

Introduction générale

L'existence de l'homme est intimement liée à la lumière. Elle constitue un élément essentiel, générateur de vie sur terre. Elle représente une partie indéniable de notre vécu quotidien et nous influence du point de vue physiologique et psychologique.

La lumière est en effet un élément clé. Une bonne lumière crée un environnement visuel qui permet aux personnes de voir, d'aller et venir en sécurité et de réaliser des tâches avec efficacité et précision, sans fatigue. C'est pourquoi les spécialistes du bâtiment ont pour responsabilité de respecter quelques paramètres car la réalisation d'un éclairage performant nécessite de s'adapter au contexte local tout en respectant la réglementation, les normes et les recommandations en vigueur ; et de définir avec exactitude les besoins en éclairage et les exigences visuelles.

De plus, l'histoire de l'architecture témoigne de l'importance de la lumière naturelle, un matériau que l'homme a su modeler de diverses manières et pour des objectifs variés en lui attribuant une place, un rôle ou une symbolique particulière, et cela se répercute dans la conception des bâtiments. C'est le concept que défendait également Le Corbusier en 1923 dans son ouvrage "Vers une architecture" en considérant la lumière comme matière à part entière, d'ailleurs, il a défini l'architecture comme le "le jeu savant correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière". La valorisation de la lumière naturelle dans l'architecture reste cependant étroitement liée aux capacités techniques qui ne cesse d'évoluer.

La lumière naturelle se positionne donc par rapport à l'architecture à la fois comme un outil de conception mais aussi comme un facteur technique. C'est l'un des matériaux de base de toute conception architecturale. Cependant, l'éclairage artificiel fait également partie intégrante de l'architecture et peut exprimer le meilleur de lui-même en prolongeant l'activité quotidienne et en créant des ambiances nocturnes incontournables.

Cette notion de combinaison entre le lumen (la lumière divine) et la lux (la lumière terrestre) s'avère essentielle en architecture. Ce polycopié est en effet, un résultat de lectures et de documentations qui serviront à initier l'étudiant en architecture sur les bases de conception d'éclairage naturel et artificiel afin d'arriver à un projet efficace et performant sur les différents plans : architectural, technique et énergétique.

Chapitre 1 : Le confort visuel

Introduction :

L'obtention d'un environnement visuel confortable favorise le bien-être des occupants. Par contre, un éclairage trop faible ou trop fort, mal réparti dans l'espace provoque une fatigue, voire même des troubles visuels, accompagnés d'une sensation d'inconfort et d'une performance visuelle réduite.

Dans ce chapitre, il sera question de mettre en lumière les paramètres du confort visuel qui doivent être pris en considération dans la conception des bâtiments.

I. Définition du confort visuel :

L'environnement visuel nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable.

Le confort visuel est une impression subjective liée à ¹:

- La quantité de la lumière
- La distribution de la lumière
- La qualité de la lumière

Le confort visuel dépend de la combinaison de facteurs physiques et de facteurs physiologiques et psychologiques

I.1. Les facteurs physiques² :

- Éclairement : est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le lux, équivalent à 1 lm/m².
- Le flux lumineux d'une source est l'évaluation de la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace par cette source. Il s'exprime en lumen (lm).
- Luminance : est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée. La luminance s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m²).

¹ Bodart M., De Herde A., Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément de l'éclairage naturel, pour un meilleur confort visuel et de substantielles économies d'énergie, Ministère de la Région Wallonne, 1999

² Reiter S., De Herde A., L'éclairage naturel des bâtiments, presse universitaire de Louvain, 2003

- L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en candéla, équivalent à 1 lm/sr.

- Contraste : est l'aptitude à distinguer des différences de luminance.

- 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. Il peut être direct ou indirect.

