, Le système lumière du jour Solatube, <https://www.interferenz.de/solatube.0.html>

²⁴ Energie plus, Light-shelf, <https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/composants-de-l-enveloppe/composants-divers/light-shelf/>

- Les étagères de lumière (light shelf) :

Lorsque la luminosité dépasse le seuil idéal, des outils de control doivent être envisagés pour modérer le passage de la lumière.

Un light shelf est un dispositif conçu pour capter la lumière du jour et la réorienter vers le fond de l'espace par réflexion au niveau du plafond et cette stratégie va entraîner une répartition plus uniforme de la lumière.

Le light shelf divise la fenêtre en une partie inférieure, qui sert à fournir une vue vers l'extérieur et une partie supérieure très réfléchissante qui sert à rediriger la lumière du jour vers le fond de l'espace. Ce système peut prendre différentes configurations : horizontales ou inclinées, droites ou incurvées, situées à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la fenêtre, comme il peut être combiné.

Ils peuvent faire partie de la façade extérieure uniquement, installé à l'intérieur ou les deux.

- Le light shelf extérieur donne les meilleurs résultats du point de vue du niveau d'éclairément en fond de pièce, tout en ombrant la grande fenêtre.
- Placé à l'intérieur, il réduit le niveau d'éclairément moyen du local, mais offre toutefois un ombrage pour la partie supérieure du vitrage.
- Enfin, le light shelf combiné assure la distribution lumineuse la plus uniforme dans le local; il se révèle également la meilleure protection solaire.

Les light shelves extérieur sont plus efficace pour réduire le gain de chaleur thermique mais ils sont plus sujets aux dommages dus aux précipitations et à la pression du vents. On peut donc utiliser des étagères extérieures avec perforation.

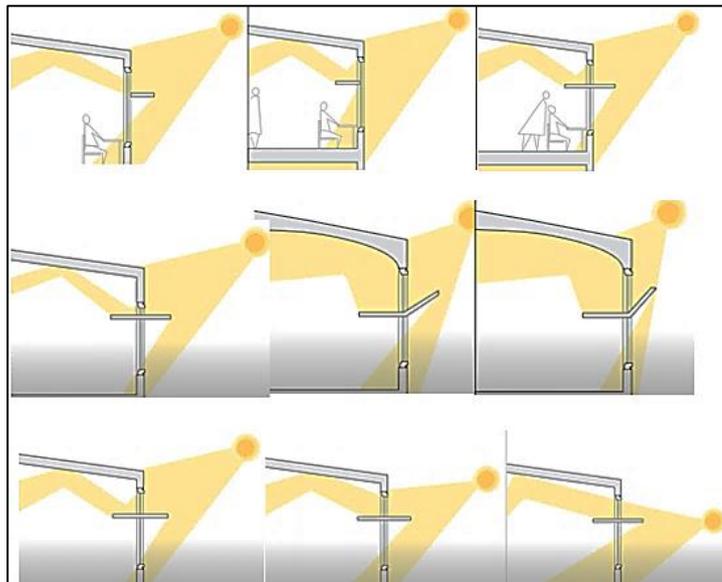


Figure II.13. Le light shelves

Source: Yalda Sabetazad²⁵

²⁵ Sabetazad Y., Architectural Daylighting Tools: Light Shelves, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=4wkvrQu7lXY>

- Les stores réfléchissants (les persiennes) :

Les stores réfléchissants actuels ou les persiennes ont une double fonction : la première est de réduire l'effet de l'éblouissement causé par la fenêtre qui provient de la pénétration directe du rayonnement solaire dans un espace, la deuxième, consiste à rediriger la lumière naturelle.

Le système de lamelle fonctionne de façon optimale dans des conditions de ciel clair avec soleil. Les persiennes peuvent être conçues pour être statiques ou dynamiques. Dans le dernier cas, elles sont contrôlées automatiquement de manière qu'elles puissent suivre le mouvement du soleil.



Figure II.14. Les stores réfléchissants
Source : Energie plus²⁶

II.4. Se protéger :

Se protéger de la lumière naturelle consiste à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement lumineux lorsqu'il présente une source d'inconfort visuel ou thermique pour les occupants et gêne les utilisations des locaux.

Il est essentiel donc de se protéger dans certains cas de la lumière naturelle (surtout si elle constitue une source d'éblouissement) par une protection solaire.

Il existe des protections intérieures permanente ou mobile, extérieures permanentes ou mobiles et des protections intermédiaires en interface.

²⁶ Energie plus, Déflecteurs de lumière naturelle,
<https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/composants-de-l-enveloppe/composants-divers/deflecteurs-de-lumiere-naturelle/>

Quelques protections permanentes :

- Auvents
- Avancée architecturale
- Vitrages spéciaux
- Films et autocollants

Quelques protections mobiles :

- stores
- végétation (Extérieurs)
- Volets
- Films et autocollants

La plupart des protections solaires limitent la vue vers l'extérieur, dégradant ainsi le confort visuel.

Dans le cas des protections solaires structurelles (fixes), les auvents représentent la meilleure solution pour ne pas perturber la vue vers l'extérieur mais ceux-ci ne sont réellement efficaces comme protection solaire que sur les façades exposées au sud. Pour les autres orientations, il est préférable de choisir des protections solaires mobiles offrant une certaine vue.

