

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
MASTER ACADEMIQUE

Filière :
ARCHITECTURE

Spécialité :
ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT URBAIN

Présenté par :
Imane MOKADDEM
Yassine HAREK
Zineddine TEBIB

THEME :
L'OPTIMISATION DE LA LUMIERE NATURELLE DANS
LA CONCEPTION D'UN MUSEE DANS LE MILIEU
URBAIN

Date de la Soutenance : 17/10/2017

Composition du Jury :

Hayat HADEF MCB, université de Mohamed Seddik BENYAHIA , Président du jury
Fateh NEDJAR MAA, université de Mohamed Seddik BENYAHIA , Directeur de mémoire
Warda BOULFANI MAA, université de Mohamed Seddik BENYAHIA , Membre du Jury

Année universitaire : 2016-2017



Dédicaces

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense
joie, Je dédie ce travail :*

*À mes respectueux et magnifiques parents pour leur soutien,
patience et sacrifices durant mes études, sans eux je n'aurais
jamais repris mes études. J'espère qu'un jour je pourrai leur
rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.*

À ma famille, mes amis et toutes les personnes que j'aime.

Yassine

Dédicaces

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense
joie, Je dédie ce travail :*

*À mes respectueux et magnifiques parents pour leur soutien,
patience et sacrifices durant mes études, sans eux je n'aurais
jamais repris mes études. J'espère qu'un jour je pourrai leur
rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.*

À ma famille, mes amis et toutes les personnes que j'aime.

Zine dine

Dédicaces

*Je tiens à dédier ce modeste travail comme un témoignage
de respect et d'admiration*

*À mon cher papa,
Qui m'a voué sa vie, donné tant d'amour, inculqué tant de
valeurs et que Dieu le préserve.*

*À ma chère maman,
Pour ses sacrifices, son encouragement et son amour, et qui
grâce à elle j'ai pu continuer mon parcours d'étude.*

À mon seul et unique frère Oussama

&

*À ma grande sœur Faten et Meriem et adorable petite sœur
Hana.*

*Que Dieu les protège tous et les garde pour moi.
Pour les moments de joie et de peine partagés ensemble,
ainsi qu'à sa famille.*

A toute personne ayant eu l'occasion de m'aider.

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment !!!

Imane

Remerciements

Nous remercions d'abord, Dieu ﷻ le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la santé, le courage et surtout la patience de mener à bien ce modeste mémoire de recherche.

*Nous tenons à remercier vivement **Mr Fateh NEDJAR** notre encadreur qui nous a permis d'enrichir nos connaissances et nous a suivi et guidé avec beaucoup de patience et de générosité tout au long de notre travail de recherche.*

Nos remerciements vont également aux membres du jury, pour leur contribution scientifique lors de l'évaluation de ce travail. Qu'ils trouvent ici, en nos noms, nos reconnaissances les plus sincères.

*Nos remerciements s'adressent à **Mr Tarik ROUIDI**, chef de département d'architecture, et à tous les enseignants de département d'architecture et d'urbanisme sans exceptions.*

Nous adressons nos remerciements à tous nos enseignants(es) des deux cycles Licence et Master pour leur générosité et leur grande patience.

Un vif remerciement à nos familles pour nous avoir donné jour après jour autant d'amour, de soutien et d'encouragement.

Nous remercions tous nos amis et nos collègues de leur soutien moral.

Il nous reste à ne pas oublier de remercier tant de personnes, que nous ne pouvons pas nommer, de peur d'en oublier ; que toutes sachent qu'elles sont bien présentes dans nos esprits et dans nos cœurs.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale.....	1
Préambule	1
Problématique	3
Hypothèses	3
Méthodologie de la mémoire.....	4
Structure de la mémoire.....	5

CHAPITRE I : MUSEE ET CONCEPTION MUSEAL

Introduction	6
I. Concepts fondamentaux en musée	6
I.1.Qu'est-ce qu'un musée.....	6
I.2.Histoire de musée	7
I.3.Les fonction du musée.....	8
I.4.Les types de musée.....	10
I.4.1.La notion de de l'ouverture et la fermeture	10
I.4.2. La notion du parcours	11
I.4.3. L'exposition	12
I.5.La muséologie et muséographie	12
I.6.La conservation des œuvres	13
II. Architecture muséal	15
II.1.Exigence des musées.....	15
II.1.1.Accessibilité.....	15
II.1.2.La circulation	16
II.1.3.La flexibilité.....	16
II.1.4.Continuité.....	16
II.1.5.Mode d'exposition	16
II.1.6.Eclairage	18
II.1.7.Les support.....	18
II.1.8.Le son.....	19
II.1.9.Matériaux de construction.....	19
II.1.10.La sécurité.....	20
II.2.Les risques qu'il faut prendre en compte.....	20
Conclusion.....	21

CHAPITRE II : LES CARACTERISTIQUE PHYSIQUE DE LA LUMIERE

Introduction.....	21
I. La lumière.....	21
I.1. Les enjeux.....	21
I.2. Les sources lumineuses.....	22
I.2.1. Les sources primaires : La source principale "le soleil".....	22
I.2.1.1. Composition du rayonnement solaire.....	22
I.2.1.2. La position géographique du soleil.....	23
I.2.1.3. L'angle d'incidence.....	23
I.2.1.4. L'éclairement solaire global.....	24
I.2.1.5. Les projections solaires.....	24
I.2.1.5.1. Le diagramme solaire.....	24
I.2.2. Les sources secondaires.....	25
I.2.2.1. La voute céleste.....	25
I.2.2.2. Le ciel.....	25
Le ciel uniforme.....	25
Ciel couvert(CIE).....	26
Ciel clair sans soleil.....	26
Ciel clair avec soleil.....	26
I.2.2.3. Les nuages.....	26
I.2.2.4. L'albédo.....	27
I.3. Les phénomènes physiques de la lumière.....	27
I.3.1. La propagation de la lumière.....	27
I.3.1.1. Réflexion.....	28
I.3.1.2. La réfraction.....	28
I.3.1.3. La transmission.....	28
I.3.1.4. La diffraction.....	29
I.3.1.5. La diffusion.....	29
I.4. Les grandeurs photométriques de base.....	30
I.4.1. La photométrie.....	30
I.4.1. Le flux lumineux (Φ).....	30
I.4.2. L'intensité lumineuse (I).....	30
I.4.3. L'éclairement (E).....	30
I.4.4. La luminance lumineuse (L).....	30

I.4.5. Le facteur de lumière du jour (FLJ)	31
I.4.6. L'efficacité lumineuse η	31
I.4.7. La température de couleur (k)	31
I.5. Stratégies de l'éclairage naturel.....	32
I.5.1. Capturer.....	32
I.5.1.1.L'influence du type de ciel.....	32
I.5.1.2.L'influence du moment de l'année.....	33
I.5.1.3.L'influence de l'heure.....	33
I.5.1.4.L'influence L'orientation et des ouvertures.....	33
I.5.1.5.L'influence de l'inclinaison de l'ouverture.....	33
I.5.1.6.L'influence de l'environnement.....	34
I.5.2. Transmettre.....	35
I.5.2.1. Les caractéristiques de l'ouverture.....	36
I.5.3. Distribuer/Répartir.....	37
I.5.4. Se protégé.....	38
I.5.5. Contrôler.....	38
Conclusion.....	38

CHAPITRE III : L'ECLAIRAGE NATUREL DANS LES MUSEES

Introduction.....	39
I. L'ambiance lumineuse.....	39
I.1.Définition.....	39
II. Les éléments architecturaux de la maîtrise de la lumière naturelle.....	40
II.1. La fenêtre.....	40
II.1.1. Typologie.....	40
II.1.1.1. Éclairage latéral.....	40
II.1.1.2. Éclairage zénithal.....	41
II.1.1.3. Eclairage composé.....	42
II.1.2. Morphologie.....	42

II.2. Les parois opaques.....	43
II.3. Les parois transparentes.....	44
III. Le confort visuel.....	44
III. 1. Définitions.....	44
III. 2. Les paramètres du confort visuel.....	45
III.2.1. Absence d'éblouissement.....	45
III.2.2. Absence d'ombres gênantes.....	46
III. 2.3. Uniformité de la répartition de la lumière.....	47
III.2.4. Niveau d'éclairage.....	47
III.2.5. Couleur et rendu de la lumière.....	47
IV. Eclairage des musées.....	48
IV.1. Qualité d'observation.....	48
IV.1.1. Niveau d'éclairage disponible.....	48
IV.1.2. Rendu des couleurs.....	49
IV.1.3. Absence de reflets.....	50
IV.2. Eclairage d'exposition.....	50
IV.2.1. Éclairage et signification.....	50
IV.2.2. L'éclairage et conservation.....	51
IV.2.2.1. Sensibilité des matériaux aux rayonnements optiques.....	51
IV.2.2.2. Maîtrise des techniques.....	51
IV.3. La lumière diffuse.....	52
IV.4. Les dispositifs d'éclairage naturel par prise de jour en toiture.....	53

Conclusion.....	54
-----------------	----

CHAPITRE IV : OPTIMISATION DE L'ECLAIRAGE NATUREL

Introduction	55
I. L'optimisation	55
I.1. Définition	55
I.2. Principe	55
I.3. Comment optimiser	56
I.3.1. programmation	56
I.3.2. esquissée	56
I.3.3. avant-projet.....	56
II. Technique d'optimisation de l'éclairage naturel.....	57
II.1. Baies vitrées	57
II.2. Stores volets et brise-soleil	58
II.2.1. Volets isolants intérieurs	58
II.2.2. Stores à lamelles	58
II.2.3. Brise-soleil	59
II.2.4. Dispositifs de l'éclairage zénithal	59
II.2.4.1. Les sheds.....	60
II.2.4.2. Les verrières.....	60
II.2.4.3. Les dômes comme autre type des verrières	61
II.2.4.4. Les plafonds diffuseur de la lumière naturelle.....	62
II.2.4.5. Lumière naturelle par fibres optiques	63
III. Les outils de simulation.....	64
III.1. Classification des outils	64
III.2. Domaines d'utilisation des logiciels.....	65
III.3. L'Ecotect comme outil de simulation.....	66
Conclusion	67
Conclusion générale	68
Bibliographie	70
Résumé	
Abstract	

ملخص

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : MUSEE ET CONCEPTION MUSEAL

Figure. I.1	Les fonctions du musée	10
Figure. I.2	musée d'art moderne de FORT WORTH	10
Figure.I.3	musée Guggenheim Bilbao.....	10
Figure.I.4	musée d'art de papier	10
Figure.I.5	musée d'Orsay	11
Figure.I.6	musée de Louvre	11
Figure.I.7	musée Guggenheim New York	11
Figure.I.8	le musée juif à Berlin.....	11
Figure.I.9	galerie d'art d'Ontario, canada	17
Figure.I.10	musée de Frankfort	17
Figure.I.11	Getty center.....	17
Figure.I.12	musée d'Ontario	17
Figure.I.13	musée de vétérinaire de Zurich.....	17

CHAPITRE II : LES CARACTERISTIQUE PHYSIQUE DE LA LUMIERE

FigureII.1	Spectre solaire.....	22
Figure II.2	La position géographique du soleil.....	23
Figure II.3	La Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence.....	23
Figure II.4	Décomposition du rayonnement solaire.....	24
Figure II.5	Le Diagramme solaire.....	24
Figure II.6	Schéma représentant la hauteur et l'azimut du soleil.....	25
Figure II.7	Les types de ciel standards.....	26
Figure II.8	Les modes de réflexion.....	28

Figure II.9	Les modes de transmission.....	29
Figure II.10	La diffusion de la lumière par des particules diffusantes.....	29
Figure II.11	Les grandeurs photométriques.....	30
Figure II.12	Le facteur de lumière du jour (FLJ).....	31
Figure II.13	Le rôle des ouvertures verticales.....	34
Figure II.14	Le rôle des ouvertures en toiture.....	34
Figure II.15	L'influence des Bâtiments avoisinants.....	35
Figure II.16	L'influence des dimensions des ouvertures.....	36
Figure II.17	L'influence de la forme de l'ouverture.....	36
Figure II.18	L'influence de la forme de l'ouverture.....	37
Figure II.19	L'influence de la position de l'ouverture.....	37

CHAPITRE III : L'ECLAIRAGE NATUREL DANS LES MUSEES

Figure III.1.1	vitrages prismatiques.....	41
Figure III.1.3	Isolation translucide.....	41
Figure III.1.2	Vitrage incliné.....	41
Figure III.1.4	Verres et dispositifs.....	41
Figure III.1.5	Occultations Internes /externes.....	41
Figure III.1.6	Brises soleil.....	41
Figure III.2	Absorption, transmission et réflexion du flux solaire par le vitrage.....	44
Figure III.3	Eblouissement direct et éblouissement par réflexion.....	45
Figure.III.4	Décomposition de la lumière blanche.....	47
Figure III.5	Illustration schématique de rendu des couleurs.....	49
Figure III.5	les reflets.....	50
Figure III.6	L'éclairage comme signe.....	50
Figure III.7	Schéma représentatif des composants de l'éclairage muséographique.....	52