- Spectre lumineux : Ce qu'on appelle lumière blanche ou solaire est la lumière usuelle, celle du jour. Cette lumière (blanche) se décompose en plusieurs ondes qui ont différentes fréquences. Parmi toutes ces ondes, seule celles situées entre 380 à 780 nm (nm : nanomètre) sont visibles par l'œil humain. Elles forment ainsi le spectre de la lumière.

I.2. Facteurs physiologiques et psychologiques :

Le confort visuel relève également de facteurs physiologiques et psychologiques liés à l'individu :

- Facteurs physiologiques : âge, sexe, taille, Activité physique, état de santé pathologie de la vision...

- Facteurs psychologiques : stimuli visuel, expériences précédentes, le climat, perception de la profondeur et de la couleur, la culture...

II. Les paramètres du confort visuel :

La réalisation d'un éclairage performant nécessite de s'adapter au contexte local tout en respectant la réglementation, les normes et les recommandations en vigueur ; Et de définir avec exactitude les besoins en éclairage et les exigences visuelles en essayant de répondre aux quatre questions suivantes :

- Pourquoi veut-on éclairer ?
- Quelle est l'activité exercée ?
- Pour qui éclaire-t-on ?
- Quelle influence l'environnement exerce-t-il sur le lieu à éclairer ?

Les paramètres du confort visuel pour lesquels l'architecte joue un rôle prépondérant sont les suivants³ :

II.1. Le niveau d'éclairement de la tâche visuelle :

Pour être capable de se déplacer et d'effectuer ses activités en sécurité, aisément et efficacement le travailleur doit être informé sur sa tâche et son environnement.

³Université Catholique de Louvain, l'éclairage naturel des bâtiments, Guide : le confort visuel, https://sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_confort.htm

La perception des objets et des événements ainsi que l'exécution de différentes tâches s'effectuent sous le contrôle de la vue. De plus, la vision dépend de la lumière car c'est cette dernière qui rend les objets visibles⁴. De ce fait, il existe une relation étroite entre la tâche visuelle, la vue et la lumière et il est nécessaire d'avoir un éclairage approprié à chaque tâche visuelle qui désigne de façon conventionnelle, les objets et les détails qui doivent être vus pour exercer une certaine activité.

Une bonne visibilité de la tâche visuelle et de son environnement est fortement influencée par le niveau d'éclairage qui est défini comme la quantité de lumière (flux lumineux) recommandée pour une tâche visuelle déterminée (exprimé en lux -lx-).

Plus les détails seront petits et les différences minimales, plus les exigences en termes de qualité d'éclairage seront élevées, notamment en termes d'éclairage.

Avant d'aménager un éclairage local, il est donc nécessaire de définir la nature exacte de la tâche visuelle et de déterminer ses caractéristiques de transmission et de réflexion de la lumière.

Le confort visuel est assuré non seulement par un éclairage juste et suffisant mais aussi par :

- Une bonne qualité de la lumière émise par les sources.
- Une uniformité de l'éclairage.
- Un équilibre des luminances pour éviter les éblouissements.

Habitation :	
Débaras, garages, caves	: 50-100 Lux (zone de travail : 300-500 Lux)
Halls, couloirs, escaliers	: 100 Lux minimum
Chambres	: 100-200 Lux (zone de lecture : 300 Lux)
Salons	: 100-200 Lux (zone de repos 50 Lux, zone de lecture : 300 Lux)
Salles à manger	: 100-200 Lux (table : 200-300 Lux)
Salles de bains, WC	: 200 Lux (miroir et plan de travail : 300-500 Lux)
Cuisines	: 200-300 Lux (plan de travail : 300-500 Lux)
Bureaux	: 300-500 Lux (zone d'inspection et de précision : 400-800 Lux)
Travail :	
Zones de circulation extérieures	: 30 Lux
Zones d'accès	: 100 Lux
Halls, couloirs, escaliers	: 100-150 Lux
Entrepôts	: 100-150 Lux (stockage de petites pièces : 250 Lux)
Bureaux	: 300-500 Lux (zone d'inspection et de précision : 400-800 Lux)
Garages, ateliers	: 300-500 Lux (zone d'inspection et de précision : 400-800 Lux)
Magasins de vente	: 300 Lux (caisse : 500 Lux)

Figure I.1. Niveaux d'éclairage dans les différents espaces et équipements

Source : Recommandations de l'Association Française de l'Éclairage [A.F.E.], et de PROMOTELEC

⁴Floru R., Éclairage et vision, Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420151/document>

II.2. Un rendu des couleurs correct :

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. La couleur perçue est intimement dépendante du spectre lumineux émis. Ces dernières peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes.

