

## **Chapitre II**

# **Le confort visuel et l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural**

### **Introduction**

L'éclairage a un effet profond sur la vie des êtres humains. Il facilite la vision qui est notre source d'informations la plus importante sur le monde et il affecte notre fonctionnement biologique. La plupart des renseignements que nous obtenons grâce à nos sens, nous les obtenons par la vue, soit près de 80%. C'est l'homme et sa perception qui décident si un éclairage est efficace ou non. Indépendamment de son efficacité technique, une lumière qui éblouit, entamant la capacité visuelle et le bien-être, représente toujours une perte d'énergie. Par rapport à ces sources de lumière aveuglantes, même les zones fortement éclairées apparaissent alors relativement sombres. Une lumière confortable, non éblouissante, offre au contraire des conditions de perception optimales et un confort pour l'œil humain. Elle permet de recourir à des éclairages plus faibles et de créer des contrastes subtils, tout en faisant d'énormes économies d'énergie. La lumière du jour restant sans égal, il est important de choisir la configuration des pièces, l'emplacement et les dimensions des ouvertures de sorte que l'éclairage électrique ne soit utilisé qu'en appoint de l'éclairage naturel. La lumière naturelle peut éclairer un espace de manière directe ou indirecte, latérale ou zénithale. Elle peut également être contrôlée ou filtrée. Elle permet aussi d'assurer le confort visuel et de réaliser une ambiance lumineuse agréable. Elle contribue grandement à l'effet que produit un espace sur les personnes qui l'occupent, comme la sensation de gaieté ou de tristesse qui dépendent du niveau d'éclairage. Les niveaux élevés d'éclairage sont considérés comme gais et capables de stimuler la vigilance et l'activité des personnes. Les faibles niveaux d'éclairage tendent à créer une atmosphère de détente et de repos. Il peut être ressenti comme doux ou dur, comme une lumière douce ou diffuse qui atténue les ombres portées et crée un environnement visuel reposant. Une lumière dure ou directionnelle peut produire des réflexions et des ombres qui accentuent le relief et la forme des objets. Donc, l'éclairage doit assurer à la fois la visibilité des objets et des obstacles, la bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle exagérée et une ambiance lumineuse agréable qui correspond aux exigences de l'espace.

## I. La perception de la lumière

### I. 1. La lumière et la vision

L'importance de la vision pour l'être humain est énorme puisque son absence ne lui permet plus d'appréhender le monde qui l'entoure. Plusieurs philosophes ont souligné que la perception visuelle est la manière à la fois la plus directe et la plus immédiate pour accéder à la réalité [Talmenssour, 2007:143]. Plus que tout autre sens, la vision semble dominer notre vie mentale [Thuan, 2007:21] et la lumière qui y sert de support incontournable est aussi une constante existentielle et expérientielle de l'homme. Ce rôle exceptionnel renforce énormément l'illusion de l'universalité. La lumière est une source d'énergie inépuisable qui produit des effets visuels et influence de manière considérable l'humeur et l'esprit des êtres humains. Les variations horaires et saisonnières de l'intensité et de la couleur de la lumière du jour sont un élément dynamique stimulant. La luminosité et la vue donnent une impression d'espace. Plus les espaces sont éclairés naturellement, plus ils permettent des usages multiples et assurent à nos yeux un certain degré de confort visuel. Par ailleurs, un mauvais éclairage naturel peut provoquer de la fatigue, des douleurs oculaires, des maux de tête, des mauvaises postures. D'autre part, la lumière désigne les ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain qui ne perçoit qu'une infime partie du spectre émis par le soleil. L'œil est notre récepteur de la lumière même si son fonctionnement est spécifique. La vue est un élément essentiel dans la vie de l'être humain. Elle lui permet de percevoir en permanence le monde extérieur. C'est aussi le moyen privilégié de la connaissance et de l'éducation puisque les quatre cinquième (80%) de ce que nous mémorisons dépendent de ce que nous voyons. Le schéma suivant montre les composantes de l'œil humain:

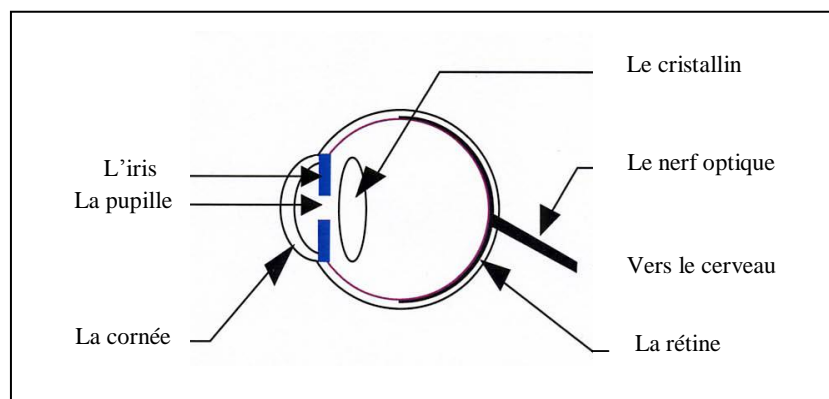


Figure 45 : coupe sur l'œil humain (Source : Le périscope. Centre de développement pédagogique périscope)

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

## **I. 2. Le mécanisme de la vision**

La vision est le sens dédié à la perception de la lumière, autrement dit, la partie dite visible du rayonnement électromagnétique soit, pour l'œil humain, les longueurs d'onde comprises entre 350 et 750 nm. La vision fait intervenir de nombreux éléments, aussi bien des yeux que du cerveau. Le mécanisme de la vision est complexe et se fait en deux étapes : la perception des rayons lumineux puis leur interprétation par le cerveau qui reçoit les images, les analyse et les identifie. Ce mécanisme met en jeu plusieurs phénomènes physiques (formation de l'image sur la rétine), physiologiques (transmission de l'image formée en signaux codés transmis au cerveau) et psychophysiologiques (transformation des signaux codés en perception visuelle qui fait appel à différents types de mémoires (vue, toucher, goût, odorat...)).

L'œil perçoit les ondes émises par une source lumineuse. La vue commence lorsque la lumière réfléctée d'un élément extérieur entre dans l'œil. La cornée oriente ces rayons lumineux vers le centre de l'œil et les fait pénétrer par la pupille. Son ouverture est grande de façon à laisser pénétrer plus de lumière. La lumière traverse le cristallin, une lentille biologique, qui nous assure d'avoir une image nette au fond de l'œil. L'iris, en se rétrécissant ou s'agrandissant, contrôle la quantité de lumière reçue : moins il y a de lumière, plus la pupille, l'orifice central qui le perce, sera dilatée. Puis après, l'image se forme sur la rétine au fond de l'œil qui focalise la lumière et transforme les rayons lumineux en stimulations physiologiques le long du nerf optique. 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.

Le schéma suivant illustre le phénomène de la vision qui fait intervenir les différents composants de l'œil humain :

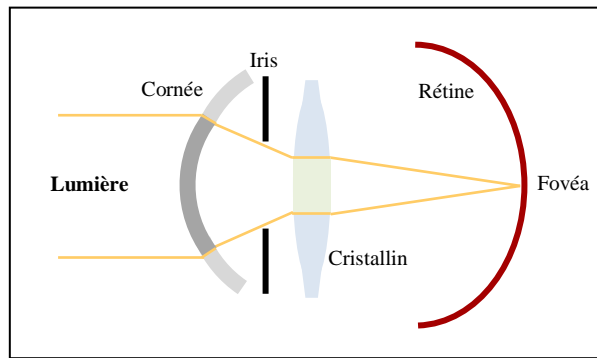


Figure 46 : Le mécanisme de la vision (Source : Auteur)

Trois facteurs commandent l'excitation de la rétine :

- La longueur d'onde : c'est la partie du spectre visible par l'œil humain (entre 380 et 780 nm).
- L'intensité : pour qu'une lumière soit perçue, il faut que son intensité lumineuse soit supérieure à un certain seuil limite.
- La durée : pour qu'un éclat lumineux soit perçu, il faut que sa durée soit au minimum de un millionième de seconde.

La sensibilité de l'œil n'est pas constante selon la longueur d'onde de la radiation perçue. Cette sensibilité a une forme de cloche avec un maximum de sensibilité dans le vert-jaune à 555 nm et deux minima dans le bleu et le rouge. Lorsque l'intensité de l'éclairage diminue, la sensibilité de l'œil se décale vers le bleu. La figure ci-dessous donne la courbe de sensibilité spectrale de l'œil humain. Elle montre bien, qu'en vision diurne, l'œil humain présente une sensibilité maximale aux environ de 555 nm.

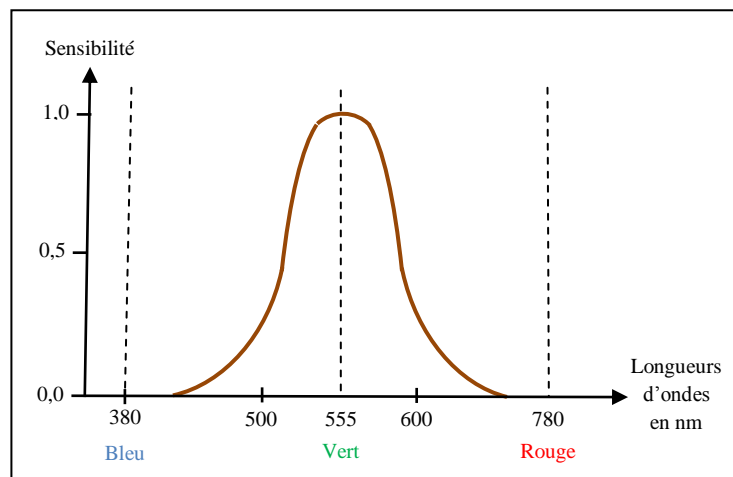


Figure 47 : Courbe de sensibilité de l'œil normalisé par la CIE (Source : CIE)

### **I. 3. La perception de la lumière**

La vision humaine est un processus très complexe qui n'est pas encore totalement compris aujourd'hui malgré des centaines d'années d'études et de modélisation. Le processus de la vision implique l'interaction quasi-simultanée des deux yeux et du cerveau au travers d'un réseau de neurones, de récepteurs et d'autres cellules spécialisées. La première étape de ce processus est la stimulation des récepteurs de lumière situés dans les yeux, la conversion du stimulus lumineux ou des images en signaux et la transmission de ces signaux électriques contenant l'information de la vision depuis chaque œil vers le nerf optique. Cette information est traitée en plusieurs étapes pour atteindre finalement le cortex visuel du cerveau. La perception visuelle, c'est l'excitation de la matière rétinienne qui met en jeu une réaction photochimique où le couplage se fait par une interaction électrique entre l'onde électromagnétique et le récepteur.