CHAPITRE IV : OPTIMISATION DE L'ECLAIRAGE NATURELLE

Figure. IV.1	l'utilisation de l'effet de serre	58
Figure. IV.2	Utilisation des volets intérieurs pour le captage et la protection solaire.....	58
Figure.IV.3	Fonctionnement des stores à lamelles extérieurs et intérieurs au plan thermique	59
Figure.IV.4	Brise-soleil réalisés avec des lames de bois pivotantes	59
Figure.IV.5	Verrière sur une cour intérieure ouverte à l'origine, à Perpignan.....	59
Figure.IV.6	un mini shed.....	60
Figure.IV.7	deux types d'éclairage zénithal	61
Figure.IV.8	Esquisse de Renzo Piano de 1993 pour conception du système d'éclairage naturel	62
Figure.IV.9	Protection solaire extérieure par des panneaux de verre émaillés et inclinés ...	62
Figure.IV.10	Les plafonds diffuseurs de la lumière du jour.....	62
Figure.IV.11	Le musée métropolitain de l'art,	63
Figure.IV.12	schémas de fonctionnement du système.	63
Figure.IV.13	Capteurs de lumière montés en toiture.....	64
Figure.IV.14	Diffuseur de lumière naturelle.	64
Figure.IV.15	Résultats de simulation sous Ecotect.	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1	La classification de nuages selon leurs altitudes.....	28
Tableau II.2	L'albédo de quelques surfaces	28
Tableau. III.1	Tableau déduit du test de la laine bleue pour déterminer la sensibilité dans l'industrie	28
Tableau III.2	les caractéristiques spectrales, spatiales et énergétiques d'une source.....	48
Tableau III.3	Tableau la dose d'éclairement de chaque matériau	50
Tableau IV.1	les matériaux de revêtements conseillés.....	57
Tableau IV.2	facteur de réflexion conseillé des matériaux.....	57

Introduction générale :

- Louis I. Kahn « *L'architecture, C'est de la lumière dépensée* »
- Le Corbusier « *L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des formes et des volumes sous la lumière* »
- Bernard Duval, Délégué Général de l'Association Française de l'Éclairage (AFE) « *Nous ne sommes pas programmés pour travailler sans lumière naturelle* »

La lumière comme matière, c'est le concept que défendait Le Corbusier en 1923 dans son ouvrage "Vers une architecture" : "L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière" et : "Les éléments architecturaux sont la lumière et l'ombre, le mur et l'espace". (Le Corbusier, Vers une architecture, nouvelle édition revue et augmentée, Paris, Arthaud, 1977). La lumière naturelle est l'un des "matériaux" de base de toute conception architecturale. Élément librement disponible, elle est prise en compte prioritairement dans les programmes d'architecture contemporaine¹.

À ce jour, les démarches de certification environnementale ne tiennent pas compte de la densité urbaine pour l'application des exigences relatives à l'éclairage naturel. Par conséquent les bâtiments situés en contexte urbain dense auront plus de difficultés à être conformes que ceux sur un site dégagé. Il s'agira donc d'effectuer un travail d'optimisation en plaçant, par exemple, les postes de travail à proximité des baies, en spécifiant des facteurs de réflexion des parois élevés afin d'augmenter les réflexions lumineuses ou encore de préconiser des solutions d'éclairage zénithal ou second jour pour bénéficier d'un accès à la lumière naturelle en fond de pièce ou dans les circulations².

Éclairer naturellement un bâtiment est plus qu'une solution technique à un problème d'efficacité énergétique ou bien même qu'une solution esthétique d'intégration à l'architecture. La lumière naturelle doit être un composant essentiel d'une philosophie qui reflète une attitude plus responsable et plus sensible de l'être humain par rapport au milieu où il vit.

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie électrique dans les bâtiments notamment dans les secteurs secondaires et tertiaires. Effectivement il a été révélé qu'en Europe, par exemple, 50% de l'énergie consommée est destinée à l'éclairage artificiel des constructions à usage

¹ <http://www.crdp-montpellier.fr/themadoc/Architecture/reperes2.htm>.

² Les guides bio Tech l'éclairage naturelle page 5.

non-domestique. Il a été aussi démontré qu'une réduction de l'ordre de 30 à 70% de cette consommation est possible grâce à la combinaison de l'éclairage naturel et artificiel.

L'éclairage professionnel des œuvres d'art est certainement une exigence centrale de l'éclairage muséographique. Pourtant, la lumière des espaces d'exposition n'est qu'un aspect de l'éclairage des musées³.

La conception bioclimatique des constructions repose sur l'optimisation de l'utilisation des apports solaires lumineux naturels. Cette utilisation optimisée est guidée par : la taille des ouvertures, leurs orientations, les matériaux utilisés, l'enveloppe du bâtiment, mais bien aussi par le contrôle des apports solaires lumineux par l'utilisation des stores. Durant cette conception le critère principal, est de ne pas avoir un effet d'éblouissement, avec une luminance équilibrée, là où se trouve l'utilisateur selon son activité.

Le musée a toujours été un des monuments les plus importants, dans une ville, depuis le XVIIIe siècle. À l'intérieur du musée de Bilbao, l'architecture a été conçue pour créer une relation entre la lumière et les œuvres et non entre le visiteur et les œuvres⁴.

Les musées se sont considérablement développés ou restructurés ces dernières décennies pour mieux accueillir un public toujours croissant. On constate alors que l'éclairage est systématiquement intégré comme l'un des éléments majeurs de cette politique d'animation et de modernisation. Autrefois strictement fonctionnel, il est devenu un vecteur de valorisation de l'architecture, de présentation des collections, et un outil de communication.

L'éclairage d'espaces de musées ou de galeries doit mettre en lumière et souligner la texture, la couleur et la forme des pièces exposées, qu'il s'agisse d'objets historiques, d'œuvres d'art moderne, de tableaux ou de sculptures⁵.

L'éclairage professionnel des œuvres d'art est certainement une exigence centrale de l'éclairage muséographique. Pourtant, la lumière des espaces d'exposition n'est qu'un aspect de l'éclairage des musées. L'éclairage commence à l'extérieur du bâtiment, pour instaurer un

³ L'éclairage naturel dans le bâtiment. Reference aux milieux arides a climat chaud et sec page 1.

⁴ Catherine Perret ; Ghislaine Azemard ; Myriam ProtPoilvet, Les utopies scénographiques : représentation, Reproduction, visualisation et rendus, Ministère de la Culture et de la Communication Délégation au développement et aux affaires internationales Mission e la recherche et de la technologie. mai 2007, page 5.

⁵ Éclairage pour musées et galeries by FEILO SYLVANIA. Page : 07

repère nocturne dans l'espace urbain, pour mettre en valeur les œuvres disposées aux abords du musée et guider le visiteur vers l'exposition suivant un parcours clair et accueillant.⁶

L'objectif majeur de la présente étude est optimisation de la lumière naturelle dans le musée au milieu urbain, à travers la compréhension et à la résolution de l'optimisation de l'éclairage naturel et la réduction de la consommation d'énergie.

Problématique

Aujourd'hui, le challenge de l'éclairage dans les musées et les galeries consiste à obtenir le juste équilibre entre la qualité de l'environnement éclairé (indépendamment de ce qui est exposé) et la consommation d'énergie nécessaire pour toute la durée de vie de l'installation.

D'ailleurs, l'éclairage joue un rôle primordial dans plusieurs activités artistiques, notamment en musée. Le rôle principal d'un musée est la fois la conservation, la protection et aussi la présentation de ses collections d'œuvres.

En effet, Dans un musée, la lumière naturelle peut être un atout pour valoriser les œuvres. Sur le plan de la conception du bâtiment, distribuer la lumière naturelle consiste à la diriger et à la transporter de façon à créer une répartition homogène, en ayant toujours à l'esprit l'idée de protection des œuvres et de confort pour le visiteur. C'est particulièrement délicat dans les opérations de réhabilitation. En effet, par rapport à une lumière artificielle, la lumière naturelle apporte un éclairage très hétérogène. Sa bonne répartition représente donc un facteur clé pour assurer un éclairage de qualité. Elle peut être favorisée par différentes approches techniques. Ainsi, la distribution directe ou indirecte de la lumière, via des baies vitrées, des sheds, la répartition des ouvertures, l'agencement des parois intérieures, les matériaux utilisés pour les sols et cloisonnements, la couleur de ces matériaux ont un impact important sur sa diffusion.

Est-ce que le système d'éclairage dans le musée influencé sur le confort visuel ou la présentation de lumière ?

Hypothèse :

L'optimisation de la lumière naturelle dans le musée, en tenant compte des besoins liées aux son activités spécifiques, pour améliorer le confort visuel à l'intérieur, ainsi que à l'extérieur dans les musées.

⁶ ERCO L'éclairage des musées Concepts Applications Technique .page5

Motivations du choix du thème

Notre choix s'est porté sur un thème d'actualité qui n'est pas choisi aléatoirement, mais suivant une hiérarchie logique en prenant en premier degré nos tendances personnelles, partants d'une expérience énergétique du musée au milieu urbain, qui nous permettra d'élaborer cette étude en toute confiance. Sachant que le sujet est une grande opportunité à ne pas rater, vu son importance et son poids dans notre vie estudiantine et professionnelle, en enrichissant notre carrière d'architecte.

Objectifs de la recherche :

Cette étude s'intéresse au thème de l'éclairage naturel dans les musées. Notre objectif est de :

- Traiter l'effet de la lumière naturelle sur la représentation et la préservation des collections et les objets d'art dans les musées.
- Mettre en évidence le rôle de la lumière naturelle dans le musée au milieu urbain.
- classifier les différentes techniques et méthodes de l'optimisation de la lumière naturelle.
- Mettre en évidence le rôle de la lumière naturelle dans les musées.
- Diversifier les ambiances lumineuses et améliorer leur qualité.
- Considérer la lumière comme un élément de conception architecturale et urbaine.

Méthodologie du travail :

Pour répondre à la problématique posée et atteindre les objectifs sus-cités ; nous avons basé notre travail sur une recherche bibliographique et documentaire (des livres, des documents, des rapports officiels, des mémoires et des sites internet), afin de tirer les notions, les concepts et les différentes théories dans le cadre d'efficacité énergétique du bâtiment.

Structure du travail

Notre travail est divisé en trois parties principales commençant par une introduction générale qui contient la motivation du choix de thème ainsi que les soucis parus, sous forme de problématique, et terminant par une conclusion générale qui récapitule le contenu de mémoire ; passant par une partie théorique qui contient 4 chapitres organisée comme suit :

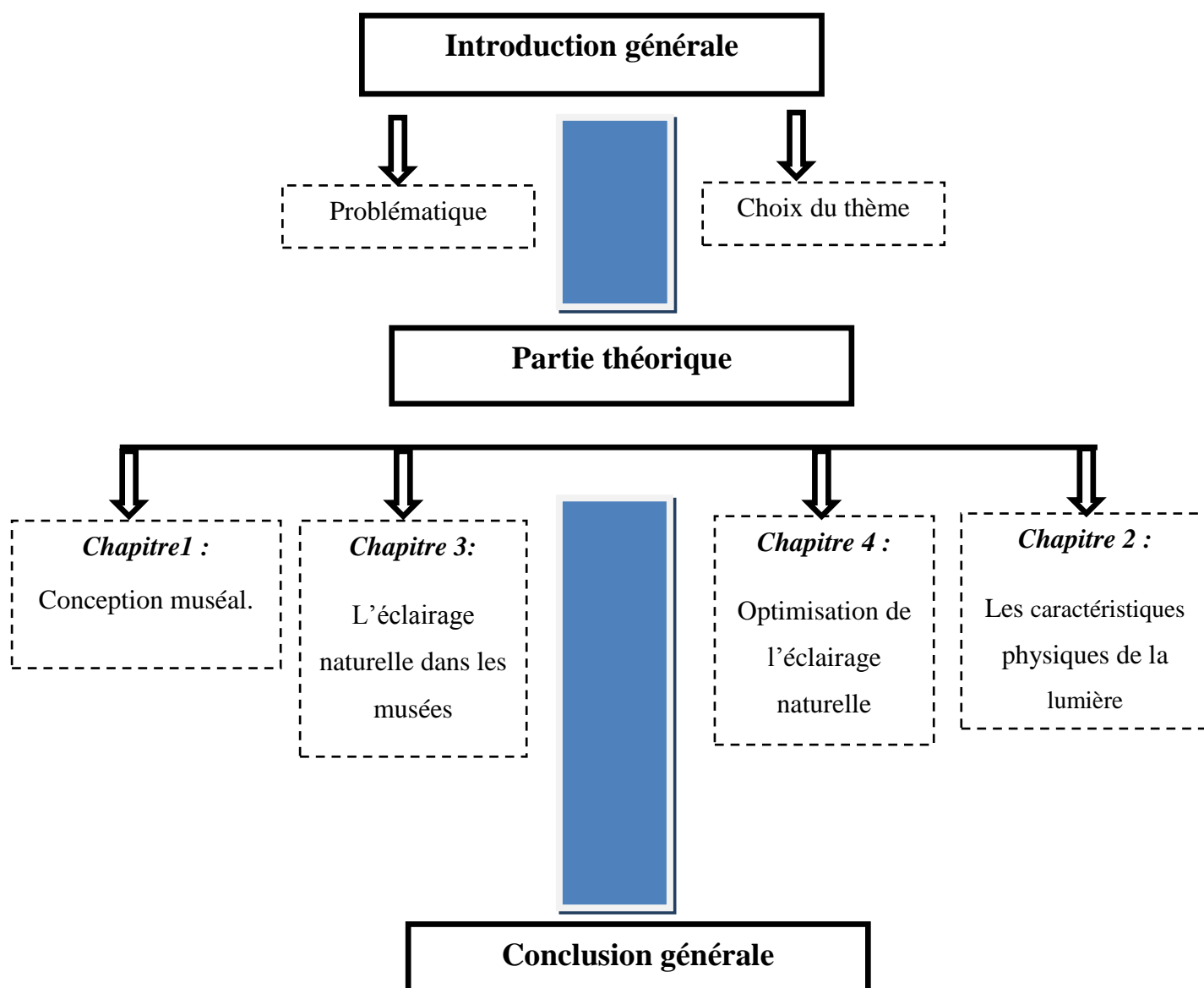
Le premier chapitre : conception muséal : ce chapitre englobe les différents concepts importants relatifs au musée au milieu urbain.