Le rendu de couleurs est évalué par un indice appelé l'indice de rendu de couleurs (IRC) qui est la capacité d'une lampe de nous faire distinguer toutes les couleurs des objets qu'elle éclaire.

La valeur maximale de l'IRC est égale à 100. Elle correspond à la lumière du jour. Un indice plus grand que 80 est considéré comme très bon.

En jouant sur les températures de couleur, vous pouvez choisir l'éclairage le plus adapté à votre local et vos besoins.

On n'éclaire pas une chambre ou un salon comme un magasin, un entrepôt ou un jardin

- Plus le nombre de kelvins est élevé, plus la lumière est blanche et donne une impression de froid.
- Plus le nombre de kelvins est bas, plus la lumière est chaleureuse.

En pratique et d'une manière générale sont préférées :

- Les teintes chaudes (3 000 K) pour l'éclairage des locaux de séjour, endroits de détente, ...
- Les teintes intermédiaires (4 000 K) sont recommandées dans la plupart des travaux techniques.
- Les teintes froides (5 000 K) pour des éclairagements élevés là où les performances visuelles sont importantes.

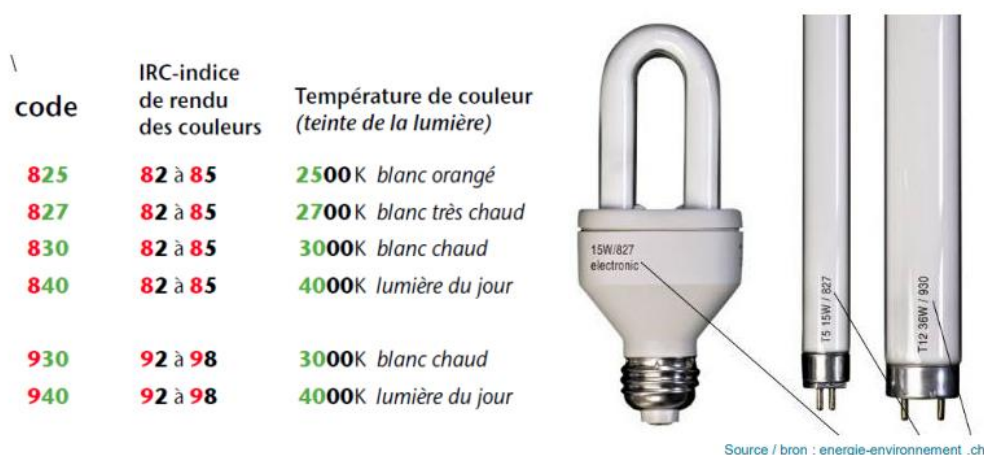


Figure I.2. Interprétation des étiquettes des lampes
Source : GREGOIRE. Florence⁵

⁵ Grégoire. F, Comment éclairer de manière efficace ? , Formation bâtiment durable ; Éclairage : conception et régulation, 2022, <https://environnement.brussels/media/7336/download?inline>

II.3. Le rapport de luminance dans le local et une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace :

Une bonne répartition de la lumière dans un espace permet l'affectation des tâches de manière confortable et sans fatigue visuelle.

La distribution de la lumière dans un espace dépend de la répartition des sources lumineuses (naturelles ou artificielles) et de la réflexion des parois.