#### **I. 3. 1. Le champ visuel**

On ne peut pas parler de la perception visuelle sans parler du champ visuel qui est la capacité de l'œil à saisir une information visuelle qui dépend de sa position relative dans le champ visuel. Le champ visuel est l'espace délimité par la perception spatiale de l'œil, sans bouger la tête. Sachant que le champ visuel est légèrement différent pour chaque individu, la portée verticale des yeux couvre un angle d'environ 130°; elle est limitée vers le haut par les arcades sourcilières et vers le bas par les joues. Le champ horizontal total des yeux est d'environ 180° lorsqu'ils sont dirigés vers un objet fixe.



Figure 48 : Le champ visuel  
(Source : Magali Bodart et al.)

Chaque œil a un angle de vision d'environ 150°. A l'endroit où les champs visuels se recouvrent, l'homme a une vision binoculaire; ils se superposent dans la zone médiane où un même objet est vu simultanément par les deux yeux mais sous un angle différent. La capacité de l'œil à saisir une information visuelle dépend de sa position relative dans le champ visuel.

Le graphe suivant montre en bleu le champ visuel perçu simultanément par les deux yeux et en rose clair le domaine vu par chaque œil séparément. Les cercles concentriques délimitent la fovéa, l'ergorama et le panorama. La fovéa est un champ visuel assez restreint de 2° qui nous permet de percevoir les détails et plus nous nous éloignons de ce champ central, plus les détails sont difficilement perceptibles. L'ergorama est un champ visuel de 30° par rapport à l'axe de vue et il nous permet de distinguer les formes. Alors que le panorama est un champ visuel de 60° par rapport à l'axe de vue qui nous permet de distinguer les mouvements.

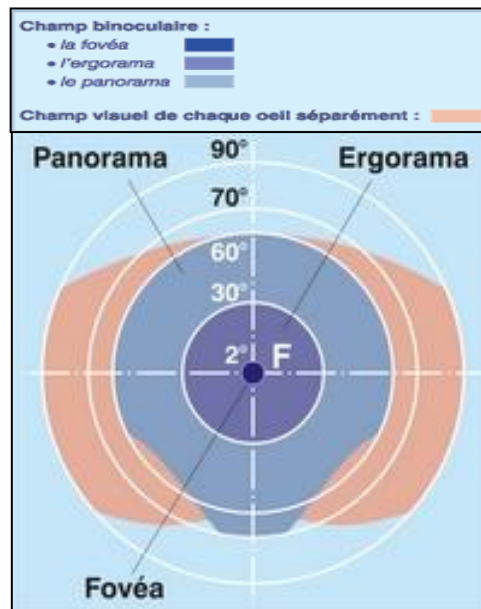


Figure 49 : Le champ visuel  
(Source : Magali Bodart et al.)

### **I.3.2. La perception des couleurs**

La couleur apporte une dimension supplémentaire à l'éclairage. Les comportements humains sont en effet influencés par les réponses émotionnelles à l'environnement et la couleur est l'un des facteurs principaux de sa perception. La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire : la couleur bleu est une couleur froide (riche en radiations bleues) tandis la couleur

rouge est une couleur chaude (riche en radiations rouges). En outre, il faut savoir qu'une pièce est d'autant plus éclairée que les surfaces qui réfléchissent la lumière sont claires. Pour l'œil humain, la couleur est une sensation. Les récepteurs de l'œil servent à décomposer les informations lumineuses en signaux électriques qui seront envoyés au nerf optique puis au cerveau. Le système récepteur de l'œil (la rétine) est formé d'un ensemble de cônes et de bâtonnets : les premiers étant très sensibles à la lumière sont responsables de la perception des couleurs (bleu, vert, rouge). Les seconds, 100 à 500 fois plus sensibles que les cônes, nous permettent de voir dans des conditions de faible éclairage. L'œil voit les couleurs de façon différenciée. A chaque couleur est associée une longueur d'onde que nous percevons plus ou moins bien. Ainsi, nous sommes très sensibles au jaune et voyons mal les bleus et les rouges. Le schémas suivant montre la perception des couleurs par l'œil humain :

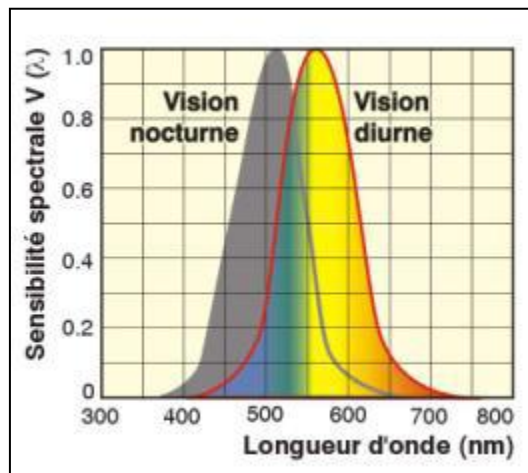


Figure 50 : La perception des couleurs par l'œil humain (Source : Magali Bodart)

La lumière est caractérisée par un facteur de réflexion qui varie d'une couleur à l'autre. Ce facteur est le rapport entre la quantité de lumière L, tombant sur une surface et la lumière l, réfléchié par cette surface. Il s'exprime en %. Le tableau suivant donne les différents facteurs de réflexion pour des couleurs :

| COULEUR             |                    |                    |                     |                   |                       |                    |                         | FACTEUR DE RÉFLEXION EN % |  |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| PAPIER BLANC<br>84% | CRÈME CLAIR<br>73% | CRÈME FONCÉ<br>70% | JAUNE CITRON<br>70% | JAUNE D'OR<br>62% | CHAMOIS CLAIR<br>60%  | CIMENT<br>55%      | PIERRE (MOYENNE)<br>40% | BLEU CIEL<br>48%          |  |
| GRIS TRIANON<br>45% | BEIGE<br>43%       | ROSE SAUMON<br>42% | VERT D'EAU<br>38%   | HAVANE<br>32%     | BLEU TURQUOISE<br>27% | ROUGE CLAIR<br>21% | VERT PRAIRIE<br>19%     | NOIR<br>0%                |  |

Tableau 7 : facteur de réflexion des couleurs (Source : Éclairage et confort visuel)

La nature de la lumière rend les couleurs visibles et elle est décrite par deux mesures : l'indice de rendu des couleurs *IRC*, exprimé en pourcentage, qui représente la capacité d'une source à rendre fidèlement les couleurs d'un objet (un *IRC* de 100 indique que la lumière considérée contient 100 % des couleurs existantes) et la température de couleur, mesurée en degrés Kelvin qui désigne la teinte de la lumière émise par un corps en fonction de sa température (plus elle est élevée, plus la lumière considérée contient de grandes quantités de couleurs).

### **I.3.3. La performance visuelle**

La performance visuelle est un taux d'évaluation du système visuel utilisé pour quantifier les aptitudes d'une personne à détecter, identifier et analyser les détails entrant dans son champ de vision en se fondant sur la vitesse, la précision et la qualité de sa perception. La performance visuelle dépend entre autre des caractéristiques propres de la tâche à accomplir, de l'acuité visuelle de l'observateur, de la nature de l'arrière-plan, des conditions d'éclairage,...etc. La visibilité de la tâche est utilisée pour relier la performance visuelle aux paramètres de l'éclairage sans tenir compte de l'attitude de l'observateur à l'égard de la tâche. La visibilité qui caractérise une tâche est déterminée par la visibilité du détail critique. D'une manière générale, la visibilité du détail dépend de sa dimension angulaire et de sa forme, sa luminance et sa couleur, son contraste par rapport au fond immédiat, sa position dans le panorama visuel, la luminance d'adaptation, l'âge de l'observateur, le temps d'observation, etc...

## **II. Le confort visuel**

### **II. 1. Définitions**

Le confort visuel a une forte influence sur l'individu tant au niveau physiologique que psychologique. Le confort visuel a plusieurs définitions : c'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur ou bien un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques ; il peut être aussi un éclairage artificiel satisfaisant et un appoint à l'éclairage naturel. De façon générale, le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière et représente sa satisfaction devant l'environnement visuel qui nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir



les objets nettement et sans fatigue, dans une ambiance colorée agréable. L'obtention d'un environnement visuel confortable dans un local favorise le bien-être de ses occupants. Par contre, un éclairage trop faible ou trop fort, mal réparti dans l'espace ou dont le spectre lumineux est mal adapté à la sensibilité de l'œil ou à la vision des couleurs, provoque à plus ou moins longue échéance une fatigue, voire même des troubles visuels, accompagnés d'une sensation d'inconfort et d'une performance visuelle réduite. Une bonne visibilité n'est pas une condition suffisante pour assurer le confort visuel, compris comme l'appréciation subjective d'un environnement lumineux agréable. L'uniformité de l'éclairement et l'équilibre des luminances dans un espace contribuent au confort. Le meilleur éclairage est assuré par la lumière du jour, lumière blanche parfaite. Un environnement lumineux non confortable, sortant des normes fondées sur les grandeurs photométriques, peut être parfois considéré comme satisfaisant, la satisfaction visuelle restant déterminée par des préférences individuelles. La sensation de confort diffère d'une personne à une autre ; on trouve des personnes qui préfèrent un éclairage naturel, même inconfortable, à certains éclairages artificiels assurés par des sources ayant une caractéristique spectrale qui ne correspond pas à celle de la lumière blanche. La température de couleur est un élément d'appréciation du confort visuel dû à la qualité de l'éclairage. Le diagramme de Kruithof établit les conditions du confort perçu pour différentes combinaisons d'éclairement et de température de couleur. Il montre que dans une ambiance peu éclairée (zone A), le confort est associé à une lumière chaude alors que dans une ambiance fortement éclairée (zone C), le confort est associé à une lumière trop froide. La zone intermédiaire (zone B) est celle du confort.