Le deuxième chapitre : Les caractéristiques physiques de la lumière : ce chapitre comporte les différentes connaissances de base et les notions fondamentales de l'éclairage naturel.

Le troisième chapitre : l'éclairage naturelle dans les musées : ce chapitre traitera le sujet de l'éclairage dans les musées, il ciblera notamment l'effet de l'éclairage naturel sur la présentation, et la préservation des œuvres d'arts.

Le dernier chapitre : l'optimisation de l'éclairage naturelle : ce chapitre présentera les différentes techniques et méthodes d'optimisation de l'éclairage naturel.

Le principe général de cette organisation est résumé dans le schéma ci-dessous :



Structure du travail

Introduction

Depuis les temps les plus reculés, l'une des préoccupations principales de l'homme a été la recherche de ses origines et la connaissance de son passé. Le musée est de nos jours un lieu de conservation d'objets anciens, culturels ou artistiques d'un peuple ou d'un pays en vue de la préservation, de la diffusion et de la transmission des connaissances qu'ils véhiculent.

Les musées se sont considérablement développés ou restructurés ces dernières décennies pour mieux accueillir un public toujours croissant. Après une période prospère due à l'augmentation du nombre de visiteurs et compte tenu de la très forte concurrence, la tendance est aujourd'hui à la promotion du musée par une amélioration constante de son attractivité ; rénovation des salles, installation des services et des commerces, politique d'expositions temporaires, organisation de colloques et d'événements nocturne.¹

Dans le présent chapitre, nous présenterons les différents concepts relatifs au musée, et ces différentes fonctions et sa relation avec l'éclairage naturel dans la conception muséale.

I. Concepts fondamentaux en musée

I.1. Qu'est-ce qu'un musée ? Nous commençons par quelques définitions utiles à la compréhension de l'environnement muséal.

Étymologiquement : L'origine ; le terme est issu du grec mouseion : dans l'Antiquité, c'était le nom donné à un sanctuaire consacré aux Muses, un temple bâti sur la colline de l'Hélicon à Athènes.²

Selon Larousse : Lieu, édifice où sont réunies, en vue de leur conservation et de leur présentation au public, des collections d'œuvres d'art, de biens culturels, scientifiques ou techniques.³

Selon de l'ICOM (conseil international des musées). Le musée est défini comme : « une institution permanente sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et

¹ Roger Narboni, « lumière et ambiances », le moniteur, France, 2007, page 48

² Roland Schaer, « L'invention des musées », Paris, Gallimard, 1993.

³ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>.

immatériel d'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation ». ⁴

Selon le dictionnaire « le Petit robert ». Le musée est défini comme : « Établissement dans lequel sont rassemblées et classées des collections d'objets présentant un intérêt historique, technique, scientifique en vue de leur conservation et leur présentation au public ».

I.2.Histoire de musée :

L'évolution du musée à travers l'histoire :

- **La période hellénistique :** les hommes des sciences qui se réunissaient dans la bibliothèque s'étaient penchés sur l'organisation et le recensement des valeurs dans les divers domaines de la pensée et avaient donné de nouvelles formes de la transmission du savoir.
- **A Alexandrie :** un des 1^{ers} musées fut créé par Ptolémée 1^{er} il était situé dans un palais qui rassemblait et conservait les objets du passé et du présent dans un but éducatif et pour glorifier la dynastie des rois d'Egypte, le musée n'était pas accessible à tous.
- **La période romaine :** les œuvres d'art étaient exposées dans des lieux publics (thermes, forum, portiques)
- **Au moyen âge :** les institutions religieuses, les églises et les cathédrales assurèrent le rôle de conservatoire de l'art religieux. Les collections des familles princières d'Europe furent installées dans les galeries des palais et n'étaient pas accessibles qu'aux seuls initiés et amis de leurs propriétaires.

L'architecture des 1^{ers} musées fut calquée sur celle des temples et des palais.

- **A partir du 15^{ème} Siècles :** les œuvres d'art étaient conservés dans deux sortes de locaux, la galerie et le cabinet.

La galerie : est une salle très allongées bordée sur un côté de nombreuses arcades ou fenêtres par lesquelles entre la lumière.

Le cabinet : est une pièce de dimension plus modeste et de forme carrée.

- **La période de la Renaissance :** c'est à partir de la Renaissance que les musées existaient en tant qu'établissements publics avec des collections hétéroclites qualifiées de tradition archéologique de masse, le goût de collectionner revient à partir du 16^{ème}, l'Italie recherchait les témoignages de l'art antique créa la notion moderne du musée ou les objets prennent une valeur d'exemple pour les artistes. L'élargissement du champ de connaissance humaine et les découvertes multiples qui s'accomplirent aux 16^{ème} allaient stimuler la création de

⁴ **Dominique poulot**, « musée et muséologie », Clamecy (Nièvre), paris, mars 2014, page 08

musées de toutes sortes, musée d'histoire, musée d'art, musée d'histoire naturelle et musée des sciences.

- **A partir du 17^{ème}** : les galeries sont les grands hôtels particuliers des nobles et réunissent les grandes collections princières.

Le premier musée d'état serait le British Museum, abrité d'abord dans un hôtel particulier de Londres, il fut fondé en 1753 et ouvert au public en 1759. L'ashmolean Museum d'Oxford qui dépendait de l'université, crée en 1677.⁵

I.3. Les fonctions du musée :

La définition d'un musée débouche classiquement sur l'énumération de ses fonctions. Le muséographe néerlandais "Petre van Mensche", en repérait trois fonctions qui sont : préserver, étudier, communiquer. Et d'après la définition pareille du musée de conseil international des musées "ICOM", on préfère évoquer quatre fonctions : Acquérir ; Etudier et recherche ; Conserver ; Diffuser.⁶ (Figure I.1)

I.3.1. Acquérir :

Acquérir reste un objectif permanent des musées, qu'ils soient petits ou grands, afin de sauver pour les "étudier les témoins matériels de l'activité de l'homme et de son environnement", Les acquisitions se font sous la forme de fouilles, d'achats, de dons ou de dépôts, au gré des budgets et des circonstances.

I.3.1.1. La conservation :

Le lien entre musée et conservation a été déterminant pour la naissance et le développement de l'institution. Certaines ont été fondées pour éviter les dispersions de patrimoines, et les conserver. Pour cela le conservateur doit faire la bonne conservation des œuvres en s'assurant que les conditions de présentation ou de stockage ne soumettent pas l'objet à des dangers.

I.3.1.2. Restauration :

L'ensemble des actions directement entreprises sur un bien culturel, singulier et en état stable, ayant pour objectif d'en améliorer l'appréciation, la compréhension, et l'usage. Ces

⁵ <http://archiloubna.e-monsite.com/pages/art-et-deco/l-historique-des-musees.html>.

⁶ **Jean-Jacques Ezrati**, « Passé, présent et futur des diodes électroluminescentes en éclairage muséographique » Comité de conservation de l'ICOM, 2008

actions ne sont mises en œuvre que lorsque le bien a perdu une part de sa signification ou de sa fonction du fait de détériorations ou de remaniements passés.

I.3.1.3. Conservation curative :

L'ensemble des actions directement entreprises sur un bien culturel ou un groupe de biens ayant pour objectif d'arrêter un processus actif de détérioration ou de l'existence même des biens est menacée, à relativement court terme, par leur extrême fragilité ou la vitesse de leur détérioration. Ces actions modifient parfois l'apparence des biens des matériaux originaux. Le plus souvent, de telles actions modifient l'apparence du bien.

I.3.1.4. Conservation préventive :

L'ensemble des mesures et actions ayant : pour objectif d'éviter et de minimiser les détériorations ou pertes à venir. Elles s'inscrivent dans le contexte où l'environnement d'un bien culturel, mais plus souvent dans ceux d'un ensemble de biens, quelque soient leur ancienneté et leur état. Ces mesures et actions sont indirectes- elles n'interfèrent pas avec les matériaux et structures des biens. Elles ne modifient pas leur apparence.

I.3.2. L'étude et recherche :

Les recherches menées pour définir la provenance des objets doivent répondre à la mission et aux objectifs du musée selon les pratiques légales, déontologiques et intellectuelles établies.

Les méthodes analytiques de recherche sont parfois destructives. Il faut en minimiser les applications. Un musée qui entreprend une description complète de l'objet analysé, avec les résultats et les études qui s'ensuivent, y compris les publications, doit l'enregistrer comme faisant partie de son fonds permanent.

Les recherches portant sur les restes humains et les objets à caractère sacré doivent être effectuées selon les normes de la profession en tenant compte des intérêts et des croyances de la communauté ou des groupes ethniques ou religieux dont sont originaires les objets, si on a connaissance.

I.3.3. Diffuser :

La médiation a pris, depuis vingt ans, une ampleur considérable. Elle est devenue, pour les responsables, bien souvent, l'objectif principal de leur mission. Dans l'esprit de la révolution et des musées rendus.⁷

⁷ MERLEAU-PONTY Claire, EZRATI Jean-Jacques, « L'exposition, théorie et pratique », Édition L'Harmattan, France, 2005. Page 15.

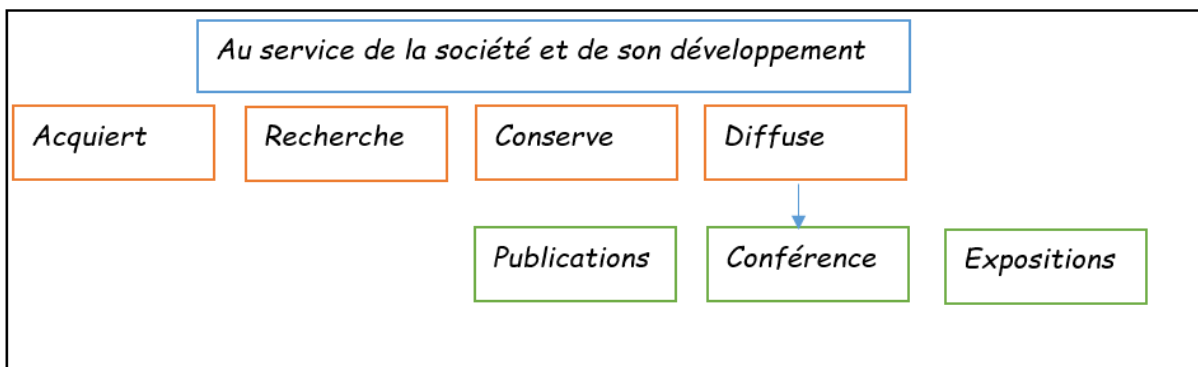


Figure I.1 : Les fonctions du musée
Source : Jean-Jacques Ezrati.

I.4.les types des musées :

Plusieurs facteurs rentrent dans la classification du musée :

I.4.1.la notion de l'ouverture et la fermeture

1. Musée ouvert : est un musée où les parois sont vitrées et transparentes ou il est à ciel ouvert. (Figure I.2).
2. Musée fermé : est un musée où les parois sont opaques. (Figure I.3).
3. Type mixte : revêtement de l'ossature avec des panneaux composés d'une double paroi de plastique renforcé de fibre de verre. Ces panneaux se soulèvent grâce à des articulations hydrauliques, ouvrant ainsi la façade sur l'extérieur. (Figure I.4)



Figure I.2 : musée d'art moderne de FORT
Source : www.archimagazine.com



Figure I.3 : musée Guggenheim Bilbao
Source : www.archimagazine.com



Figure I.4 : musée d'art de papier
Source : www.archimagazine.com

I.4.2. la notion du parcours :

1. Type arborescent : ce principe fonctionne suivant l'idée d'une circulation principale avec des secteurs annexes, les accès peuvent s'effectuer dans l'axe ou sur les côtés.
2. Types bloc : cette disposition laisse le libre choix du parcours selon la situation des points d'accès.
3. Types ruban : cette solution permet de guider le visiteur sans qu'il s'en rende compte, mais a pour inconvénient d'obliger le visiteur à parcourir toute. L'exposition, il se divise en trois parties :
 - Circuit en spirale.
 - Circuit en ligne brisée.
 - Circuit rectiligne.
4. Types labyrinthe Une série d'espaces différenciés, bien qu'enchaînés les uns aux autres, n'impose aucune contrainte de circulation.