Il faut une certaine uniformité de luminance, d'une part, entre le champ visuel en position de travail (le plan de travail) et au repos (les murs) et d'autre part, entre les différentes surfaces de référence (éclairage de la zone de travail et de la zone voisine).

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux dans le local, il est essentiel de :

- Placer le mobilier de telle sorte qu'il ne fasse pas écran et de disposer les zones d'activité judicieusement.
- Situer préférentiellement les plans de travail près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue.

Une répartition harmonieuse de la lumière naturelle dans un bâtiment peut être favorisée par différentes approches basées sur ⁶:

- 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.

II.4. L'absence d'ombres gênantes :

Lorsqu'un objet opaque est éclairé par une source de lumière, certaines zones situées derrière l'objet, ne reçoivent pas de lumière et constituent l'ombre de l'objet.

Il existe deux catégories d'ombres :

- Ombres propres : elles appartiennent à l'objet et lui donnent son relief.
- Ombres portées : elles sont projetées par l'objet sur son support et les surfaces environnantes (ex : mur).

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.

⁶ Grégoire, F, Comment éclairer de manière efficace ? , Formation bâtiment durable ; Éclairage : conception et régulation, 2022, <https://environnement.brussels/media/7336/download?inline>

Pour qu'un travail ne soit pas perturbé par des ombres parasites. Il faut éviter les situations suivantes⁷ :

- Lorsque l'éclairage provient du côté droit pour les droitiers et du côté gauche pour les gauchers
- Lorsque l'éclairage est dirigé dans le dos des occupants
- Un éclairage trop focalisé (directionnel) qui risque de masquer certaines zones.
- Un éclairage purement indirect (diffus) qui supprime totalement les ombres et rend l'environnement trop uniforme.

Une pénétration latérale de la lumière est considérée comme la meilleure puisqu'elle satisfait généralement la perception tridimensionnelle du relief des objets et de leur couleur, grâce à sa "directionnalité" et à sa composition spectrale.

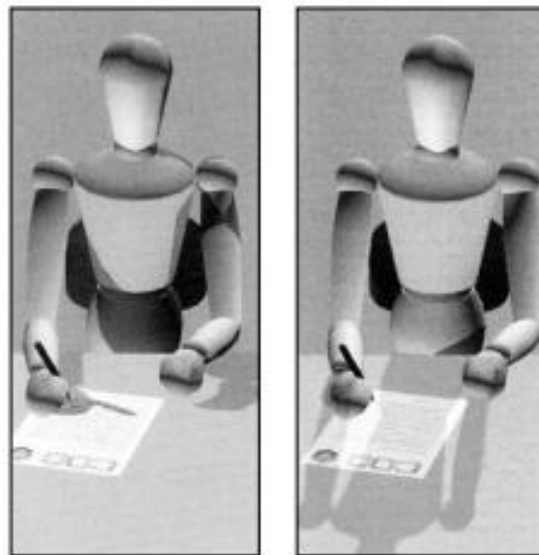


Figure III.3. Ombre gênante
Source : Energie plus

II.5. La mise en valeur du relief et du modelé des objets :

Les ombres ne sont pas toujours indésirables, puisqu'elles sont là pour donner du relief aux objets.

Un objet ou une image sans ombres serait plat (e) et sans intérêt. La répartition des zones d'obscurité et de lumière informe l'œil sur la tridimensionnalité de ce qu'il regarde. C'est pourquoi il est important de bien diriger la lumière pour mettre en valeur les reliefs et les volumes.

⁷ Energie plus, Évaluer la présence d'ombres gênantes,
<https://energieplus-lesite.be/evaluer/confort-visuel2/evaluer-la-presence-d-ombres-genantes/>

II.6. Une vue vers l'extérieur et une teinte de lumière agréable :

Dans une société où nous passons plus de 90% de notre temps à l'intérieur des bâtiments et certainement davantage depuis l'arrivée de la Covid-19, de nombreuses études scientifiques ont montré l'importance des vues vers l'extérieur pour le bien-être et la santé des personnes. En particulier, des vues vers la nature ont un effet bénéfique sur nos performances cognitives et notre état de stress⁸.