II.5. Contrôler :

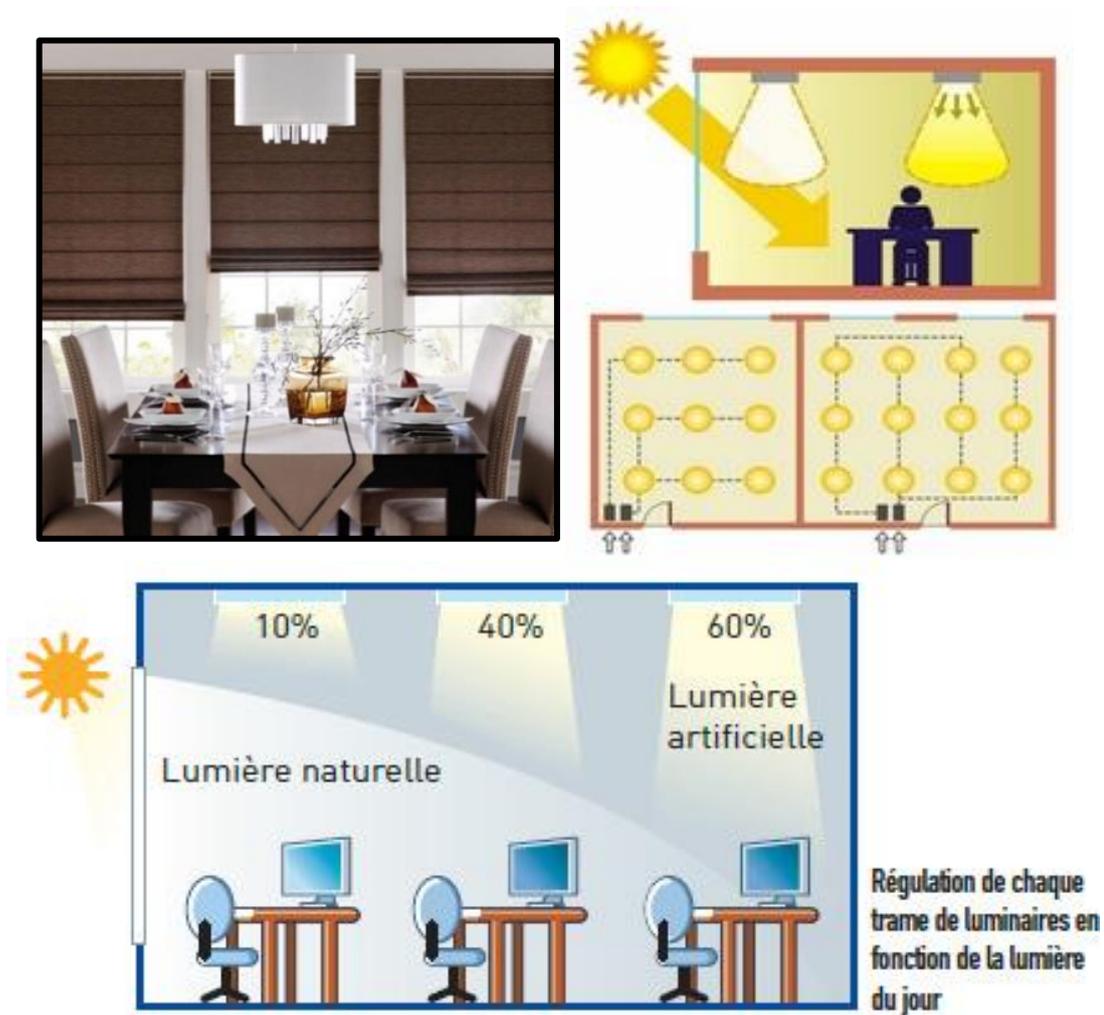
Contrôler la lumière naturelle consiste à gérer la quantité et la distribution de la lumière dans un espace en fonction de la variation des conditions climatiques et des besoins des occupants.

La gestion de l'éclairage permet de:

- Répondre à la variation continue de la lumière naturelle.
- Adapter l'ambiance lumineuse d'un local aux besoins de ses utilisateurs.

Les solutions de contrôle de l'éclairage naturel sont classées en trois catégories:

- L'utilisation de systèmes d'éclairage naturel adaptables, tels que des éléments de contrôle amovibles.
- Le zonage de l'installation d'éclairage artificiel en fonction de la lumière naturelle disponible.
- La régulation du flux des lampes en fonction de la présence de lumière naturelle.



*Figure II.15. Contrôle de lumière naturelle
Source : uclouvain²⁷*

Conclusion :

L'utilisation efficace de la lumière du jour dans les bâtiments ne joue pas seulement un rôle important dans l'efficacité énergétique, mais permet également de contribuer au bien-être des personnes en créant un environnement intérieur sain.

L'extrême complexité du comportement de la lumière naturelle conduit de nombreux architectes à négliger les qualités intrinsèques de l'éclairage naturel au profit d'un éclairage artificiel plus adaptable. Néanmoins, la lumière naturelle est le mode d'éclairage le plus agréable, le plus performant et le plus économique.

²⁷ Université Catholique de Louvain, L'éclairage naturel des bâtiments, Guide : la stratégie de la lumière naturelle, https://sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_strategies.htm