Figure I.5 : musée d'Orsay
Source : www.picturalissime.com

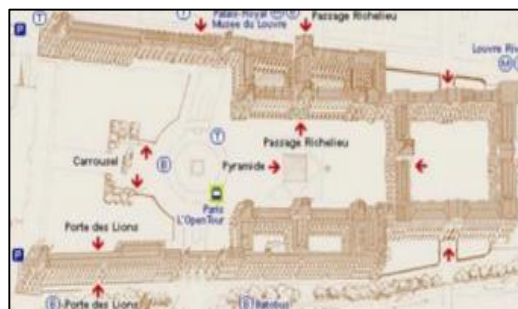


Figure I.6 : musée de Louvre
Source : www.39vaugirard.com



Figure I.7: Musée Guggenheim New York
Source: www.archimagazine.com



Figure I.8 : Le musée juif à Berlin
Source : www.archimagazine.com

I.4.3. L'exposition :

1. **Généralisé** : musée qui regroupant plusieurs départements qui ont chacun un thème différents (musée de Louvre, british muséum...).
2. **Spécialisé** :
 - **Musée d'histoire** : Les collections historiques comprennent le plus souvent des documents d'archives (pièces généralement uniques) ainsi que des documents divers sur papier (journaux, affiches, textes divers, tracts, publications, ...) ou sur tout autre support, des photos et autres éléments iconographiques.
 - **Musée d'archéologie** : Les collections archéologiques se caractérisent d'abord par leur mode de découverte : la fouille. Les objets sont ainsi arrachés à un milieu avec lequel s'était établi un équilibre suffisamment stable pour permettre à l'objet de parvenir jusqu'à nous et jusqu'au musée.
 - **Musée d'ethnographie** : Sous le terme d'ethnographie, on regroupe toutes les collections relatives à la vie quotidienne des sociétés humaines et, dans une vision assez ethnocentrique.
 - **Musée de sciences et techniques** : Les collections des musées de science et technique sont dans l'ensemble, assez homogènes : des thématiques voisines, peu d'objets anciens (quelques siècles au plus), une gamme de matériaux restreintes autour des métaux, du bois, de la pierre, du verre, plus rarement du cuir ou du tissu.
 - **Musée des sciences naturelles** : Les collections de sciences naturelles sont constituées d'une gamme limitée d'objets : des minéraux et fossiles, des ossements frais mais stabilisés ou plus ou moins minéralisés, des animaux naturalisés, des pièces herbier, des échantillons de bois.
 - **Musée des beaux-arts** : Les collections des musées de beaux-arts sont très homogènes et leur conservation est généralement bien maîtrisée. on y trouve sculptures, peintures et œuvres graphiques, plus rarement du mobilier ou de l'orfèvrerie. en outre, une certaine tradition d'exposition veut que, souvent, ces catégories soient exposées séparément, ce qui facilite d'autant le choix des paramètres environnementaux ou de lumière, par exemple. Les œuvres graphiques, en particulier, doivent être conservées et exposées dans des conditions strictes, vu leur fragilité. Certaines pièces très anciennes, comme les retables, par exemple, exigent des conditions environnementales stables et bien contrôlées.
 - **Musée de plein air** : Les musées en plein air présentent une diversité typologique qui dépasse largement les musées de sculptures auxquels on pense en premier.

- **Musées spécialisés** : On appelle musées spécialisés ceux qui sont consacrés à une thématique bien précise : musée du jouet, musée du tire-bouchon, musée automobile,... beaucoup d'entre eux appartiennent à une des catégories décrites.

Les rares musées qui sont spécialisés au point de n'entrer dans aucune des catégories générales possèdent des collections très homogènes ou très spécifiques et donc plus simples à gérer du point de vue de la conservation préventive.⁸

I.5. La muséographie et muséologie :

La muséographie : est le pendant pragmatique de la muséologie. Activité de recherche sur les aspects pratiques du musée et de son fonctionnement, sur les modalités de la mise en œuvre quotidienne des théories muséologiques. Elle décrit et analyse la structure et le fonctionnement des expositions, permanentes ou temporaires, depuis leur conception jusqu'à leurs aspects les plus techniques (conservation, sécurité, etc.). Par extension, désigne également le résultat de cette activité.⁹

La muséologie : La muséologie est la science du musée dans le sens le plus large. Discipline qui a pour champ de recherche la notion de musée, la réflexion théorique et historique sur sa nature, son rôle et ses diverses formes. Englobe tous les types de musées et d'approches pour les étudier.¹⁰

I.6. La conservation des œuvres :

L'environnement des collections détermine leurs conditions de bonne ou mauvaise conservation.

I.6.1. Déterminer les risques en fonction du site naturel :

Les risques naturels, un mauvais environnement, la négligence humaine occasionnent aux biens culturels les dommages les plus importants et les plus brutaux. Pour apprécier le degré de risque d'un site, l'histoire de ce site doit être connue, les archives et la mémoire humaine fournissant les éléments d'appréciation.

Pour qu'une action en cas de sinistre soit efficace, il faut qu'il existe au préalable un plan d'action préventive et un plan d'intervention. L'architecte qui construit un musée doit se référer

⁸http://www.conservationpreventive.be/site/index.php?id_surf=&idcat=307&quellePage=999&surf_lang=fr&id_menu=301&id_menu2=303&id_menu3=307.

⁹ <http://www.louvre.fr/definitions/museologie-museographie>

¹⁰ <http://www.louvre.fr/definitions/museologie-museographie>

préalablement à la carte sismique, à la carte d'aptitude à l'urbanisation et aux règlements de construction en vigueur.

I.6.2. Surveiller et connaître le bâtiment :

Les problèmes de bâtiment peuvent entraîner des désordres climatiques, la pénétration de l'eau, le développement des champignons et des insectes. Les infiltrations, les mouvements du sol, peuvent altérer la qualité de sa structure. L'entretien permet la préservation du patrimoine.

Problèmes généraux :

- Apparition et modification des fissures, et fléchissement des planchers, au niveau de la structure.
- Infiltrations et taches au plafond.
- Tout bois est susceptible d'être attaqué par les insectes et les champignons.
- Dégradation des enduits, décollement des papiers peints, cloquage des peintures.
- Éclatement des matériaux de construction par le gel.
- Augmentation des besoins en énergie à cause d'une mauvaise conception.

Le bâtiment peut révéler, au cours de ces visites d'entretien, des désordres nécessitant de plus amples investigations qui seront confiées à des professionnels (architecte, ingénieur, bureau d'études).

Il convient d'entreprendre tous les dix ans un diagnostic général du bâtiment par un professionnel qualifié. Il fait l'objet d'un rapport qui comprend :

- Une présentation de l'immeuble
- Un examen du bâti.
- Une appréciation du confort et des charges.
- Des propositions pour les désordres constatés.

I.6.3. La distribution des espaces :

L'espace doit être réparti de façon rationnelle et doit permettre au musée de remplir l'ensemble de ses fonctions. Ainsi, un musée dont les surfaces d'exposition dépasseraient 40% de l'espace total est considéré comme un musée « paralysé ».

Habituellement, la répartition des espaces se fait de la façon suivante :

- Espaces pour le public (exposition et lieux d'accueil).
- Espaces administratifs et techniques (non publics)
- Espaces réserves (regroupant les lieux de stockage et les salles de travail qui s'y rattachent).

I.6.4. Le climat :

Dans un musée le contrôle du climat (température et hygrométrie) est un des points clés de la conservation des collections.

Il est indispensable tout d'abord de connaître :

- Les systèmes de chauffage.
- L'entretien et la maintenance.
- Le niveau de température demandé.
- La continuité du chauffage et/ou la période de mise en fonction.
- Le système d'humidification, son entretien et sa maintenance.
- Les performances demandées.
- Le système de ventilation.
- Le système de climatisation.
- Le système de filtration d'air.

La connaissance du climat dans le bâtiment permet de :

- Connaître les zones les plus stables pour y mettre les collections les plus fragiles.
- Modifier les conditions climatiques de certaines zones si nécessaires.
- Savoir quand et comment on peut déplacer les collections.

I.6.5. Les polluants :

L'air intérieur des musées et l'air environnant contiennent des polluants qui sont susceptibles de provoquer des dégradations des œuvres souvent irréversibles. Pour cela il est important de :

- Diminuer les échanges avec l'extérieur en isolant les locaux.
- Protéger les objets de la poussière.
- Filtrer l'air par une climatisation générale ou par un système de renouvellement d'air.
- Ranger ou emballer certains objets sensibles dans du matériel de rangement ou d'emballage adapté.

- Mettre les objets sensibles sous vitrines hermétiques et sous gaz inerte.¹¹

II. Architecture muséale :

L'architecture muséale se définit comme l'art de concevoir et d'aménager ou de construire un espace destiné à abriter les fonctions spécifiques d'un musée et, plus particulièrement, celles d'exposition, de conservation préventive et active, d'étude, de gestion et d'accueil.¹²

II.1. Exigence des musées :

II.1.1. Accessibilité : le musée doit assurer une facilité d'accessibilité mécanique et piétonne.

II.1.2. La circulation :

II.1.2.1. Circulation des visiteurs : qui est l'une des fonctions les plus importantes qui doivent être étudiées attentivement Et ça se fait par un ordre logique pour les salles d'exposition, et qui est lié à l'objectif de la création du musée.

II.1.2.2. La circulation commence à partir de l'entrée du musée : qui mène à l'entrée, dans lequel toutes les activités de service requis pour les visiteurs (la billetterie l'orientation bancs pour se reposer...), il y a un élément clé qui devrait être renvoyé à un aperçu général du musée pour comprendre le visiteur comment se déplacer entre les sections du musée.

II.1.2.3. Circulation de service : musées doit être équipé dans plusieurs autres entrées pour le personnel et les administrateurs et les utilisateurs...

Leur circulation se fait par des couloirs et les ascenseurs d'une manière privée pour qui ne gêne pas la circulation des visiteurs avec la possibilité de contact entre les deux très réduite sauf si c'est nécessaire.

II.1.3. La flexibilité : le musée doit atteindre le plus haut degré de flexibilité de sorte que l'espace sert à plusieurs fonctions.

II.1.4. Continuité : on doit assurer la continuité des salles d'exposition dans le musée, à la fois verticale et horizontale.

¹¹Département Conservation Préventive du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, « vadémécum de la conservation préventive », Version du 15 mai 2006, pages 10-20.

¹² Stéphane Vermeiren, « Qu'est-ce qu'un musée ? », Beauvais, 2014.

II.1.5. Mode d'exposition : on doit choisir un ou plusieurs mode d'exposition de sorte qu'ils sont plus appropriés pour le but des expositions, telles que l'assemblage linéaire ou central ou rayonnement ou d'un cluster ou un réseau d'expositions.

II.1.5.1. Les méthodes d'expositions

Les méthodes d'expositions dans musée varient en fonction du type de musée la forme des salles d'expositions et le type et la taille des pièces, on peut résumer ces méthodes dans :

- L'affichage sur les murs sous la forme de tableau suspendu comme dans les musées Arts
- Présentation sous forme de portefeuille accroché sur le mur souvent vitrée comme dans les musées d'archéologie, musée de sciences et techniques.
- L'affichage directement sur des paumes Basés sur le mur.
- L'affichage sur le sol directement sans base. Cette méthode est généralement utilisée dans les musées techniques ou des musées avec de grandes expositions. (Figure I.9)
- Affichage sur des supports suspendus comme dans les musées scientifiques. (Figure I.10)



Figure I.9 : galerie d'art d'Ontario, canada
Source : /www.picturalissime.com



Figure I.10 : musée de Frankfort
Source : www.picturalissime.com

- Affichage sur un socle basé sur le sol comme dans les musées de traditions folklorique ou d'artisanat. (Figure I.11)
- L'affichage sur des tableaux verticaux comme dans les musées et documents littéraires et des timbres. (Figure I.12)

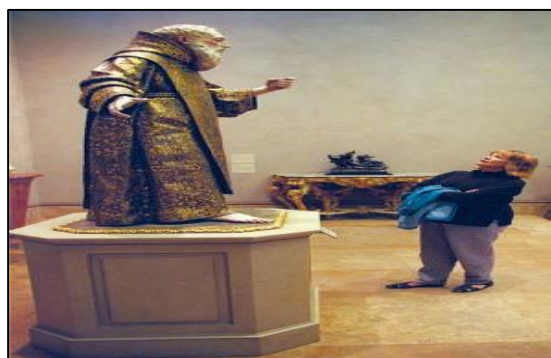


Figure I.11: Getty center
Source: www.archimagazine.com



Figure I.12 : musée d'Ontario
Source : www.archimagazine.com

- L'affichage sur des coffres fixes ou mobiles avec des formes et taille variées basé sur le sol comme dans le Musée de la médecine vétérinaire à Zurich. (Figure I.13)



Figure I.13 : musée de vétérinaire de Zurich.

Source : www.archimagazine.com

II.1.6. Éclairage :

« L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière ». Corbusier

Plus l'objet n'est éclairé, et l'environnement nié par la lumière, plus l'objet est mis en valeur. Parfois, lumière et œuvres ne font pas bon ménage. Certains problèmes peuvent se poser : les contre-jour, les contrastes lumineux, les reflets dans les vitrines. Il est souvent difficile de trouver un bon éclairage.

II.1.7. Les supports :

Les supports peuvent être primaires (murs, sols), secondaires (mobilier) ou tertiaires (cadres). Souvent, plus on multiplie les supports, plus l'objet est mis en valeur. Les supports marquent un détachement de l'objet par rapport à son environnement, ce qui lui donne un statut particulier et contribue à le mettre en valeur.

II.1.7.1. Les supports primaires :

Les cloisons, appelées aussi cimaises (corniches des murs sur lesquelles sont accrochés les tableaux) servent à différencier et séparer les espaces, guider le visiteur et font office de support pour les expôts.

Elles peuvent revêtir différentes formes : mur, rideaux, fixes, modulables... et différentes couleurs qui peuvent être choisies en fonction des objets mais aussi en fonction du discours tenu par l'exposition. Notons que plus la couleur du support n'est claire, moins le besoin en éclairage est important.

Les sols et les plafonds sont aussi considérés comme supports primaires. Certains musées n'utilisent que ceux-ci pour exposer leurs collections. A l'aide de différents procédés, ils parviennent à matérialiser la limite œuvre/public et à valoriser les expôts.

Exemples d'utilisation des supports primaires :

- Cloisons amovibles permettant de modifier les espaces selon les besoins (panneaux coulissants).
- Utilisation des cloisons, sols ou plafonds comme support pour des inscriptions liées aux œuvres.
- Niches creusées dans les murs pour mettre en valeur les expôts.
- Délimitation des espaces par différentes natures de sols.
- Placement de l'œuvre à un niveau de sol différent de celui du public.

II.1.7.2. Les supports secondaires :

Les supports secondaires, tels que les **vitrines** et **socles**, ont une fonction de :

- Protection contre les agressions que pourraient subir les expôts (vol, vandalisme, pollution, climat, lumière...).
- Valorisation (apportent un statut particulier à l'objet).

II.1.7.3. Les supports tertiaires :

Il s'agit des supports au plus près des expôts, tels que les cadres.