Cet aspect est devenu une composante majeure du confort visuel.

- 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 variabilité de la lumière naturelle permet d'établir une harmonie avec le monde extérieur et crée une ambiance intérieure plus chaleureuse.
- Les baies vitrées, par lesquelles la lumière pénètre, offrent le double avantage d'une communication visuelle vers l'extérieur et d'une vue au loin nécessaire au repos de l'œil après une vision rapprochée. Elles jouent aussi un rôle esthétique indéniable car elles font participer les paysages extérieurs à l'ambiance visuelle d'un espace déterminé.

Plusieurs éléments rentrent en jeu pour qu'une ouverture puisse offrir un accès suffisant et satisfaisant à des vues extérieurs :

- La taille et le placement des fenêtres, et notamment par rapport à la position des occupants dans la pièce
- Le type de vitrages : Certaines caractéristiques telles que le degré d'opacité, la couleur, la présence de motifs ou de revêtements particuliers peuvent éventuellement altérer la vision qu'auront les occupants de l'extérieur
- La présence d'éléments se rajoutant à la façade modifiant également la vision vers l'extérieur tels que des mailles ou grillages métalliques, tôles perforées ou des stores
- L'environnement à proximité du bâtiment et visible depuis les fenêtres
- La forme et la hauteur du bâtiment qui vont aussi conditionner le contenu des vues par exemple la vision du ciel et du paysage lointain.

II.7. L'absence de l'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 dans le champ de vision⁹.

⁸ Sok-Paupardin E, Comment évaluer les vues vers l'extérieur dans les bâtiments ? 2020, <https://www.sageglass.com/fr/industry-insights/comment-evaluer-vues-lexterieur-batiments>

⁹ Université Catholique de Louvain, L'éclairage naturel des bâtiments, Guide : le confort visuel, <https://sites.uclouvain.be/eclairage>

En éclairage naturel, les causes de l'éblouissement sont :

- Une vue directe du soleil,
- Une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres,
- Des parois réfléchissant le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines.

En éclairage artificiel, les causes de l'éblouissement sont :

- Une vue directe d'une lampe
- Une réflexion d'une lampe sur les parois polies des luminaires, sur les surfaces du local ou sur des objets.

Il existe deux types d'éblouissement :

L'éblouissement direct : produit par un objet lumineux (lampe, fenêtre, ...) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine. Les solutions proposées sont les suivantes :

- Changer de position par conséquent le champ de vision (position de la tache visuelle)
- Cachez la source lumineuse en cause derrière un panneau ou un rideau clair.
- Sortez la lampe du champ visuel en la changeant de place ou en modifiant l'orientation du poste de travail.

L'éblouissement indirect : produit par des réflexions d'objets lumineux sur des surfaces brillantes (anciens écrans d'ordinateur, plan de travail, tableau ...). Les solutions proposées sont les suivantes :

- Supprimez du champ de vision tout objet réfléchissant : verre (cadres...), plastique (fardes transparentes...), objets brillants (déco...).
- Préférez des tables et objets mats.
- Repérez les lampes ou luminaires qui causent ces reflets.

Conclusion :

Il est très difficile de quantifier les valeurs idéales que les paramètres du confort visuel devraient atteindre. Il n'existe pas de solution universelle au problème du confort visuel car celui-ci sera influencé par le type de tâche, la configuration du lieu et les différences individuelles et culturelles.

En effet, de nos jours, le confort visuel se présente comme cible pour plusieurs labels environnementaux tel que la démarche HQE. Le référentiel HQE a choisi la cible du confort pour la création d'un environnement intérieur sain sur le plan visuel sous une forme plus qualitative que quantitative. L'accent est mis sur l'accès à la lumière naturelle avec la recherche de l'équilibre des luminances et la limitation de l'éblouissement.