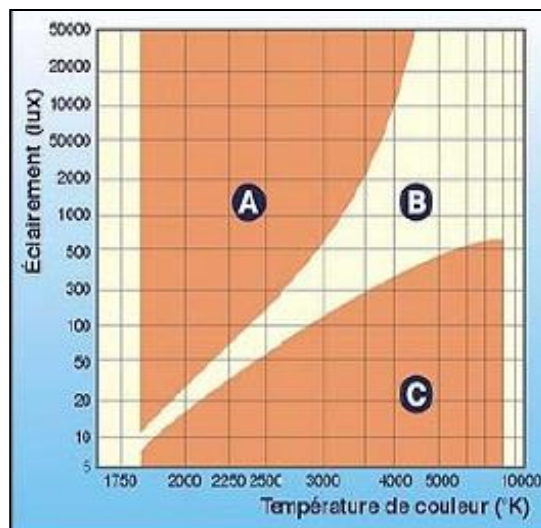


Figure 51 : Le diagramme de Kruithof  
(Source : Suzel Balez)

## **II. 2. Les critères du confort visuel**

Le confort visuel est une sensation totalement subjective. Les facteurs significatifs sont, entre autres, l'âge et l'acuité visuelle. Cette sensation de confort dépend également de l'objet à percevoir, de sa taille, de son aspect, de sa couleur. Le confort visuel doit assurer à la fois la visibilité des objets et des obstacles, la bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle et une ambiance lumineuse agréable. Il est inséparable de la quantité, de la distribution et de la qualité de lumière disponible dans une pièce. Le confort visuel peut néanmoins se mesurer à travers des critères objectifs qui doivent être bien étudiés pour atteindre le seuil du confort :

- Le site, avec toutes ses contraintes dont l'ensoleillement, les masques et les reliefs, la nature des surfaces et l'éclairage artificiel extérieur.
- Le nombre d'ouvertures, leur taille, leur orientation.
- La quantité de lumière naturelle.
- La qualité de l'éclairage naturel qui est mesurée par le facteur de lumière du jour (FLJ).
- La qualité de l'éclairage électrique en termes de confort et de dépenses énergétiques est caractérisée par l'indice de rendu des couleurs et la température des couleurs.
- La relation visuelle avec l'extérieur.

## **II. 3. Les paramètres du confort visuel**

Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques : l'éclairement, la luminance, le contraste, l'éblouissement et le spectre lumineux auxquels s'ajoutent des caractéristiques propres à l'environnement et à la tâche visuelle à accomplir, comme la taille des éléments à observer et le temps disponible pour la vision. Le confort visuel relève, en outre, de facteurs physiologiques et psychologiques liés à l'individu, tels que son âge, son acuité visuelle ou la possibilité de regarder à l'extérieur. Un environnement visuel confortable sera obtenu par la détermination des paramètres suivants :

- un bon niveau d'éclairement nécessaire à une vision claire et sans fatigue,
- Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable,

- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace,
- Les rapports de luminance présents dans le local (bonnes conditions de contraste),
- L'absence d'ombres gênantes,
- La relation au monde extérieur,
- L'éblouissement.

### **II. 3.1. Un bon niveau d'éclairage**

Chaque activité nécessite un certain niveau d'éclairage dans la zone où se déroule l'activité. En général, plus la difficulté pour la perception visuelle est importante, plus le niveau moyen d'éclairage devrait être élevé. Un niveau d'éclairage minimum est nécessaire pour une vision claire et sans fatigue. Toutefois, un éclairage trop abondant peut être inconfortable. L'éclairage moyen recommandé est généralement fixé selon la fonctionnalité du local et la précision de la tâche visuelle qui doit y être exercée. Les recommandations sont souvent données en termes d'éclairage plutôt que de luminance pour faciliter sa mesure. Comme la sensation de luminosité est mieux représentée par la luminance, il faut tenir compte du coefficient de réflexion dans le choix de l'éclairage d'une surface. Plus il est faible et sa couleur est foncée, plus la vision s'avère difficile et plus le niveau d'éclairage doit être élevé. De plus, les niveaux d'éclairage conseillés doivent être nuancés en fonction du contraste de luminance entre l'élément observé et son arrière-fond. Un bon niveau d'éclairage permet une bonne productivité avec une baisse des erreurs et une moindre fatigue visuelle. L'éclairage a une corrélation directe avec l'accommodation à la distance et la profondeur du champ est meilleure lorsque l'éclairage est élevé. Si l'on est amené à changer de distance de vision, il est souhaitable que l'éclairage soit uniforme et élevé sur les deux surfaces. L'acuité visuelle est la capacité de l'œil à discriminer des détails spatiaux proches. Elle est mauvaise lors du passage de la lumière à l'obscurité (1% de l'acuité diurne) et s'améliore en 10 minutes pour atteindre 10% qui seront faiblement dépassés pour un temps supérieur (accommodation ou adaptation à la vision nocturne). L'acuité est optimale lorsque l'éclairage est élevé sans être éblouissant et lorsque la luminance de la zone étudiée et celle de l'entourage sont proches. De plus, la fatigue visuelle qui est liée à des facteurs multiples comme une luminance insuffisante obligeant à des accommodations successives, un excès de

luminance des surfaces de travail, un fort contraste entre deux zones de travail créant un éblouissement périphérique...etc. Une bonne visibilité de la tâche visuelle et de son environnement est particulièrement nécessaire et fortement influencée par les caractéristiques de l'éclairage. Les valeurs de l'éclairage  $E$  (lux) recommandées dans le tableau ci-dessous sont fondées sur les expériences réalisées dans la pratique et sont valables d'une manière générale. Les valeurs pour les tâches et les activités spécifiques sont définies dans les directives de l'Union Suisse pour la Lumière (L'USL) [La CUSSTR].

Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail.

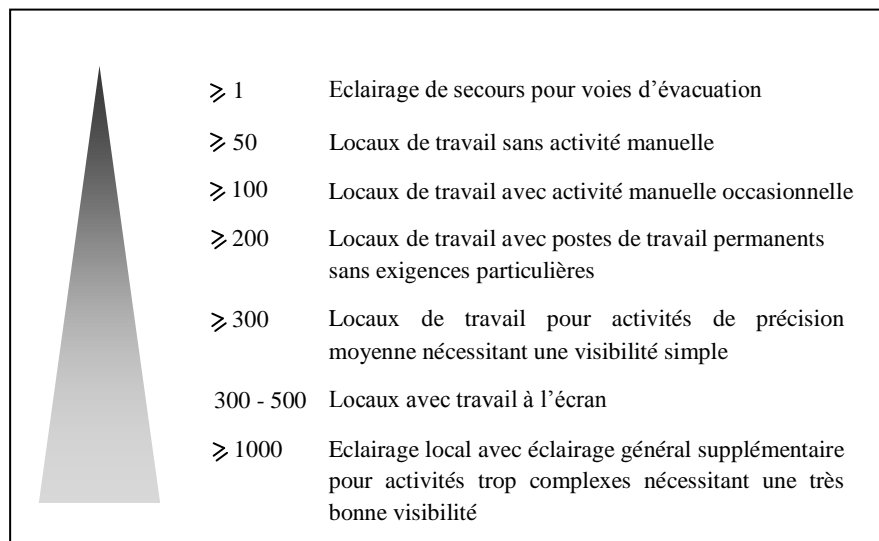


Figure 52 : Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail (Source : La CUSSTR)

### **II. 3.2. 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. Le mélange des diverses radiations qui constituent ce spectre forme, 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. Les différentes radiations colorées composant la lumière naturelle apparaissent aisément lors de leur réfraction et réflexion par des gouttes d'eau. Étant donné que l'œil est conçu pour la lumière du jour, la lumière émise par les sources artificielles devrait avoir la même composition spectrale que celle du soleil et du ciel : c'est le seul moyen

pour que ne soit pas altérée la vision des couleurs. En effet, un corps coloré réfléchit sélectivement les radiations colorées qu'il reçoit. Le système visuel regroupe les différentes radiations réfléchies et donne une sensation de couleur. La couleur perçue est intimement dépendante du spectre lumineux émis. Les objets qui ont des couleurs chaudes comme le rouge et l'orange sont plus agréables lorsqu'elles sont éclairées par une lumière chaude plutôt que par une lumière froide, mais par contre, la lumière chaude tend à noircir les couleurs froides (bleu, violet). En effet, Les couleurs chaudes seront de préférence utilisées dans des locaux de dimensions importantes tandis que les couleurs froides seront choisies pour les petits locaux. Les couleurs donc, peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes.



Figure 53 : Un rendu des couleurs correct (Source : Auteur)

### **II. 3.3. Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace**

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux possible 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. Les plans de travail seront situés préférentiellement près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue. Si le niveau d'éclairage et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles. Selon la norme EN 12464-1 [CEN/TC169/WG2, 2002], la répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage caractérise les variations du niveau d'éclairage et est définie comme étant le rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen observé dans la zone de travail.

En ce qui concerne l'uniformité de la luminance, la distribution de la lumière dans un espace dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties. De plus, 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). Une bonne répartition de la lumière dans un espace permet l'affectation des tâches de manière confortable et sans fatigue visuelle.