Le choix de ces supports est important car ces derniers relaient l'idée directrice de l'exposition.

L'utilisation de tel ou tel matériau en opposition avec d'autres permet parfois de faire passer un message. Dans certains cas, les supports eux-mêmes peuvent être considérés comme des œuvres d'art.

II.1.8. Le son :

Le son peut constituer un élément à part entière dans la muséographie. Il participe à la perception des objets exposés par la mise en place d'une ambiance.

Comme pour les autres dispositifs muséographiques, il faut réaliser un plan du parcours et des ambiances sonores (à chaque séquence un son correspondant).¹³

II.1.9. Matériaux de construction :

¹³ Patrimoines et Mémoires des Métiers, « Dispositifs muséographiques », 2012.

Matériaux de construction varient selon le type et le but des expositions dans les musées tels que le marbre, la pierre et la brique sont des matériaux appropriés pour les salles d'exposition des statues tant que le bois peut être utilisé dans les salles présentant des peintures.

II.1.1. La sécurité :

- Sécurité des œuvres par surveillance (utilisation des camera et des agents de sécurité) les systèmes d'alarmes et protéger les œuvres en verre.
- Sécurité des visiteurs par des issus de secours.¹⁴

II.2. Les risques qu'il faut prendre en compte :

1. vol
2. Humidité
3. sécheresse
4. Soleil
5. poussière
6. La lumière directe (naturelle ou artificielle)
7. les vibrations
8. Pollution

Conclusion :

Le musée est une institution gardienne du patrimoine d'une nation par son triple rôle de collection, conservation et présentation des œuvres de l'homme à travers les siècles et qui témoignent de son existence et son évolution, elle assure la continuité et la transmission du patrimoine à travers un climat et une architecture adéquate qui s'adapte avec le rôle dans le quels les musées sont édifier.

¹⁴ **Brigitte Burki**, « Quels moyens technologiques permettent de mieux protéger les œuvres exposées dans un musée d'art contemporain contre le vol et le vandalisme ? », France, Avril 2014, page 20.

« *Beau projet médiologique que celui d'une réflexion autour d'un mot qui désigne tant l'esprit que le soleil ou l'ampoule. Il faut croiser en tous sens le sacré, le scientifique, le technique et le philosophique pour voir clair à l'immense réussite de la lumière* ». Monique Sicard.

Introduction :

Depuis toujours, l'homme était fasciné par la lumière. Cette lumière, qui provenait du soleil, de la lune, des étoiles gouvernait le cycle des saisons ainsi que le cycle des journées (alternances jour et nuit). Le soleil, l'étoile la plus proche de la terre (environ 149,6 millions de kilomètres) lui fournit la lumière et la chaleur, ainsi, le sol, les océans, l'atmosphère reçoivent l'énergie du soleil nécessaire au développement de la vie sur terre.

A travers ce chapitre, nous essaierons de définir la notion de la lumière naturelle, de décrire son origine et ses enjeux ainsi que, de comprendre ces phénomènes, faire un aperçu sur les différentes grandeurs photométriques et enfin étudier la stratégie de la lumière naturelle.

I. La lumière :

Selon André Grand champs Astronome, la lumière est une forme d'énergie, tout comme l'électricité ou la chaleur. Elle est composée de minuscules particules que l'on appelle photons et se déplace sous forme d'onde. La lumière est en fait générée par les vibrations des électrons dans les atomes. Il s'agit donc d'un mélange d'ondes électriques et magnétiques : on dit que la lumière est une onde électromagnétique. Constitue un spectre continu de l'infrarouge, à l'ultraviolet passant par le visible, Ce dernier qu'on perçoit par nos yeux (le visible).¹

Selon Hourdequin Emmanuel, la lumière est une onde électromagnétique sinusoïdale, elle est caractérisée par sa fréquence et sa longueur d'onde dans le vide. C'est une forme de rayonnement auquel l'œil humain est sensible et sans lumière, nous ne pouvons pas voir.²

I.1. Les enjeux :

Les enjeux liés à la lumière naturelle sont nombreux. On peut évoquer ses impacts sur la santé et le bien-être, ou encore sur les consommations d'éclairage artificiel, de chauffage et de climatisation.

¹ GRAND CHAMPS ASTRONOME. « La lumière information des personnes-ressources en science et technologie ». 2005. [En ligne]. <http://cdpsciencetechno.org/WP-content/uploads/2013/11/lumiere.pdf>.

² HOURDEQUIN, Emmanuel. « Qu'est-ce que la lumière » .in site collaboratif de physique de Livet. 2015. [En ligne]. <http://emmanuel.hourdequin.free.fr/documents/seconde/cours/Qu-est-ce-que-la-lumiere.pdf>

Au XXI^e siècle, de nouveaux enjeux sont apparus sous la forme des performances environnementales du cadre bâti dans le but de limiter les impacts environnementaux tout en optimisant le confort et la santé des usagers. Les premières démarches environnementales mises en œuvre ont proposé des indicateurs et des niveaux de performances qui ont ensuite été intégrés par les référentiels de certification environnementale.³

I.2. Les sources lumineuses :

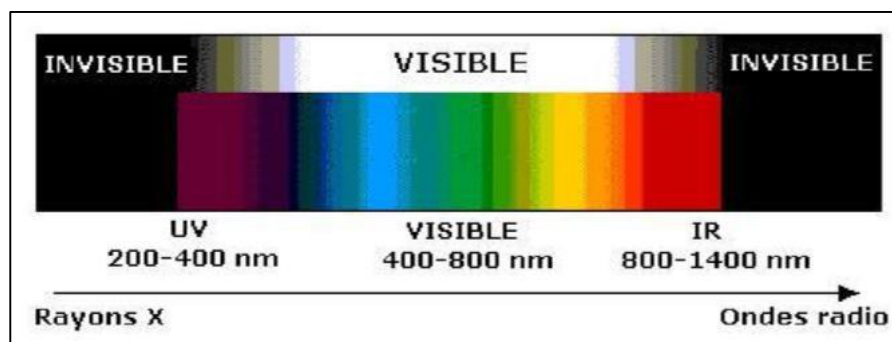
« Tout corps qui émet de l'énergie rayonnante soit par une surface ou un volume ». Cette source lumineuse peut être une source primaire ou une source secondaire :

I.2.1. Les sources primaires : La source principale "le soleil" :

Le soleil (Sol en latin, Helios en grec) est l'étoile du système solaire, c'est autour de lui que gravite la terre et les autres planètes. Cette étoile de l'univers inondait déjà de lumière toutes les planètes. Les rayons du soleil sont source de vie, ils nous fournissent la chaleur et la lumière. Une faible partie du rayonnement solaire parvient jusqu'à la surface de la terre, le reste est réfléchi dans l'atmosphère.⁴

I.2.1.1. Composition du rayonnement solaire :

L'énergie solaire est l'énergie émise par le soleil sous forme d'ondes électromagnétiques, la portion comprise entre 380nm et 780nm constitue la lumière naturelle ou la lumière du jour ou ce qu'on appelle la partie visible, les autres rayonnements comme les ultraviolets se situent au-dessous de 280nm environ et sont interceptés par la couche d'ozone (O₃) située dans la troposphère à environ 10 km d'altitude, tandis que le rayonnement infrarouge dépassant 2µm est intercepté par la vapeur d'eau atmosphérique.



FigureII.1 : Spectre solaire.

Source : Universalis.

³ Suzel BALEZ. « L'éclairage naturel », Première partie : Principes de base. In site « école nationale supérieure d'architecture de Grenoble ». 2007. [En ligne].<http://www.epstlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pdf>.

⁴ CHEMSA ZEMMOURI Malika. « Caractérisation et optimisation de la lumière naturelle en milieu urbain ». Thèse de doctorat en sciences. Urbanisme. Université Ferhat Abbas. 2010. Pages 85.

I.2.1.2. La position géographique du soleil :

La planète terre tourne autour d'un axe définissant les pôles nord et sud du globe en 24 heures ce qui permet de générer l'alternance des jours et de la nuit. Ainsi, la trajectoire de la terre autour du soleil constitue une ellipse de très faible excentricité, effectuée en environ 365 jours. L'inclinaison de l'axe des pôles terrestre par rapport au plan de l'écliptique est constante et égale à $23^{\circ}27'$; elle est l'origine du phénomène des saisons. La distance terre-soleil varie entre 153.10^6 km et 147.10^6 km, ce qui donne un faisceau parallèle car les dimensions de la terre sont faibles en comparaison avec le soleil.⁵

Le schéma ci-dessous montre les différentes rotations que fait la terre sur elle-même et autour du soleil.

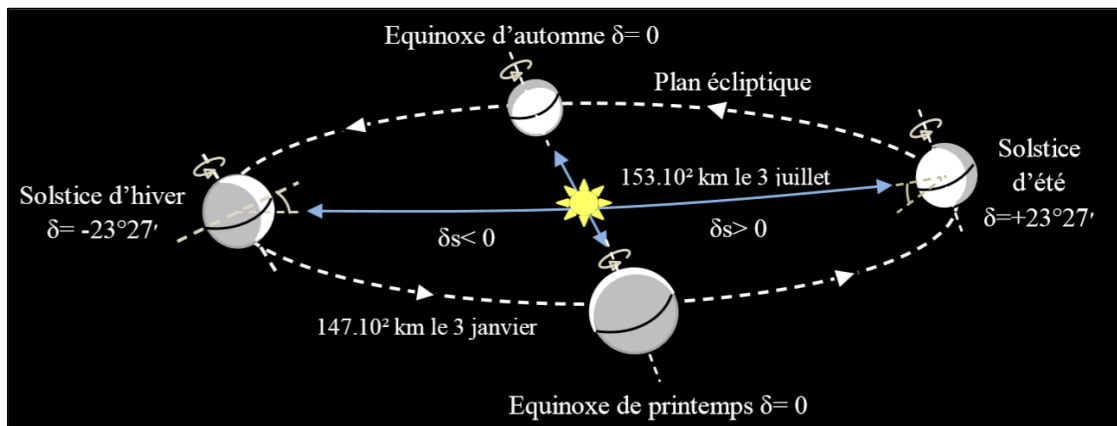


Figure II.2 : La position géographique du soleil
Source : Auteur

I.2.1.3. L'angle d'incidence :

L'angle qui sépare les rayons du soleil de la normale d'une surface est appelé angle d'incidence et détermine le pourcentage de lumière directe interceptée.

L'angle d'incidence caractérise l'incidence avec laquelle le rayon solaire vient frapper la paroi, c'est l'angle entre la normale à la paroi et le rayon solaire à l'instant considéré. L'inclinaison, l'orientation de la paroi et la direction du rayon solaire

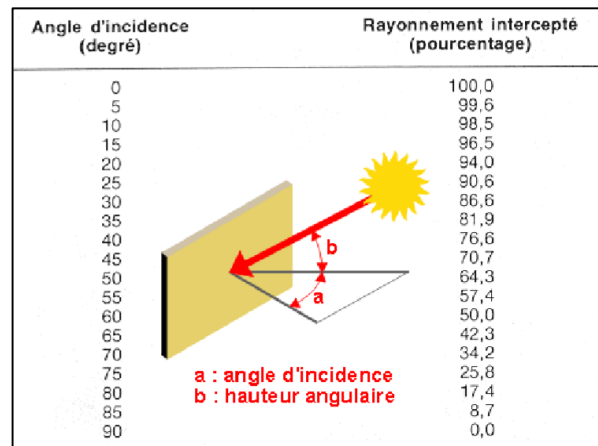


Figure II.3 : La Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence.

Source : A. De Herde, S. Reiter.

⁵ **CHEMSA ZEMMOURI Malika.** « Caractérisation et optimisation de la lumière naturelle en milieu urbain ». Thèse de doctorat en sciences. Urbanisme. Université Ferhat Abbas. 2010. Pages 87

permettent d'évaluer cet angle d'incidence. Plus le flux est normal à la paroi, plus il est important, plus il est rasant, plus il est faible.

I.2.1.4. L'éclairement solaire global :

Le rayonnement émis par le soleil constitue un spectre continu allant des ultra-violet à l'infrarouge en passant par le visible où il émet le maximum d'énergie. En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire incident se décompose en une composante directe, qui atteint la surface terrestre sans modifier sa trajectoire et une composante diffuse, qui atteint la surface après absorption et réémission dans l'atmosphère. Donc, le rayonnement solaire global est la somme du rayonnement solaire diffus, du ciel et du rayonnement solaire direct⁶.

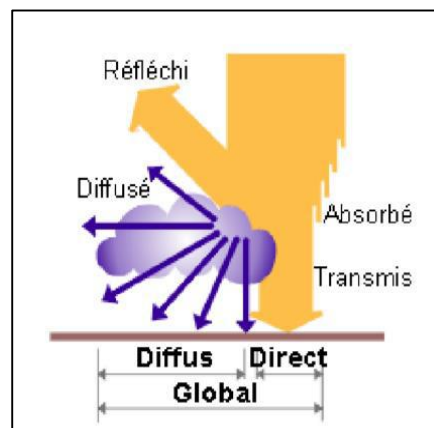


Figure II.4 : Décomposition du rayonnement solaire.

Source : A. De Herde. S. Reiter.

I.2.1.5. Les projections solaires :

I.2.1.5.1. Le diagramme solaire :

Le diagramme solaire ou une projection solaire est un outil facile et pratique qui permet de connaître la position du soleil dans le ciel. Ce repérage est assuré grâce à une représentation plane en coordonnées locales de la trajectoire du soleil perçue depuis un point quelconque de la surface terrestre. La position du soleil est définie par sa hauteur (angulaire) et son azimut, qui varie d'heure en heure mais aussi suivant le rythme des saisons.

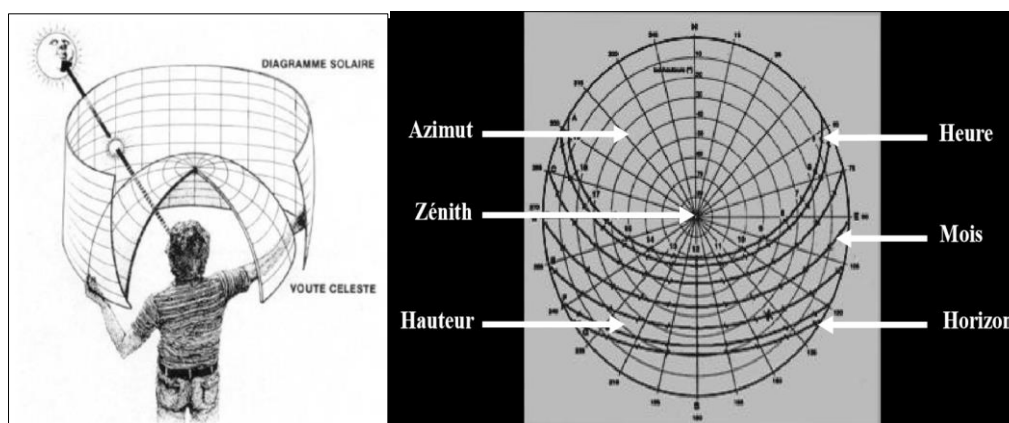


Figure II.5 : Le Diagramme solaire

Source : E. Mazria.

⁶ Ayoub BOUDOUKHA. « Analyse de la Symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel ». Cas de la cité des 426 lots El Eulma, Sétif. Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Université Mohamed Khider – Biskra. 2015.

La hauteur (H) du soleil est l'angle formé par la direction du soleil et le plan vertical, elle se compte de 0° à 90° à partir de l'horizon vers la voute céleste.

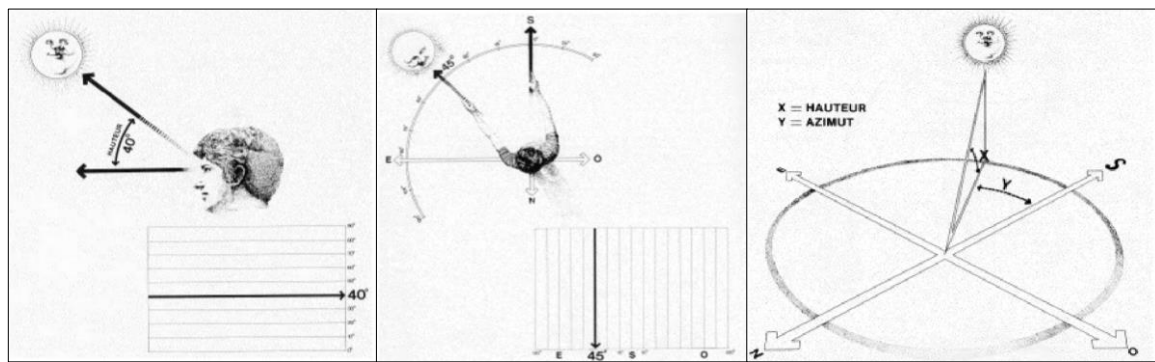


Figure II.6 : Schéma représentant la hauteur et l'azimut du soleil.

Source : E. Mazria.

L'azimut (A) est l'angle que fait le plan vertical du soleil avec le plan méridien du lieu qui se mesure à partir du Sud ($= 0^\circ$) vers l'Est ou vers l'Ouest. L'azimut solaire est négatif le matin (direction Est), nul ou égal à 180° à midi et positif l'après-midi (direction Ouest), sur tout le globe.

I.2.2. Les sources secondaires :

I.2.2.1. La voute céleste :

Le rayonnement solaire subit des modifications spectrales et directionnelles, des phénomènes d'absorption et de diffusion sont générés par les particules atmosphériques, si bien que la lumière connaît une redistribution spatiale donnant lieu à une source de lumière secondaire constituée de l'hémisphère céleste au-dessus de l'horizon. Cette nouvelle donne de la lumière naturelle conduit à considérer deux contributions en provenance du ciel : une partie directe caractérisée par le rayonnement solaire non dévié et une partie diffuse relative à la lumière provenant du reste du ciel. Le tout constitue la contribution globale de la lumière du ciel.

I.2.2.2. Le ciel :

Vu la multitude des conditions météorologiques, quatre types de ciels standards ont été établis pour les études d'éclairement. Chacun d'eux est caractérisé par sa répartition de la luminance sur la voute céleste qui varie en fonction de la latitude, de saison et de l'heure.

1. Le ciel uniforme :

C'est le modèle le plus simple, il correspond à un ciel couvert d'une couche épaisse de nuages laiteux ou à une atmosphère pleine de poussières, ou le soleil n'est pas visible. Sa

luminance est indépendante des paramètres géométriques (les points ont tous la même luminance) : elle est constante en tout point du ciel à un moment donné.

2. Ciel couvert(CIE) :

Ce type de ciel a été établi par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), pour lequel la luminance en un point varie en fonction de sa position sur la voûte céleste.

3. Ciel clair sans soleil :

Ce type est caractérisé par des valeurs de luminance qui varient en fonction de paramètres géométriques et de la position du soleil. Il émet un rayonnement diffus qui dépend de la variation de la position du soleil et exclut le rayonnement solaire direct.

4. Ciel clair avec soleil :

Il prend en compte le rayonnement global (direct+diffus) alors que les trois modèles précédents ne font intervenir que la composante diffuse de rayonnement solaire. Il correspond à un ciel serein où le soleil brille. Le ciel clair avec soleil offre la possibilité d'étudier les jeux d'ombres et de lumière ainsi que les risques d'éblouissement dus à la pénétration du soleil dans un bâtiment.

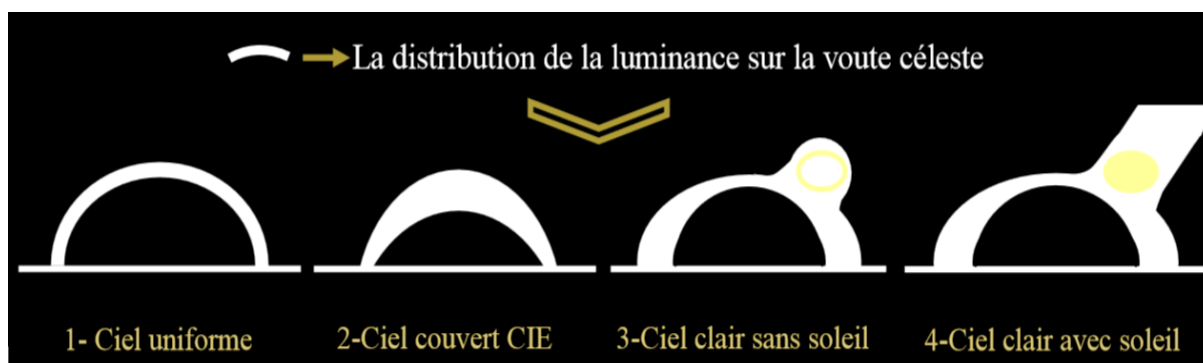


Figure II.7 : Les types de ciel standards.

Source : A. De Herde. S. Reiter.

Pour étudier l'éclairage à l'intérieur d'un bâtiment et pour arriver à des résultats exactes, la Commission Internationale de l'Eclairage propose de prendre comme base de calcul un ciel couvert, car sa luminance est égale en tout point du ciel à un moment donné donnant un niveau d'éclairage de 5000 lux sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé.

I.2.2.3. Les nuages :

Les nuages réfléchissent une partie de la lumière du soleil vers l'espace. Il y a donc moins d'énergie solaire arrivant sur le sol et une modification de la quantité de lumière solaire

absorbée par la terre. Les nuages contiennent des particules en suspension dans l'air, sur lesquelles la condensation se forme. Afin de caractériser la couverture nuageuse, il faut se référer à deux paramètres : d'une part leur type et d'autre part leur quantité. Les variétés de nuages sont définies à l'aide d'une classification internationale, qui catégorise les types de nuages d'après leur aspect

Famille	Régions polaires	Régions tempérées	Régions tropicales
Nuages supérieurs	3 à 8 km	5 à 13 km	6 à 18 km
Nuages moyens	0,5 à 5 km	0,5 à 9 km	0,5 à 12 km
Nuages inférieurs	0 à 2 km	0 à 2 km	0 à 2 km
Nuages à développement vertical	(0,5) à 8 km	(0,5) à 13km	(0,5) à 18 km

Tableau I.1 : La classification de nuages selon leurs altitudes

Source : <http://pages.infinit.net/vasgrav/meteo/ref/nuages.ht>

I.2.2.4. L'albédo :

L'albédo est une grandeur sans dimension, il représente le rapport de la quantité de lumière réfléchiée par un objet sur la quantité de lumière qu'il reçoit. L'albédo est exprimé par un nombre qui va de 0 (aucune lumière réfléchiée) à 1 (toutes les ondes électromagnétiques sont réfléchies), ou bien est exprimé en pourcentage. Généralement, les surfaces claires ont un fort albédo (réfléchissent l'énergie solaire) et que les surfaces foncées ont un faible albédo (absorbent l'énergie solaire).

Matériaux	Facteur de réflexion moyen estimé (Albédo)
Foret sombre Champs verdoyants	3-5 %
Bâtiment sable humide rochers	8-15%
Asphalte sol nu sec	15-25%
Briques herbes sèches déserts étendues de sel	25-40%

Tableau I.2 : L'albédo de quelques surfaces

Source : Francis Miguet

I.3. Les phénomènes physiques de la lumière :

I.3.1. La propagation de la lumière :

La trajectoire de la lumière est rectiligne lorsqu'elle se propage dans un milieu homogène où il n'y a pas d'obstacle, le terme homogène signifie que le milieu traversé possède les mêmes propriétés en tout point.

La propagation de la lumière dans un milieu transparent peut se faire de deux manières différentes et complémentaires, soit en terme de propagation d'une onde lumineuse ou la lumière se propage dans un milieu homogène dans toutes les directions sous forme d'une onde

lumineuse sphérique, et en ligne droite, de la source de lumière vers l'objet éclairé si le milieu de propagation est homogène et transparent, soit en terme de rayons lumineux, qu'on peut la représenter en traçant la direction de propagation des ondes par des rayons perpendiculaires aux fronts d'onde.

La direction de propagation de la lumière peut uniquement être modifiée par réflexion, réfraction, diffraction ou diffusion :

I.3.1.1. Réflexion :

Lorsqu'un rayon lumineux change brutalement de direction tout en restant dans le même milieu de propagations. Il existe quatre modes de réflexion de la lumière sur une surface :

- La réflexion spéculaire : la lumière est renvoyée selon un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux.
- La réflexion diffuse parfaite : la lumière réfléchi est distribuée dans toutes les directions.
- La réflexion diffuse quelconque : la lumière se répartit de manière aléatoire.
- La réflexion mixte : la lumière est réfléchi de manière diffuse mais privilégie quand même une direction précise.

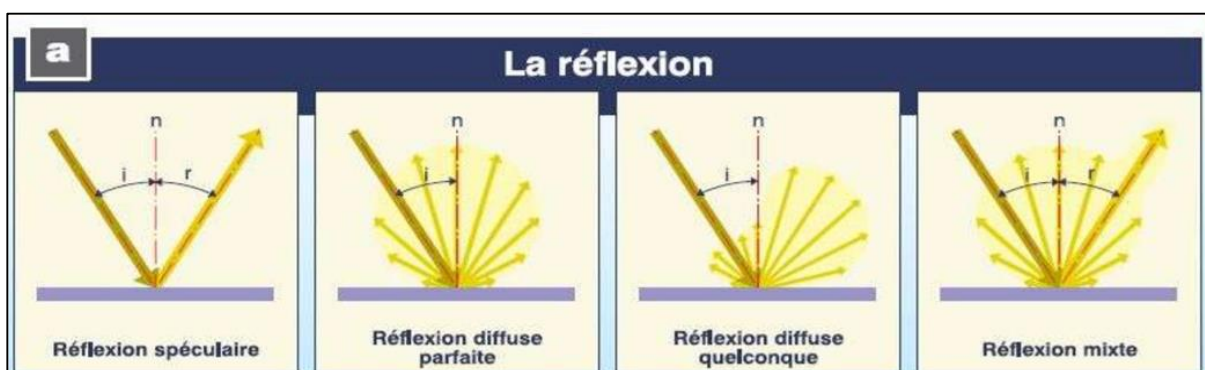


Figure II.8 : Les modes de réflexion.

Source : livre de Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques

I.3.1.2. La réfraction :

Le phénomène de réfraction est le changement de direction lorsque le rayon lumineux traverse obliquement la limite séparant deux milieux avec différentes vitesses de propagation de lumière c'est-à-dire, la déviation d'une onde lorsque la vitesse de celle-ci change.

I.3.1.3. La transmission :

Il existe quatre modes de transmission de la lumière :

- La transmission directionnelle : la lumière est transmise selon un angle égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux

- La transmission diffuse parfaite : la lumière transmise est distribuée dans toutes les directions
- La transmission diffuse quelconque : la lumière se répartit de manière aléatoire
- La transmission mixte : la lumière est transmise de manière diffuse mais privilégie quand même une direction précise
- Du point de vue de la transmission de la lumière, les corps se regroupent en trois catégories selon qu'ils sont transparents, translucides ou opaques à la lumière.