Figure 54 : Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace (Source : Auteur)

### **II. 3.4. Les rapports de luminance présents dans le local**

La distribution lumineuse d'un espace doit être étudiée de telle façon que les différences excessives de luminance soient évitées pour permettre aux occupants de voir correctement. Des zones extrêmement sombres ou brillantes doivent être exclues car elles donnent naissance à l'inconfort visuel et surtout le contraste. Le contraste est la différence de luminosité entre un objet et son environnement ou entre les différentes parties d'un objet, faisant ressortir l'un et l'autre. L'équilibre des contrastes est un élément déterminant du confort et de la perception des détails. Lorsqu'il y a de grandes différences de luminance dans le champ visuel, l'œil doit s'adapter au changement de la direction du regard. Pendant son adaptation, l'acuité visuelle est diminuée. Pour éviter cette sensation d'inconfort, il convient de ne pas dépasser certaines valeurs de contraste entre les différentes zones du champ visuel. Cependant, si les différences entre les niveaux de luminance sont trop faibles, on crée dans le local une impression de

monotonie très désagréable. La perception des détails d'une tâche visuelle est facilitée par les contrastes de luminance et de couleur entre ces détails et l'arrière-fond. De plus, un contraste suffisant devrait être appliqué pour favoriser la perception du relief des objets. Il s'agit donc de trouver un compromis entre ces exigences.



Figure 55 : Les rapports de luminance présents dans le local  
(Source : Auteur)

La sensibilité aux contrastes est l'aptitude à distinguer des différences de luminance. Dans des conditions de faible éclairement, il peut être impossible de distinguer de faibles contrastes. Bien que l'œil s'adapte à la luminosité d'ambiance de son champ visuel, il est plus impressionné par la luminance des zones situées dans sa vision fovéale. La présence de deux niveaux de luminance très différents, adjacents dans le champ visuel, est une source d'inconfort et diminue l'acuité visuelle. Nous sommes sensibles aux contrastes de luminance: en un point, notre cerveau compare l'intensité lumineuse à celle qui existait antérieurement ainsi qu'à celles des régions voisines. Pour garantir une répartition harmonieuse des luminances, il convient de ne pas dépasser certaines valeurs de contraste entre les différentes zones du champ visuel ou les surfaces de référence. Les valeurs maximales recommandées pour les rapports de luminances sont les suivantes :

- Arrière-fond de la tâche visuelle/entourage, 1/3.
- Arrière-fond de la tâche visuelle/champ visuel (180°), 1/10.
- Sources lumineuses/surfaces contiguës, 1/20.
- Pour l'ensemble de l'espace intérieur, 1/40.

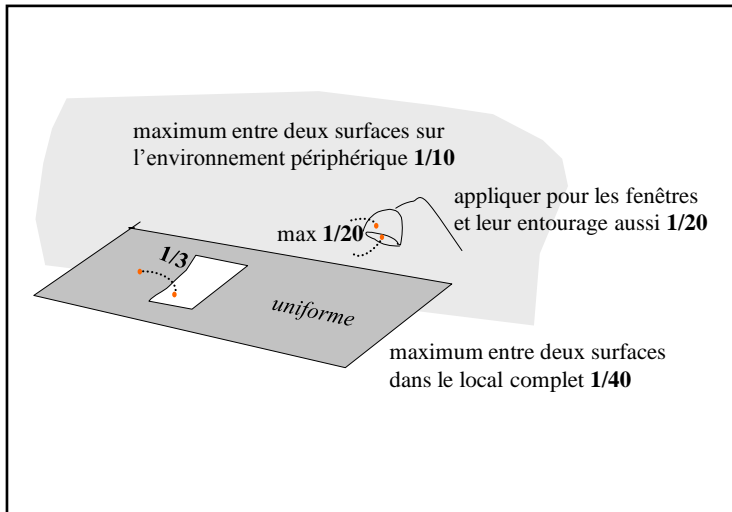


Figure 56 : Les valeurs recommandées pour le contraste  
(Source : Ljubica MUDRI)

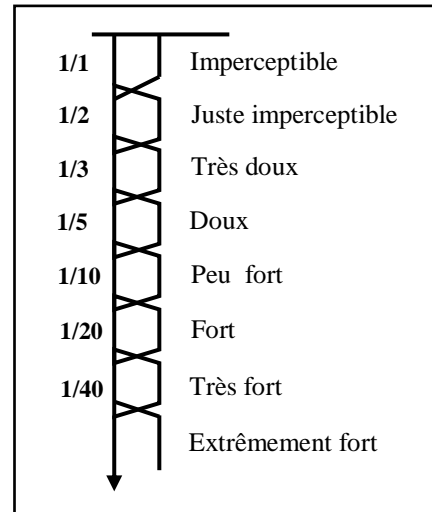


Figure 57 : Les sensations relatives aux différents niveaux de contraste  
(Source : Ljubica MUDRI)

### II. 3. 5. 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. On dit également que l'ombre se produit quand un élément se trouve entre la tâche visuelle et la source lumineuse. L'ombre portée sur un objet éclairé prend deux zones : la première zone est située à l'opposé de la source lumineuse et elle ne reçoit pas de lumière ; ceci s'appelle l'ombre propre. La deuxième zone est la région d'un écran, d'un mur, etc..., placé derrière l'objet éclairé, qui ne reçoit pas de rayon lumineux (c'est la zone non éclairée de l'écran) ; elle s'appelle l'ombre portée.

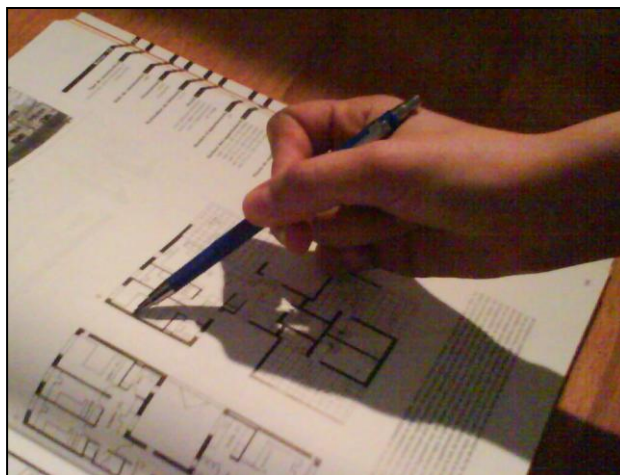


Figure 58 : L'absence d'ombres gênantes (Source : Auteur)



La visibilité de l'objet change selon la source lumineuse ; si l'arrivée de la lumière est directionnelle, cela va permettre l'apparition d'ombres sur l'objet observé ce qui conduit à une sensation de fatigue et d'inconfort visuel. D'autre part, si l'arrivée de la lumière est non directionnelle, elle rendra difficile la perception des détails de cet l'objet, alors qu'une pénétration latérale permettra la perception tridimensionnelle du relief et des détails des objets ainsi que leur couleur. La pénétration latérale de la lumière est la meilleure.

### **II. 3. 6. 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 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.



Figure 59 : La relation au monde extérieur (Source : Auteur)

Les recherches montrent que la relation de l'espace avec le monde extérieur augmente la productivité de travail dans cet espace. La mesure de la productivité constitue encore une donnée difficilement quantifiable car elle est grandement affectée par des aspects hautement

subjectifs. De manière générale, les efforts déployés dans la conception des bâtiments verts favorisent l'atteinte de certains objectifs sur le plan du confort physiologique des employés. Toutefois, la plupart des critères d'un projet *LEED* ne correspondent que partiellement aux critères de confort psychologique permettant d'optimiser le bien-être des individus. Cette réalité est étroitement liée aux stratégies durables de la conception architecturale. Selon McLennan, les six principaux critères de design d'une architecture adoptant les principes de la biophilie (le terme biophilie, proposé par le biologiste EDWARD O. WILSON [HARVARD UNIVERSITY PRESS, 1984.], désigne l'affinité innée de l'homme pour le vivant et les systèmes naturels), sont les suivants :

- Permettre la perception des variations cycliques saisonnières et journalières des conditions lumineuses et thermiques,
- Relier les individus aux conditions extérieures en offrant un accès aux vues et à l'éclairage naturel,
- Redonner à l'occupant le contrôle de la gestion de son confort thermique, de la ventilation et de la lumière naturelle,
- Utiliser la lumière naturelle comme principale source d'éclairage
- Employer des matériaux sains et durables qui ne requièrent que peu d'entretien,
- Adopter des stratégies passives de ventilation naturelle et de chauffage.

De plus, l'enquête en question qui a été menée par Les Services Kelly [[www.kellyservices.com](http://www.kellyservices.com)], chef de file mondial en solutions de main d'œuvre canadien, indique que 76 pour cent des répondants ont affirmé que la possibilité de travailler à l'extérieur du bureau tout en restant en contact a été un développement positif et a augmenté la productivité du travail, même si environ le tiers d'entre eux travaille de longues heures. Donc, ce sont l'éclairage naturel et l'accès aux vues qui constituent les aspects les plus importants dans l'atteinte de la satisfaction d'un employé par rapport à son espace de travail. La lumière de jour est un élément indispensable pour une bonne perception de l'instant et du lieu où nous évoluons. Elle est préférée à l'éclairage artificiel pour sa variabilité et ses nuances. De plus, la qualité spectrale de la lumière naturelle assure la meilleure vision possible des objets et des couleurs. Si on compare la répartition spectrale de la lumière

naturelle à la courbe de sensibilité de l'œil, il apparaît que l'œil humain est naturellement adapté à la lumière naturelle. L'éclairage naturel est le plus approprié tant au niveau physiologique que psychologique mais sa variabilité nécessite un apport complémentaire d'éclairage artificiel ou, à d'autres moments, l'utilisation d'occultations temporaires.

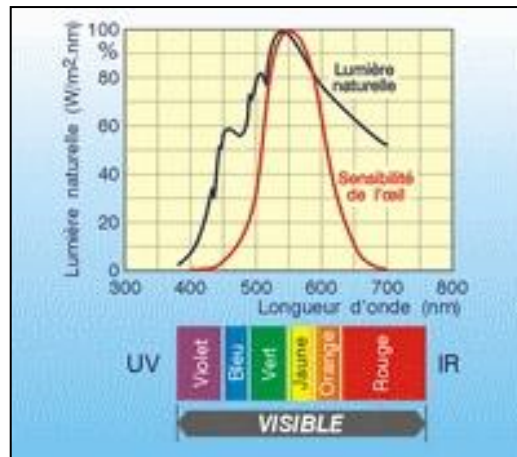


Figure 60 : Courbe de sensibilité spectrale de l'œil humain superposée à la courbe de distribution spectrale de la lumière naturelle (Source : Architecture et Climat)

### **II. 3.7. L'éblouissement**

L'éblouissement est un problème d'éclairage commun. L'éblouissement est une sensation de gêne et d'inconfort qui peut même diminuer la capacité visuelle d'une personne. 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. L'éblouissement se produit quand une source brillante de lumière est présente dans le champ visuel ; le résultat est une diminution de la capacité de distinguer les objets et cela conduit à la fatigue visuelle. Il place l'individu dans des situations de grand inconfort visuel.