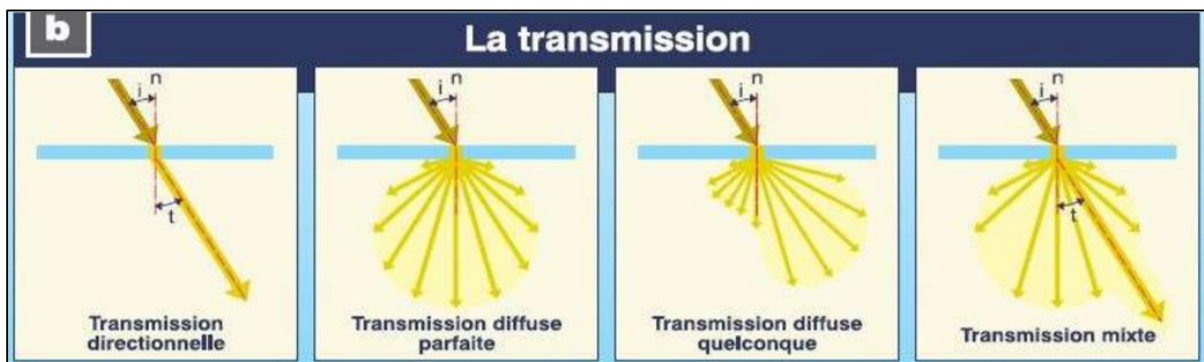


Figure II.9 : Les modes de transmission.

Source : livre de Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques

I.3.1.4. La diffraction :

On donne le nom de diffraction aux modifications et aux espèces de pénombres qu'éprouve la lumière lorsqu'elle passe auprès des extrémités des corps. Elle a lieu lorsque la lumière passe par des fentes étroites ou à côté de lames pointues, et qui dévie de la direction rectiligne et se tord.

I.3.1.5. La diffusion :

La diffusion est le phénomène par lequel un rayonnement, comme la lumière est dévié dans de multiples directions par une interaction avec d'autres objets. La diffusion peut être également répartie dans toutes les directions (isotrope) ou obéir à un patron de réémission bien particulier selon le milieu traversé (anisotrope). La diffusion peut avoir lieu à la rencontre d'une interface entre deux milieux (dioptré), ou à la traversée d'un milieu. Lorsqu'un milieu transparent.

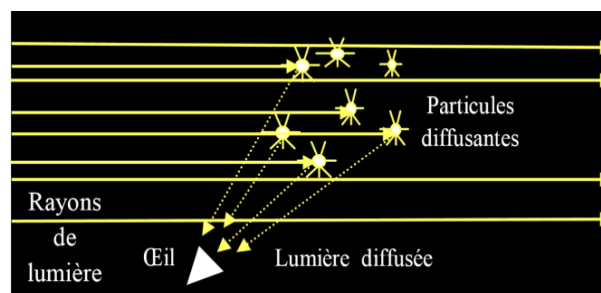


Figure II.10 : La diffusion de la lumière par des particules diffusantes.

Source : <http://physique.paris.iufm.fr>

I.4. Les grandeurs photométriques de base :

I.4.1. La photométrie :

La photométrie, ou la mesure de la lumière et des phénomènes lumineux, est une des bases essentielles de l'éclairage. Le but de la photométrie est de quantifier les grandeurs relatives au rayonnement en fonction de l'impression visuelle produite. La photométrie est la science qui étudie le rayonnement lumineux du point de vue de la perception par l'œil humain.

I.4.1.1. Le flux lumineux (Φ) :

Est la puissance lumineuse émise par une source dans toutes les directions. L'unité de flux lumineux est le lumen. Symbole (lm)

I.4.1.2. L'intensité lumineuse (I) :

Est le flux lumineux émis par une source lumineuse ponctuelle dans une direction donnée. L'unité de l'intensité lumineuse est la candela. Symbole (cd). Une intensité de 1 candela correspond à un flux lumineux d'1 lumen

I.4.1.3. L'éclairement (E) :

Correspond à un flux lumineux reçu par unité de surface. L'unité d'éclairement lumineux est le lux. Symbole (lx)

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

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

I.4.1.4. La luminance lumineuse (L) :

Est l'intensité lumineuse d'une source dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction. L'unité est la candela par mètre carré. Symbol (cd/m²). La luminance lumineuse est la seule grandeur photométrique appréciable par le système visuel.⁷

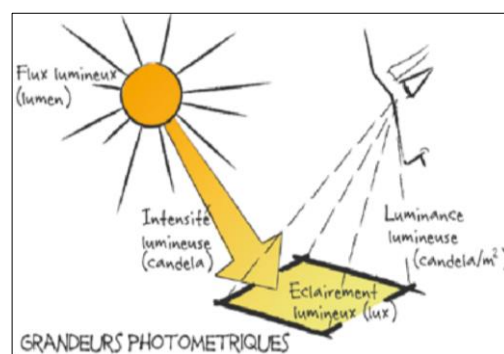


Figure II.11 : Les grandeurs photométriques

Source : <http://www.asso-iceb.org>

⁷ Suzel BALEZ. « L'éclairage naturel », Première partie : Principes de base. In site « école nationale supérieure d'architecture de Grenoble ». 2007. [En ligne].<http://www.epstlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pdf>.

I.4.1.5. Le facteur de lumière du jour (FLJ) :

Le FLJ est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point d'un plan de référence (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé, par ciel couvert.

Il s'exprime en %. $[FLJ = E \text{ intérieur}/E \text{ extérieur}] \text{ (\%)}$.

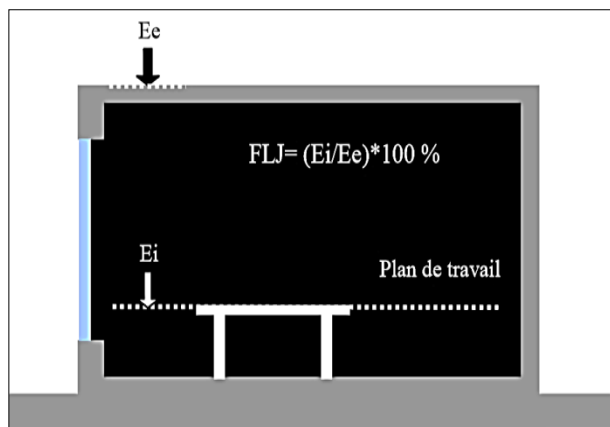


Figure II.12 : Le facteur de lumière du jour (FLJ)
Source : Auteur

I.4.1.6. L'efficacité lumineuse η :

L'efficacité lumineuse ou rendement lumineux (η) d'une source est le quotient de son flux lumineux (Φ) par sa puissance (P), on note $\eta = \Phi/P \text{ (lm/W)}$.⁸ Dont lm est le lumen ; W est le watt

I.4.1.7. La température de couleur (k) :

La température de couleur est la température à laquelle il faudrait chauffer un corps noir pour qu'il rayonne une lumière dont la couleur serait la plus proche possible de celle de la source considérée. Elle s'exprime en KELVIN (K).

Lorsque la température de couleur de la lumière est inférieure à 3300 K, sa source émet un rayonnement de couleur dite "blanc chaud", c'est-à-dire qu'il contient beaucoup de radiations orange et rouges.

Si la température de couleur de la lumière est supérieure à 5300 K, son rayonnement est qualifié de "blanc froid", contenant beaucoup de radiations violettes et bleues. Une lampe de température de couleur intermédiaire est dite de couleur blanc neutre.

⁸ DUMEIGE, Yannick. Optique instrumentale. In site IUT Lannion. [En ligne]. http://blogperso.univ-rennes1.fr/yannick.dumeige/public/chap2_S2.pdf.

Les teintes froides de la lumière dont la température de couleur dépasse 5000 K se rapprochent de la lumière naturelle.⁹

I.5. Stratégies de l'éclairage naturel :

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera aussi à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel. Choisir des teintes claires pour la décoration des murs et plafond, Créer des puits de lumière (coupoles, fenêtres de toit...) qui apportent un gain considérable de lumière naturelle

La stratégie de la lumière naturelle est aussi l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment selon cinq concepts destinés à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturelle

Les cinq concepts qui permettent une meilleure stratégie de la lumière dans le bâtiment sont :

I.5.1. Capter :

«La qualité intérieure d'un espace dépend de la quantité d'espace extérieur qui entre par le truchement de la lumière et de la transparence.». Frank Lloyd Wright

capter la lumière du jour consiste à la recueillir dans le but d'éclairer naturellement un bâtiment, ce qui nécessite de tenir compte de l'influence du type de ciel, du moment de l'année, de l'heure, de l'orientation et de l'inclinaison de l'ouverture ainsi que l'environnement physique de l'édifice (bâtiments voisins, type de sol, végétation...).

La quantité de lumière captée dans un local dépend de la nature et du type de paroi vitrée, de sa rugosité, de son épaisseur et de son état de propreté.

I.5.1.1.L'influence du type de ciel :

La lumière naturelle traduit les alternances de l'état du ciel. Elle est composée de la lumière directe du soleil et de la lumière diffuse du ciel

La lumière solaire directe dispense un flux considérable qui s'avère facile à capter et à diriger. Par contre, le rayonnement solaire direct est souvent une source d'éblouissement et parfois de surchauffe du bâtiment.

⁹ **MEDDOUR, Samir**. Impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées « Cas du musée Cirta de Constantine ».248. Mémoire de magistère. Architecture Bioclimatique. Université Mentouri Constantine. 2008.

I.5.1.2.L'influence du moment de l'année :

De l'été à l'hiver, le rayonnement solaire direct pénètre plus en profondeur dans le local mais le niveau d'éclairement à proximité de la fenêtre diminue progressivement.

I.5.1.3.L'influence de l'heure :

Par ciel avec soleil, la répartition lumineuse varie fortement d'une heure à l'autre et d'un point à l'autre du local. La lumière disponible augmente jusqu'à la mi-journée, puis diminue. Le rayonnement solaire direct induit une tache de lumière qui évolue, au cours de la journée, depuis le mur ouest du local vers le mur est.

I.5.1.4.L'influence L'orientation et des ouvertures :

La variabilité des répartitions de luminances sur la voûte céleste implique que l'orientation et l'inclinaison d'une baie, à taille identique, auront un impact sur le flux de lumière naturelle qui la traverse.

Lorsque le ciel est couvert, le rayonnement lumineux est diffusé dans toutes les directions. Les baies vitrées verticales captent donc la lumière naturelle de manière similaire, indépendamment de leur orientation

Lorsque le ciel est clair, l'orientation de la baie vitrée influence directement la quantité de lumière captée.

L'éblouissement est plus facile à gérer au sud qu'à l'est et à l'ouest où le soleil est plus bas sur l'horizon, ce qui permet de conserver plus longtemps la vue sur l'extérieure

L'orientation nord simplifie la problématique de la gestion des protections dans les espaces partagés, avec une faible pénétration de rayonnement solaire direct

I.5.1.5.L'influence de l'inclinaison de l'ouverture :**1. Fenêtre verticale :**

Système le moins performant en termes d'éclairage par la lumière du jour Le plus utilisé car facile mettre en œuvre (et permet une vue sur l'extérieur) Bien orientée, présente beaucoup d'avantages thermiques.

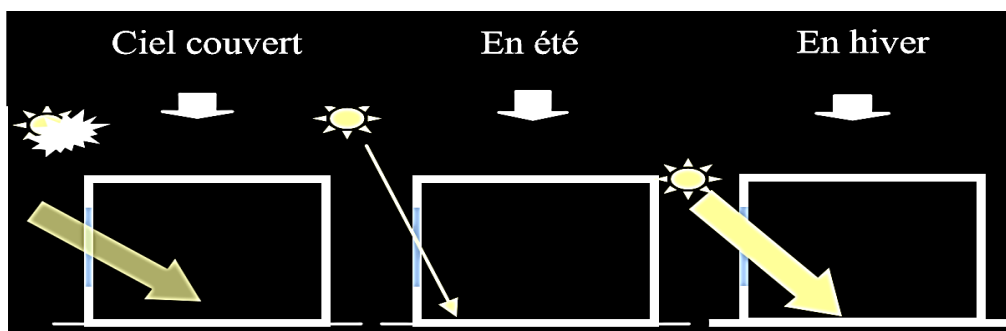


Figure II.13 : Le rôle des ouvertures verticales.

Source : Auteur

2. Fenêtre en toiture :

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

Les ouvertures zénithales s'ouvrent sur la totalité de la voute céleste ; elles induisent une large pénétration de lumière diffuse. De plus, la lumière entre dans les locaux par le plafond, ce qui limite à priori les phénomènes d'éblouissement

Par contre, par ciel serein, les ouvertures zénithales captent mal les rayons solaires d'hiver alors qu'elles laissent largement pénétrer le soleil d'été, ce qui implique un mauvais comportement thermique.

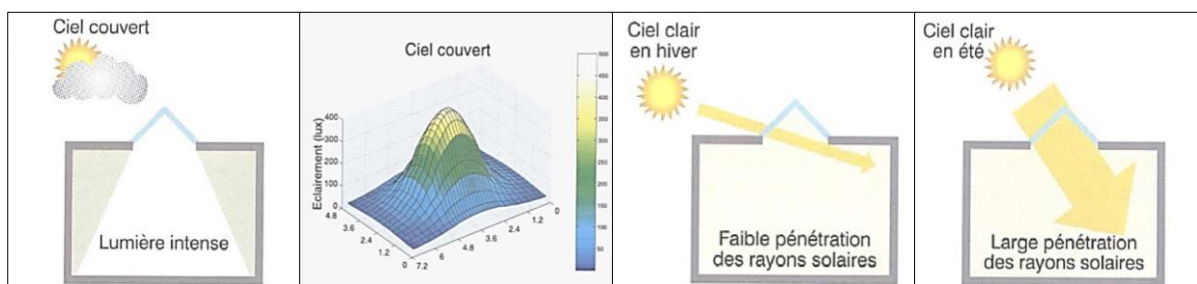


Figure II.14 : Le rôle des ouvertures en toiture.