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. Il est intéressant de noter qu'une plus grande ouverture à la lumière naturelle cause moins d'éblouissement qu'une petite car elle augmente le niveau d'adaptation

des yeux et diminue le contraste de luminance. En éclairage artificiel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe d'une lampe ou par sa réflexion sur les parois polies des luminaires, sur les surfaces du local ou sur les objets.



Figure 61 : L'éblouissement (Source : Auteur)

Le schéma suivant montre les différents angles pour lesquels les problèmes liés à la vision se produisent. Plus l'angle  $\alpha$  augmente, plus la sensation d'éblouissement commence.

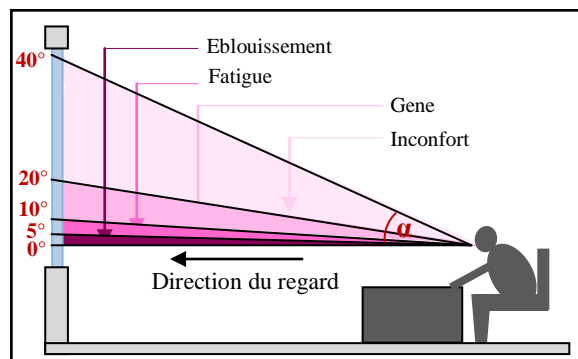


Figure 62 : Angle d'éblouissement (Source : Auteur)

Les facteurs impliqués dans l'éblouissement sont :

1-La hauteur de l'installation du système d'éclairage : plus l'installation est élevée, plus on aura moins de risque d'être ébloui.

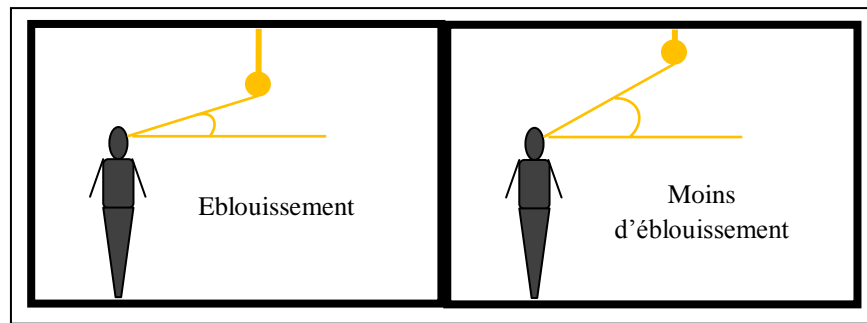


Figure 63 : L'effet de la hauteur du système d'éclairage (Source : Auteur)

2- Les dimensions de la pièce : plus la pièce devient grande, plus on aura besoin de plusieurs installation d'éclairage pour l'éclairer ; cela va contribuer à l'éblouissement. Ce risque sera diminué si les dimensions de la pièce sont réduites.

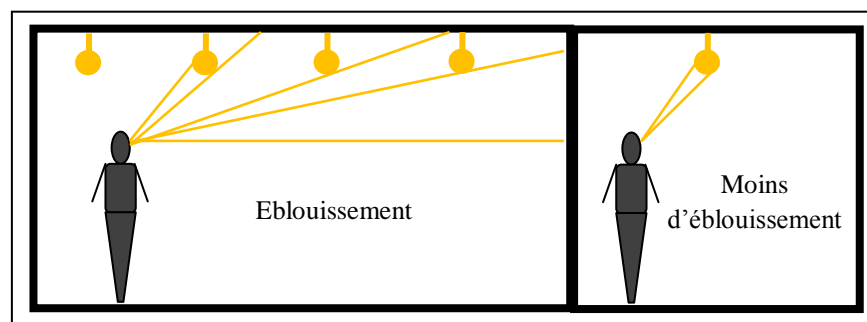


Figure 64 : L'effet des dimensions de la pièce (Source : Auteur)

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

-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, mesuré en  $\text{candela/m}^2$ . On peut distinguer deux types d'éblouissement direct ; d'une part, l'éblouissement d'inconfort qui résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées. Cet éblouissement peut créer de l'inconfort sans pour autant empêcher la vue de certains objets ou détails. Ce type se rencontrera dans des locaux où l'axe du regard est toujours relativement proche de l'horizontale. D'autre part, l'éblouissement invalidant qui est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court. Celui-ci peut, juste après l'éblouissement, empêcher la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inconfort.



Figure 65 : Eblouissement direct (Source : Auteur)

-L'éblouissement indirect 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. L'éblouissement indirect 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 provenant d'une source lumineuse et réduisent ainsi le contraste entre la tâche visuelle et son environnement immédiat.

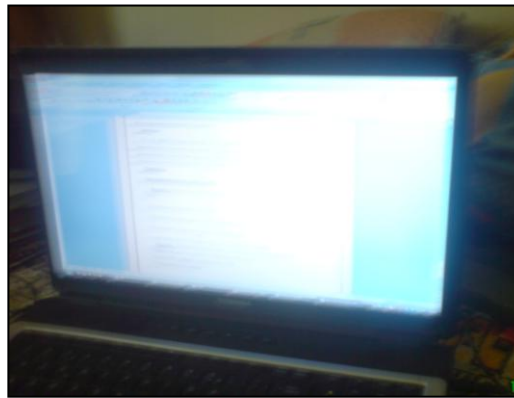


Figure 66 : Eblouissement par réflexion (Source : Auteur)

-L'éblouissement perturbateur : il se produit quand la luminance atteint des valeurs extrêmes ou quand le contraste devient trop important ; il entraîne une perte momentanée de la vision.

-L'éblouissement inconfortable : il entraîne une diminution de la performance visuelle sans atteindre le seuil de la douleur. Cet éblouissement est généré par le contraste. Plus le contraste est faible, plus l'éclairage doit être important.

### **III. La théorie des ambiances**

La polysémie (*c'est la propriété d'un mot à posséder plusieurs sens*) de la notion d'ambiance provient non seulement de la complexité de chacun des registres pris à part mais aussi de leur interaction au sein d'une ambiance – simultanément lumineuses, thermiques, aérauliques, sonores – à l'heure de l'émergence de notions comme le paysage sonore ou le milieu olfactif. La recherche sur les ambiances contribue à la réhabilitation des dimensions tactiles, olfactives ou sonores de l'architecture et de la ville, réhabilitation préalable à l'invention d'espaces architecturaux ou urbains plurisensoriels.

Cet élargissement des différents champs disciplinaires exige évidemment l'invention de nouvelles méthodes et démarches. Il suffit d'ailleurs de quitter le registre du visuel pour que les procédures traditionnelles de recherche, de conception et de pratiques professionnelles perdent leur pertinence. Les recherches ont dérivé pour chaque registre de la notion de la nuisance vers celle de la maîtrise, puis vers la qualité environnementale. En investissant la dimension sensible des ambiances dans ses aspects culturel et artistique, les approches qualitatives ont fait appel aux sciences humaines et à la philosophie de l'esthétique. En considérant la pluralité des sens, elles font référence aux modèles intégrateurs et aux approches multicritères. L'intégration d'ambiances plurielles – thermique, lumineuse, sonore, olfactive- donne naissance à l'ambiance singulière et globale. Une ambiance équivaldrait donc à l'intégration de données distinctes et disparates qui invoquerait comme éléments unificateurs l'emploi des mêmes techniques pour maîtriser des modes ambiants distincts. Cette affirmation relève, au stade actuel des différentes recherches, de la simple hypothèse. Entre chercheurs et praticiens, beaucoup de démarches se profilent, allant de la recherche fondamentale qui aborde la complexité des démarches conceptuelles posées à la pratique professionnelle (qui souffre du divorce entre une vision passéiste de la maîtrise d'œuvre architecturale) et l'intégration de nouveaux savoirs ouverts et interdisciplinaires sur les ambiances, en passant par une recherche appliquée qui évolue à coups de modélisations informatiques, de simulations et de simulations inverses.

Si l'architecte demeure le maître d'œuvre du projet, il lui est nécessaire de collaborer avec les éclairagistes dont la compétence et les soucis complètent les siens. Cette pluridisciplinarité se pose d'abord en termes de prise en charge des problèmes des ambiances lumineuses dès la phase de conception architecturale. Ceci rend possible la prise en compte des exigences des

ambiances lumineuses en termes de matériaux, de sols et de perception et donc de conception de l'espace lui-même. La source lumineuse, caractérisée par sa directionnalité, son intensité, sa température de couleur... produit des effets élémentaires tels que le filtrage, la découpe, le cadrage, le reflet... :

-Le filtrage : la lumière provenant d'une source lumineuse traverse toujours un milieu avant d'atteindre l'œil. Elle peut être réfléchie, diffusée, à travers un dispositif naturel (atmosphérique, brouillard, végétal...) ou construit (parois translucides ou transparentes, moucharabieh...). Le filtrage se produit lorsqu'un dispositif s'interpose entre deux milieux; sans interdire le passage de l'un à l'autre, un filtre sépare des unités distinctes tel un tamis. Il est nécessaire de traverser ce dispositif pour s'infiltrer; la lumière et le regard sont tous deux transformés. Cette notion touche particulièrement les formes d'articulation spatiale : les dispositifs filtrants structurent l'espace et agissent sur des délimitations virtuelles. Mais passer un filtre suppose quelques transformations, une modification sensible des données perceptibles par rapport à une référence.



Figure 67: Filtrage de lumière  
(Source : <http://cedricchone.voila.net/>)

-La découpe est provoquée par un rapport figure/fond particulièrement contrasté produisant une distinction nette entre différents plans ou éléments visuels juxtaposés. Le contre-jour produit ce type de motif visuel : la lumière éclaire un objet du côté opposé à celui par lequel on regarde [*CHE & THI. 1992*].



-Le cadrage déparage en fragments le champ de vision, instaurant ainsi un au-delà et un en deçà du cadre. Le cadrage n'affecte pas seulement la vue du paysage, il a valeur de limite symbolique et en cela, joue un rôle dans l'accessibilité réelle ou symbolique aux espaces et aux individus qui constituent le domaine public. [CHE & THI. 1992]. Le cadrage constitue ainsi un phénomène permettant de discriminer des scènes, de les gérer visuellement dans le temps et demande en retour un accord et un respect des règles relatives à l'orientation et à la durée du regard.

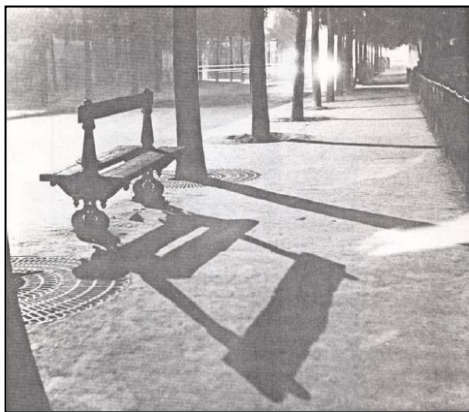


Figure 68: Effet de la découpe de lumière  
(Source : GUENADEZ ZINEDDINE)

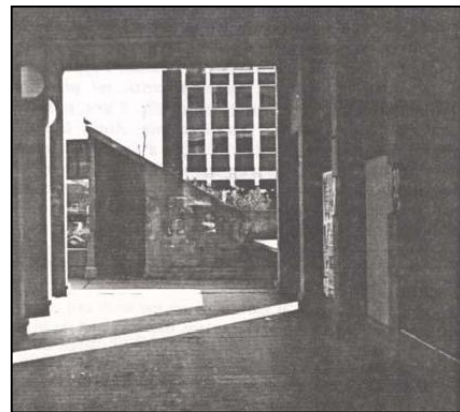


Figure 69: Effet de cadrage  
(Source : GUENADEZ ZINEDDINE)

## **IV. L'ambiance lumineuse**

### **IV.1. Définitions**

La lumière est un élément essentiel dans notre vie ; elle nous permet de percevoir et de sentir le monde qui nous entoure. Elle est caractérisée par trois facteurs : l'éclairage, la luminance et le contraste. Quand ils se regroupent dans un espace architectural avec la présence d'une activité, ils donnent une ambiance à cet espace. L'ambiance est un phénomène subjectif car nous ne pouvons pas le calculer et il dépend de la sensation de chaque individu. Il n'existe pas une définition universelle pour l'ambiance lumineuse. En architecture par exemple, pour la définir, nous devons combiner plusieurs dimensions pour qu'elle couvre le champ sémantique du concept. Pour Augoyard [Amphoux et al. 2004] « Un ensemble de phénomènes localisés peut exister comme ambiance lorsqu'il répond à quatre conditions : Les signaux physiques de la situation sont repérables et décomposables; ces signaux interagissent avec la perception, les émotions et l'action des sujets et les

représentations sociales et culturelles; ces phénomènes composent une organisation spatiale construite et enfin le complexe signaux- percepts - représentations est exprimable. On retrouve aussi une définition proche chez Narboni [Narboni, 2006] pour qui une ambiance lumineuse est définie comme étant « le résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace et un usage ». Cette interaction influence la perception et le ressenti de l'espace illuminé. De façon générale, l'ambiance lumineuse est l'interaction de phénomènes physiques avec un environnement spatial, perçue par l'occupant de cet espace qui est mise en avant. Une ambiance lumineuse est un phénomène qui relève de points de vue multiples. Elle renvoie à des phénomènes physiques (la propagation d'une onde, la réflexion et l'absorption de la lumière par une matière...etc), à des phénomènes socio-humains (citons la capacité oculaire, le besoin de lumière lié aux usages...etc), ou encore à des phénomènes sensibles et esthétiques comme les sensations liées à la lumière, les émotions ressenties ...etc.

L'ambiance lumineuse est le résultat d'une interaction entre un individu, un usage, une lumière naturelle et un espace. Lorsque ses éléments sont réunis, on parle d'une ambiance lumineuse représentée. Cette ambiance est le résultat de trois interactions : la première se fait entre la lumière naturelle et un usage quelconque et concerne la qualité et la quantité de la lumière. La deuxième concerne les effets de la lumière qui résulte d'une interaction entre la lumière naturelle et un espace. La troisième concerne les dispositifs lumineux : les configurations formelles et spatiales qui sont une interaction entre un espace et un usage. Comme toute ambiance physique, il faut considérer l'ambiance lumineuse sous deux approches. L'approche spatiale tout d'abord qui peut établir des variations lors des déplacements. Ensuite, une approche temporelle en s'assurant de la reproductibilité des mesures. Ainsi, l'ambiance lumineuse peut être influencée par les cycles journaliers ou saisonniers. L'ambiance d'un lieu et l'atmosphère qui s'en dégage renvoient à des sensations subjectives et immédiates. La perception de cette atmosphère nous donne la sensation de cet espace ; par exemple, si nous comparons deux pièces ayant les mêmes caractéristiques géométriques mais se différenciant par le niveau d'éclairage, nous allons remarquer que la pièce la plus éclairée semble être plus large que l'autre. Ces perceptions et ces représentations s'appuient sur l'expérience ordinaire des lieux où nous avons habité. C'est la lumière qui donne le sens de l'ambiance lumineuse dans le projet architectural, ce dernier peut avoir plusieurs lectures qui diffèrent selon la configuration de l'espace et la quantité de lumière reçue. Le projet du musée juif de Berlin de l'architecte Daniel LEBESKIND est vu comme

« une star de cinéma » qui change de nom dans chaque film et attire l'attention de tout le monde autour de lui au moment de sa présence. Mais ici, il ne s'agit pas d'un objet cinématographique mais d'un vrai projet architectural. Il peut avoir des ambiances lumineuses différentes dont chacune apporte aux visiteurs un sentiment particulier. Dans les figures suivantes, nous constatons que chaque espace donne une ambiance lumineuse particulière et un sens différent par rapport à l'autre. L'escalier, la structure apparente, la texture et l'éclairage qui se dégrade vers le sous sol, donnent aux visiteurs le sentiment de voyager à travers l'histoire. Alors que l'obscurité de l'autre espace crée le sentiment de la peur.

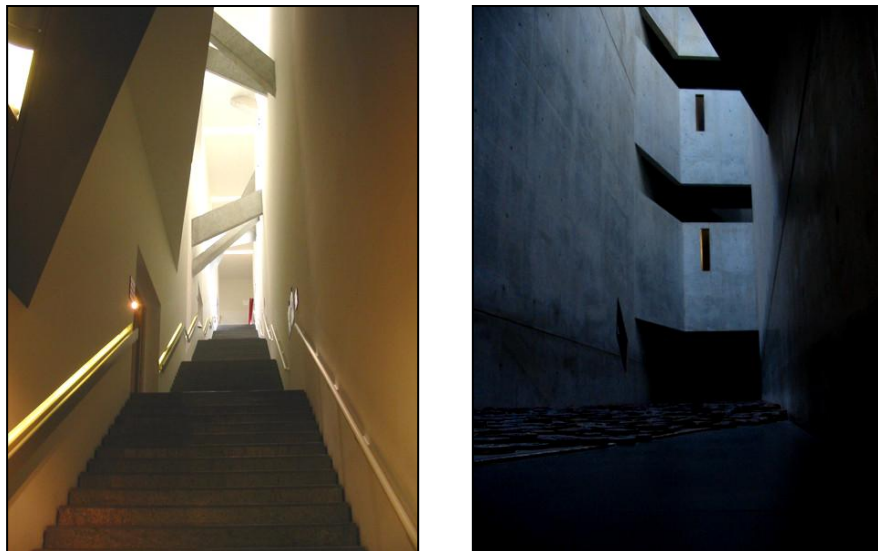


Figure 70 : Le musée juif (Source : <http://skildy.blog.lemonde.fr>)

## **IV.2. Les type d'ambiance lumineuse**

La lumière est un facteur prépondérant qui permet à l'être humain de sentir le confort visuel et son bien être et génère des impressions psychologiques et des sensations qui nous permettent de qualifier l'espace ou nous vivons et que nous traversons chaque jour. L'ambiance lumineuse d'un espace ne se produit pas par la présence de la lumière seulement car elle engendre toujours l'un ou l'autre type d'ambiance thermique, sonore, olfactive...etc, même lorsqu'elle n'est pas volontaire, elle n'est jamais neutre. Et donc, il est indispensable de tenir compte des implications sensorielles, symboliques et psychologiques de la lumière. On peut distinguer trois catégories fondamentales d'ambiance lumineuse. Cette classification est faite selon le degré de la luminosité d'un espace :

**Catégorie 1 :** La pénombre, qui représente le dialogue entre l'ombre et une lumière "solide" qui la transperce par endroits. Depuis quelques décennies, la pénombre en architecture semble être devenue un langage de séduction que de prestation technologique et environnementale. Les variantes imposées au contenant produisent ainsi une éducation à des paysages lumineux intermédiaires capables de moduler de nouveaux gradients d'ombre et de lumière.



Figure 71: La pénombre en architecture (Source : Anna Barbara)

**Catégorie 2 :** L'ambiance lumineuse ou la clarté ambiante, omniprésence d'une lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout.

**Catégorie 3 :** L'ambiance inondée qui est l'exaltation de la lumière qui embrase tout l'espace, trop plein d'une lumière envahissante et parfois écrasante, toutefois, chacun de ces types d'ambiances recouvre une grande variété de manière d'admettre la lumière et une multitude de qualités de lumière.



Figure 72: Ambiance lumineuse  
(Source : Sigrid Reiter et al.)



Figure 73: Ambiance inondée  
(Source : Sigrid Reiter et al.)

### **IV. 3. La sensation d'une ambiance lumineuse**

L'ambiance lumineuse est une sensation subjective qui résulte de l'interaction de quatre paramètres qui sont : un espace, une lumière, un usage et un individu. La sensation d'espace n'est ni liée aux dimensions du lieu, au rapport de ses proportions (longueur, largeur, hauteur) ni au traitement de son enveloppe (matériaux, textures, couleurs...etc). L'absence ou l'abondance de lumière, le choix et la position des sources lumineuses, jouent un rôle dans la perception d'un lieu. Après la sensation de l'espace, nous recherchons la sensation de confort avec un éclairage qui doit permettre de réaliser une tâche déterminée sans entraîner de gêne pour les yeux. Les paramètres suivants : un bon niveau d'éclairage nécessaire à une vision claire et sans fatigue, un bon rendu des couleurs, une répartition harmonieuse de la lumière, l'absence d'ombres gênantes et d'éblouissement dû à une luminosité trop intense ou à un contraste lumineux trop important participent à l'assurance du confort visuel. La vue à travers une fenêtre permet de se situer par rapport à l'extérieur. Le cadrage des vues consiste à orienter les ouvertures vers l'environnement extérieur présentant un certain intérêt visuel. La possibilité de regarder à travers une fenêtre évite le sentiment d'enfermement et de confinement et apporte une sensation de clarté. La perception de la lumière n'est pas seulement liée à l'importance de l'intensité de sa source, ni à la quantité de lumière diffusée. On peut en effet obtenir une sensation de clarté tout aussi importante en jouant sur le contraste clarté-obscurité : dans un volume où règne la pénombre, la forme, la répartition et l'emplacement des ouvertures, ou le choix de vitres teintées, auront une influence sur la perception de l'espace, sur l'esthétique du lieu.

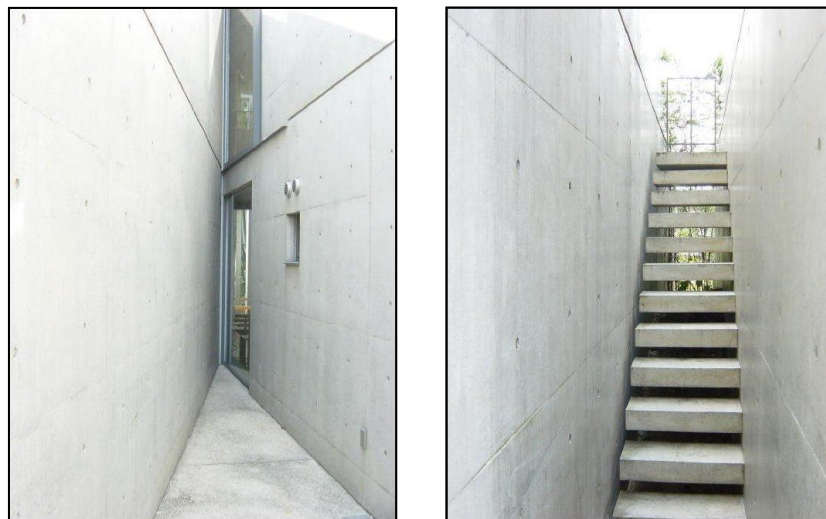


Figure 74: Eglise de la lumière, Osaka, Japan  
(Source :<http://www.andotadao.org/aka1.htm>)

## **IV.4. L'ambiance lumineuse et l'espace architectural**

### **IV.4. 1. A l'intérieur de l'espace architectural**

L'évaluation de l'ambiance lumineuse ressentie à l'intérieur d'un espace architectural reste toujours subjective car elle dépend de plusieurs paramètres comme la géométrie et la dimension du local, la couleur des parois ainsi que le plafond et le sol, la quantité et la qualité de lumière reçue à l'intérieur, l'aménagement intérieur, les matériaux utilisés...etc. Par exemple, si nous comparons deux pièces ayant les mêmes caractéristiques (la géométrie, le niveau d'éclairage,...etc) mais en changeant la couleur des parois, on met dans la première une couleur chaude et dans la deuxième une couleur froide. L'œil ne voit pas la même chose et donc, chaque espace apporte une ambiance lumineuse particulière



Figure 75: Espace éclairé à 300 lux avec une lumière chaude, (Source : <http://www.energieplus-lesite.be/>)



Figure 76: Espace éclairé à 300 lux avec une lumière froide, (Source : <http://www.energieplus-lesite.be/>)

### **IV.4. 2. L'espace architectural lui même**

La lumière permet de donner à un bâtiment une image nocturne particulière. L'éclairage artificiel offre la possibilité d'illuminer des bâtiments la nuit. Cet éclairage se fait en contre-plongée, du bas vers le haut. La lumière artificielle est l'éclairage qui est produit artificiellement à l'aide de lampes et de projecteurs. Un objet architectural peut être éclairé de l'intérieur comme la tour Eiffel dont l'éclairage est positionné à l'intérieur de la structure métallique, ou, au contraire, de l'extérieur, ou le bâtiment est illuminée depuis les façades alentours. Des ambiances peuvent être créées artificiellement on utilisant des techniques simples ou complexes ; citons par exemple : les tubes fluorescents de couleur à l'intérieur des baies vitrées ou entre les peaux de la façade de verre; écrans lumineux géants...etc, ou par

L'utilisation des images lumineuses projetées sur les façades d'un bâtiment. Les édifices deviennent alors lumineux ou porteurs de signes lumineux. Ainsi, La prédominance des surfaces vitrées dans le bâtiment offre de nombreuses possibilités de composer avec l'éclairage intérieur et sa perception depuis l'extérieur. L'éclairage artificiel a pour avantage de pouvoir être créé, maîtrisé, contrôlé.



Figure 77 : La tour Eiffel  
(Source : Michaël Menot)

Il existe plusieurs projets où les architectes ont composé avec l'éclairage naturel et artificiel pour donner une lecture nocturne à leurs projets. Prenons l'exemple du dôme du Reichstag, qui a été réalisé par l'architecte Norman Foster en 1993 à Berlin en Allemagne et qui abrite à nouveau le parlement allemand. C'est un bâtiment d'acier et de verre dont l'idée principale est la transparence qui reflète la démocratie de la nation et la lumière est un élément fondamental pour concrétiser cette idée. En fait, le nouveau dôme, ou coupole du Reichstag, avec son vaste cylindre central en verre conçu pour refléter la lumière naturelle dans la salle des séances qui se trouve au sous-sol du cône, compte parmi les éléments les plus impressionnants visuellement et architecturalement. Il fournit de la lumière grâce à un système de miroirs qui orientent la lumière vers la salle des séances durant la journée et la restitue à l'inverse la nuit. D'autre part, artificiellement, pendant la nuit, le projet est pratiquement éclairé de l'extérieur grâce à sa structure apparente qui devient porteuse de lumière, ce qui la rend perceptible de loin.



Figure 78 : Vue intérieure sur le cône lumineux du dôme Reichstag  
(Source : <http://www.galinsky.com>)



Figure 79: Vue intérieure sur le cône lumineux du dôme Reichstag (Source : <http://www.albert-videt.eu/photographie>)



Figure 80 : Vue extérieure du dôme Reichstag pendant le jour et pendant la nuit  
(Source : [http://en.wikipedia.org/wiki/Reichstag\\_dome](http://en.wikipedia.org/wiki/Reichstag_dome))

## **IV.5. Les paramètres influençant une ambiance lumineuse**

Dans cette partie, on va présenter une analyse de l'influence de la lumière sur l'espace architectural selon ses rapports à l'espace, aux formes, aux structures, aux matériaux et aux couleurs afin d'aider les concepteurs à concevoir ou à qualifier une ambiance lumineuse.

### **IV.5.1. Le rapport avec l'espace**

Selon Luis Lozoya « L'éclairage est le seul aspect intangible de l'architecture », «Les autres éléments sont matériels, on peut les toucher, les sentir. La lumière est intangible et pourtant il s'agit de l'élément architectural qui modifie la perception des espaces, leur donne une dimension plus petite, plus grande, plus chaude, plus froide. Cette capacité à modifier



l'espace, ou à modifier la perception qu'on en a, c'est ce qui fait à mes yeux l'attrait de l'éclairage.» [*Luis Lozoya*]. Donc, la lumière est intangible. La sensation de l'espace dépend de la manière dont la lumière révèle ses limites. Si nous comparons une pièce avec des murs très réfléchissants et éclairée par la lumière du jour avec la même pièce mais cette fois éclairée de nuit, notre perception et notre sensation de l'espace vont changer. La pièce éclairée naturellement apparaît ouverte et plus spacieuse alors que l'autre paraît obscure, car les coins et les limites de la pièce disparaissent dans l'obscurité. Dans le domaine de l'éclairage naturel, la définition d'un espace architectural implique tout d'abord l'étude des différentes parois qui le délimitent ainsi que le traitement des bords de l'enveloppe et des interfaces lumineuses.

La lumière peut relier différentes pièces ou les séparer ; cela dépend du traitement des surfaces de rencontre entre l'intérieur et l'extérieur qui permet de mettre en évidence leur relation ou leur séparation. La lumière constitue aussi un moyen pour valoriser les proportions d'une pièce ou en transformer leur perception, comme elle se révèle un instrument utile pour promouvoir une orientation dans un bâtiment en accentuant une direction, en développant une hiérarchie ou en suggérant un mouvement. L'idée de la lumière séparant ou reliant l'intérieur et l'extérieur diffère dans sa signification et dans son interprétation, selon les époques et les cultures, les matériaux locaux de construction, les méthodes de construction utilisées et les conditions climatiques influencent le nombre, la taille et le type de contacts entre intérieur et extérieur. Une forte différence de qualité ou de quantité de la lumière naturelle des espaces adjacents peut être un moyen qui les sépare, car elle attribue des caractères différents aux deux faces d'une même paroi. Au contraire, dans le cas où la lumière s'étend facilement dans les pièces, elle peut également jouer un rôle dans l'accentuation de l'unité d'un local.

La lumière fait aussi partie des éléments qui nous permettent de différencier l'intérieur de l'extérieur. L'intérieur est l'espace qui nous protège physiquement des conditions de l'extérieur et qui crée une forme distincte ainsi qu'un environnement adapté à l'activité prévue à cet espace. Dans le bâtiment, les ouvertures constituent le moyen principal qui fait la relation de l'intérieur à l'extérieur. Elles développent des axes, des cadrages et des intensités de perception. La définition précise des dimensions des ouvertures, de leurs rôles et de leur répartition dans le mur est un moyen de composition qui se base sur le jeu des vides et des pleins, aussi bien pour l'espace intérieur que pour l'extérieur, ce qui nous donne le sens de la

séparation ou de la relation visuelle avec l'extérieur ainsi que le type de transition entre l'intérieur de la pièce et l'extérieur. La fenêtre est une forme d'ouverture qui constitue le rapport spatial entre intérieur et extérieur. La transparence de la façade nous projette visuellement vers l'extérieur qui entretient une relation puissante avec le paysage et joue les rôles de limites entre dedans et dehors, en même temps qu'elle soumet l'intérieur aux variations permanentes de la lumière et du temps. Par exemple, une paroi totalement vitrée accentue la relation entre intérieur et extérieur qu'un mur avec des trous qui permet d'augmenter l'intériorisation de l'espace.

#### **IV.5.2. Le rapport avec la forme et la dimension de la pièce**

La qualité de la lumière est liée, évidemment, à la structure de l'espace. Elle est nette et directe dans l'espace clos, beaucoup plus diffuse dans l'espace ouvert. Le Corbusier a été l'un des seuls architectes à traiter explicitement la question de la lumière dans l'architecture religieuse surtout dans son projet de la Chapelle de Ronchamp (France). Si nous éclairons légèrement les murs, nous rendons perceptible l'échelle et la géométrie du local. L'espace devient délimité par les murs qui sont éclairés. En revanche, dans l'obscurité ou le noir, les limites des espaces et des volumes disparaissent par absence de réflexion lumineuse. En effet, une surface éclairée paraît plus grande qu'une surface sombre et la perspective fait croire qu'une surface plus grande est plus proche qu'une surface plus petite. La lumière influence aussi les proportions d'un espace et les réflexions spéculaires de la lumière peuvent être utilisées pour élargir visuellement un espace. La perception des proportions de cette pièce est modifiée par les jeux de la lumière sur ses parois.

#### **IV.5.3. Le rapport avec la structure**

La structure influence de manière déterminante le caractère d'une ambiance lumineuse. Lorsque nous choisissons la structure d'un édifice, nous décidons en même temps de sa lumière. La relation entre toute structure et la lumière peut paraître évidente. Mais tantôt la lumière révèle l'importance d'une structure, tantôt elle a dissimulé ou semble même se substituer à elle. Plusieurs projets ont été conçus et l'idée principale était de considérer la structure comme un élément d'éclairage naturel. L'église protestante, qui a été conçue par l'architecte japonais Tadao Ando, reflète cette idée. Le voile de béton incliné de 15 degrés

transperce l'espace en définissant l'entrée. On accède à l'église du côté où le mur en béton est découpé de fentes formant la croix lumineuse qui donne son nom à l'église et l'on suit le mur en biais. Le bandeau lumineux crée est une source de lumière supplémentaire pour l'intérieur. L'ambiance dépouillée de l'intérieur est définie par la lumière. Les fentes lumineuses de la croix dans le mur sont volontairement étroites et renforcent l'intensité du contraste entre l'ombre et la clarté. La lumière qui vient de l'extérieur éclaire la croix dont les réflexions dans l'espace varient en fonction des saisons et des heures du jour.



Figure 81: Vue intérieure de l'église de la lumière  
(Source : <http://www.andotadao.org/chlight6.htm>)

#### **IV.5.4. Effet des matériaux**

La perception d'un matériau se révèle parfois différente en fonction de l'orientation de la lumière ou de la position de l'observateur par rapport à l'objet analysé. La lumière et la matière dépendent l'une de l'autre. La lumière n'est pas seulement ce qui nous rend les choses visibles mais elle en est la substance même. C'est ce qui fait dire à Khan « la lumière est la révolution de l'esprit de la matière ». En architecture, la lumière est considérée comme un des plus beaux matériaux ; en revanche, les matériaux sont des clés pour comprendre le comportement de la lumière car ils affectent directement sa quantité et sa qualité. Les matériaux présentent deux caractéristiques pour l'étude de la lumière : leur finition et leur couleur. Cependant, l'importance et le rôle de ces éléments dans une composition varie selon le choix de la couleur, de la texture et du type d'éclairage. Enfin, la lumière naturelle joue un rôle capital dans la mise en valeur d'une matière. C'est elle qui, selon son intensité, son angle d'incidence, sa qualité et sa couleur va mettre en évidence la texture et la couleur de la matière.

#### **IV.5.5. Effet des couleurs**

Les couleurs ont un effet considérable sur la sensation de l'espace et sur l'ambiance lumineuse. Les radiations colorées émises par les objets et l'environnement peuvent aussi produire certains effets psycho-physiologiques sur le système nerveux. C'est ainsi que les couleurs de grandes longueurs d'onde (rouge et orange) ont un effet stimulant tandis que celles de courtes longueurs d'onde (bleu et violet) ont un effet calmant. Les couleurs intermédiaires jaune et vert ont, de même que le blanc, un effet tonique, favorable à la concentration. Les couleurs foncées et le gris ont par contre une action déprimante. Enfin, les couleurs peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes. La couleur de la lumière artificielle a une action directe sur la sensation de confort de l'ambiance lumineuse d'un espace. Une lumière de couleur chaude est composée majoritairement de radiations rouges et oranges. Les tubes fluorescents standards génèrent une lumière froide composée principalement de radiations violettes et bleues. De plus, les couleurs chaudes des objets sont plus agréables lorsqu'elles sont éclairées par une lumière chaude plutôt que par une lumière froide, mais par contre, la lumière chaude tend à noircir les couleurs froides. L'ambiance lumineuse ressentie par les occupants dépend de deux paramètres indépendants de l'indice de rendu des couleurs IRC ou Ra qui est la capacité d'une lampe à restituer correctement les couleurs présentes dans l'environnement. L'IRC est compris entre 0 et 100, 100 étant l'IRC de la lumière naturelle et 0 étant l'absence de couleur reconnaissable. Le deuxième paramètre est celui de la température de couleur exprimée en Kelvins, qui représente la couleur de la lumière émise par une lampe. On parlera généralement de teinte chaude (température de couleur  $< 3000$  K) ou froide (température de couleur  $> 3000$  K).

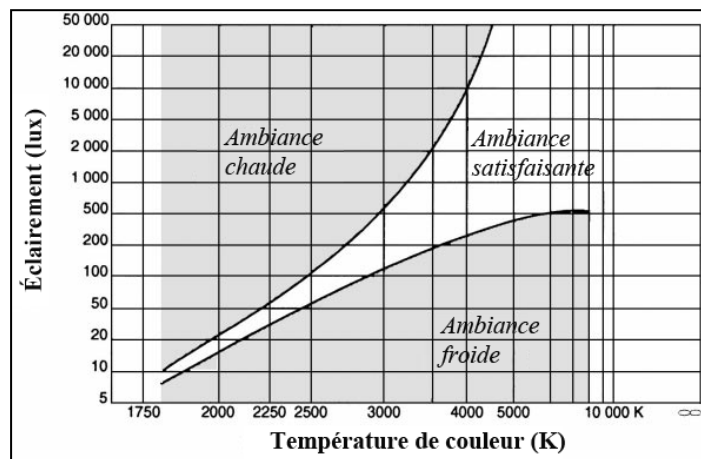


Figure 82 : Le diagramme de Kruithof (Source : Nathalie Pineault)

## **Conclusion**

Il est certain que la forme et l'espace architectural ne peuvent seuls influencer la sensation de l'ambiance sans l'introduction de la lumière. Selon le changement du temps, la lumière peut donner un ou plusieurs sens à l'espace. Ce sens apporte une ambiance dont la sensation reste subjective qui peut être une sensation d'ouverture, de grandeur, de gaieté, de tristesse, ...etc. L'architecture met en jeu les ambiances. La lumière révèle les formes, les volumes et les textures des matériaux. L'architecture a la capacité de modeler et moduler les qualités de lumière et d'ombre. Souvent liée à la nature du lieu, la lumière joue un rôle fonctionnel car elle doit répondre à un sentiment de confort et à des usages multiples. Elle participe aussi plus largement au sens donné à l'espace et au bâtiment, à sa symbolique, à ses connotations. Donc, la lumière va partager son rôle avec l'espace pour créer des ambiances lumineuses différentes.

La lumière et la couleur ont un impact sur la productivité et le psycho-physiologique de l'occupant. C'est pour cette raison que les physiologistes et les ergonomes devraient étudier et déterminer les conditions favorables de la lumière et de la couleur à chaque espace. La combinaison de l'éclairage, le contraste de luminance, la couleur de la lumière, la reproduction des couleurs ou leur choix sont les éléments qui déterminent la couleur du climat et le confort visuel. La négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort visuel qui se présente sous forme de fort contraste ou d'éblouissement. Ce dernier se produit par la pénétration directe de la lumière du soleil dans l'espace ; cette pénétration permet à la fenêtre de devenir une source lumineuse éblouissante. Dans certains cas, elle peut être la bienvenue, comme de petites fentes lumineuses utilisées pour transmettre une atmosphère d'élégance ou le projet lui-même (dans le projet Guggenheim de Frank. Gehry). Mais, généralement, l'éblouissement est à éviter puisqu'il provoque une véritable gêne pour l'utilisateur de l'espace et réduit son confort visuel. Au-delà, les architectes concepteurs ont essayé de résoudre ce problème sans réduire le niveau d'éclairement qui est fourni par la lumière du jour par la création de nouveaux systèmes et techniques d'éclairage. Ces systèmes sont connus sous le nom de conduits de lumière, de puits de lumière et des light shelves qui permettent de maintenir un éclairage uniforme dans tout l'espace et de réduire l'effet d'éblouissement.