Source : Source Suzel BALEZ.2007. L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base. [En ligne].
<http://www.epst-tlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pdf>.

I.5.1.6.L'influence de l'environnement :

Chaque lieu spécifique développe sa propre identité vis-à-vis de sa région et de son climat général. La topographie, la végétation, la nature du sol et l'urbanisme influencent entre autres les données météorologiques d'un lieu

La lumière disponible dépend de l'environnement direct du bâtiment par le jeu de différents paramètres : le relief du terrain, les constructions voisines, le coefficient de réflexion du sol, la végétation

1. Relief du terrain :

Le relief du terrain peut provoquer de l'ombre sur un bâtiment ou au contraire favoriser son ensoleillement.

2. Bâtiments avoisinants :

On appelle masque solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface, il est parfois difficile de capter quelques rayons solaire à cause des bâtiments voisins qui leurs font écran. La quantité d'énergie solaire reçue en un endroit dépend souvent de l'ombrage des bâtiments avoisinants.

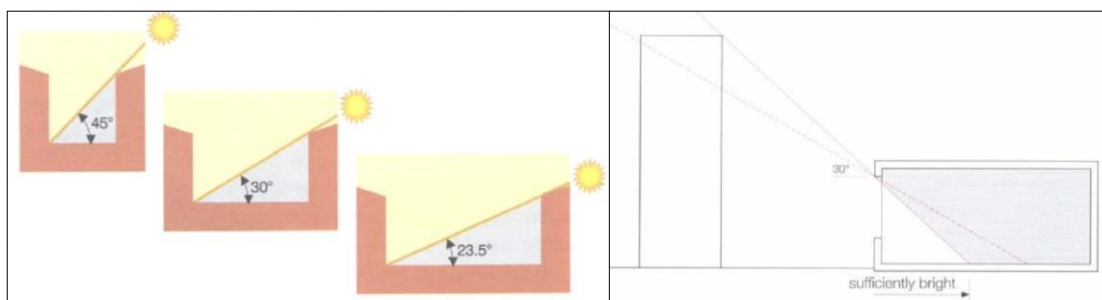


Figure II.15 : L'influence des Bâtiments avoisinants.

Source : Suzel BALEZ.2007. L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base. [En ligne]. <http://www.epst-tlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pdf>.

3. Réflexion des surfaces extérieures :

Pour profiter au maximum de la lumière naturelle, il importe de ne pas négliger le facteur de réflexion des surfaces extérieures environnant le bâtiment. En effet, des surfaces claires et réfléchissantes augmentent la quantité de lumière qui peut pénétrer dans le bâtiment.

4. Végétation :

La végétation se distingue des autres écrans parce qu'elle peut être saisonnière, ce qui est le cas des arbres à feuilles caduques, et que par ailleurs elle ne possède qu'une opacité partielle. Elle se contente de filtrer la lumière plutôt que de l'arrêter.

I.5.2. Transmettre :

Transmettre la lumière du jour consiste à favoriser sa pénétration à l'intérieur d'un local. La pénétration de la lumière dans un espace peut être influencée par les caractéristiques de l'ouverture, ainsi que par les dimensions du local et son aménagement intérieur¹⁰

¹⁰ **Suzel BALEZ.** L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base. In site « école nationale supérieure d'architecture de Grenoble ». 2007. [En ligne]. <http://www.epst-tlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pdf>.

I.5.2.1. Les caractéristiques de l'ouverture :

Les fenêtres sont amenées à jouer un rôle majeur dans le confort visuel et l'équilibre thermique des bâtiments, donc Il faut prendre en compte les caractéristiques de ces fenêtres. Pour la quantification et la qualification de la pénétration de la lumière dans un édifice

1. Les dimensions de l'ouverture :

Pour maximiser les apports de lumière naturelle, on peut augmenter la prise de contact avec l'extérieur

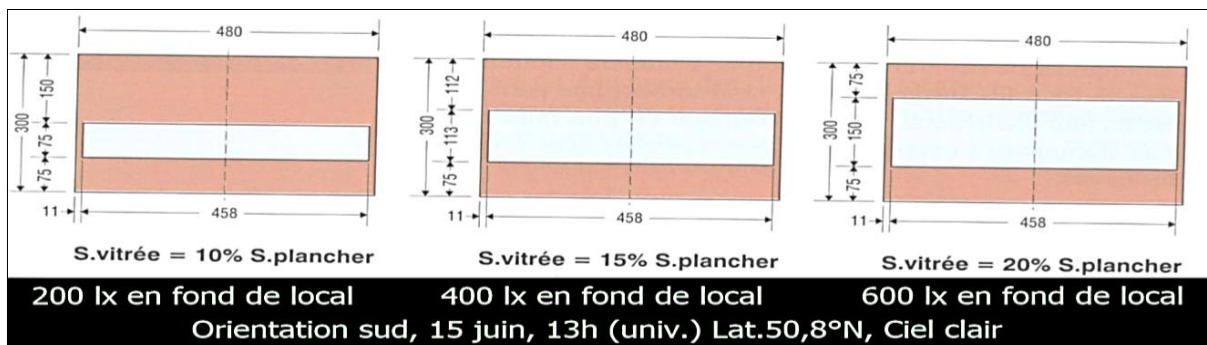


Figure II.16 : L'influence des dimensions des ouvertures.

Source : Suzel BALEZ.2007. L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base. [En ligne]. <http://www.epst-tlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pd>.

2. La forme et la position de l'ouverture :

Une forme d'ouverture optimisée peut augmenter la qualité de l'éclairage naturel en limitant les effets de contrastes et les zones d'ombres.

Nous pouvons étudier l'influence de la forme de la fenêtre en comparant la répartition lumineuse fournie par une série de fenêtres de proportion différentes, pour une surface vitrée identique.

Une fenêtre large à la place de plusieurs petites fenêtres étroites afin de limiter une succession de contrastes forts.

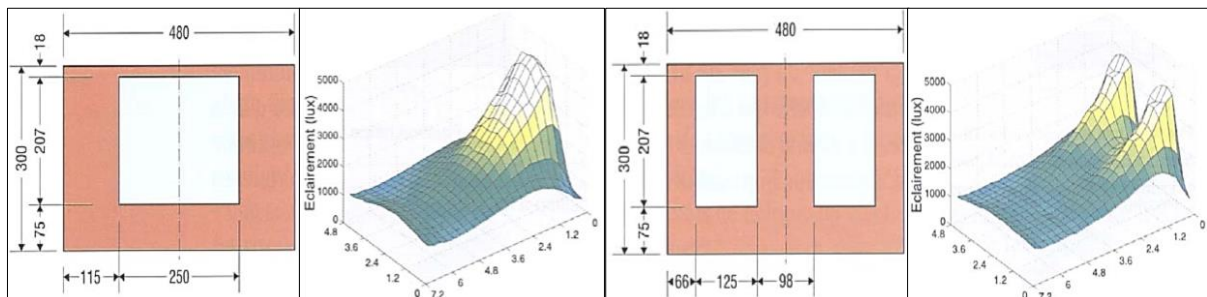


Figure II.17 : L'influence de la forme de l'ouverture.

Source : Suzel BALEZ.2007. L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base. [En ligne]. <http://www.epst-tlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pd>.

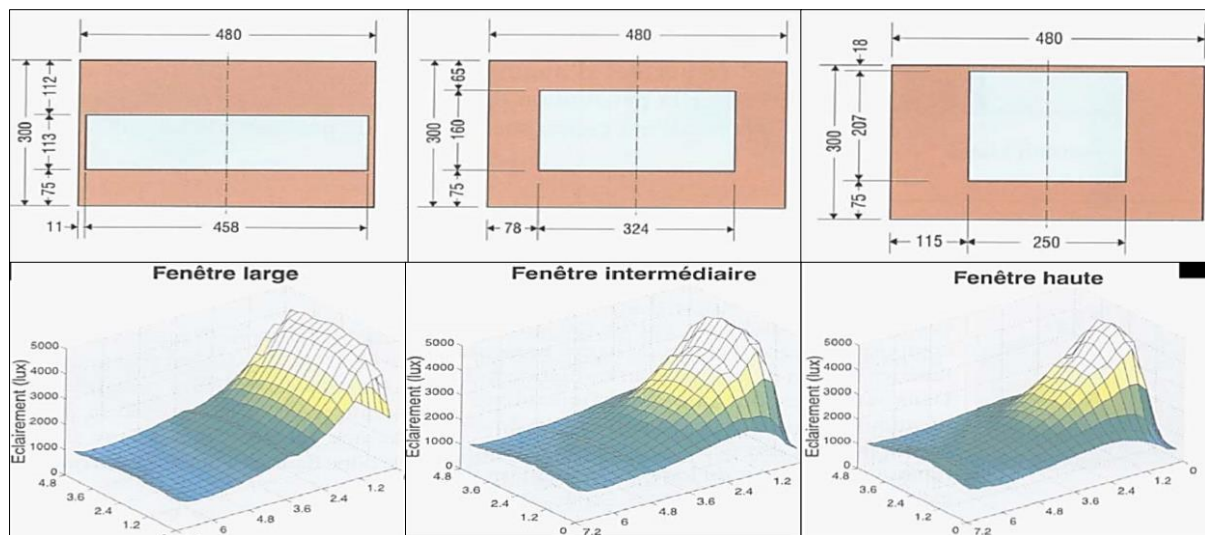
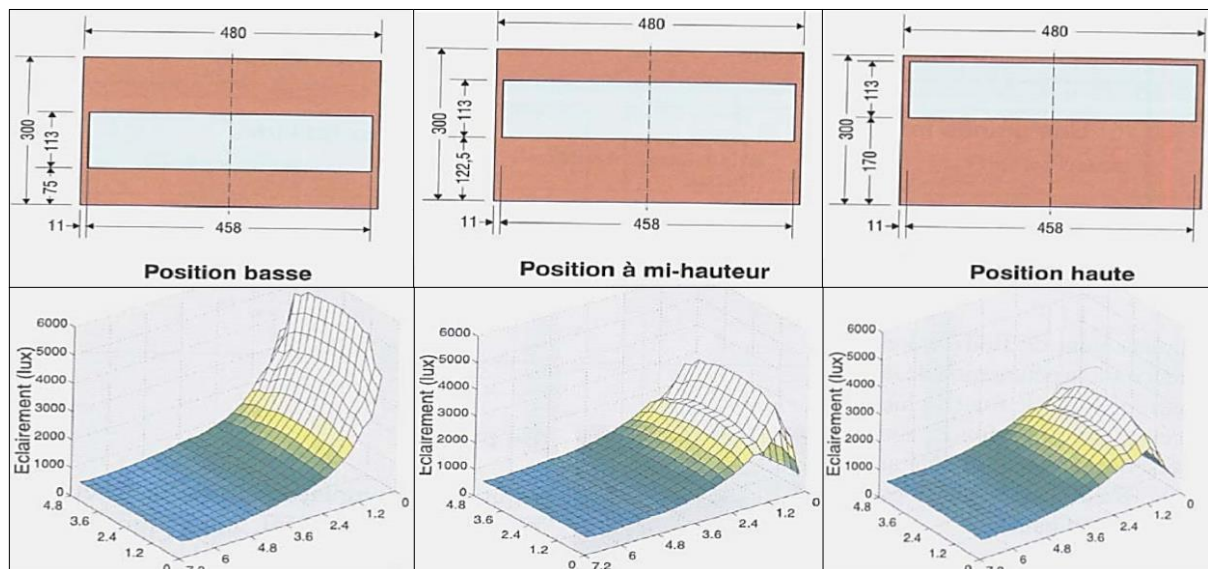


Figure II.18 : L'influence de la forme de l'ouverture.

Source : Suzel BALEZ.2007. L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base. [En ligne].
<http://www.epst-tlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pdf>.

La position des ouvertures sur la façade aura un impact sur la répartition de la lumière naturelle dans le local qu'elles éclairent.



I.5.3. Distribuer/Répartir :

La distribution de la lumière naturelle vise, selon les cas, la répartition uniforme de cette lumière dans le local ou, au contraire, la focalisation de la lumière en un point particulier. Cette répartition peut être favorisée par différentes approches basées sur :

- Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte).
- La répartition des ouvertures.

- L'agencement des parois intérieures.
- Le matériau des surfaces du local.
- Les zones de distribution lumineuse.
- Les systèmes de distribution lumineuse.

I.5.4. Se protéger :

Pour atteindre le confort visuel, il est essentiel de se protéger dans certains cas de la lumière naturelle surtout si elle constitue une source d'éblouissement. Cette protection sert à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement lumineux lorsqu'il présente une source d'inconfort visuel pour les occupants et gêne les utilisations à l'intérieur d'un local. On se protège de la lumière naturelle par l'utilisation des protections solaire telles que la végétation, les auvents, les écrans mobiles ou les vitrages spéciaux.

De nombreux types de protections solaires existent, elles sont classées de deux manières différentes, soit en fonction de leur position par rapport au vitrage (intérieure, en interface ou extérieure), soit de leur mobilité ; on distingue alors, les protections permanentes (vitrages spéciaux, films autocollants), fixes (auvents, avancées architecturales), mobiles (stores extérieurs, volets). Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante.

I.5.5. Contrôler :

Pour éviter la pénétration excessive de lumière naturelle dans le bâtiment qui peut être une cause de gêne visuelle il faut qu'elle soit contrôlé par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, bandeaux lumineux ou light shelves, débords de toiture, etc.) associés ou non à des écrans mobiles (volets, persiennes ou stores) ou par des méthodes et des systèmes de gestion de l'éclairage qui fonctionnent de manière automatique ce qui permet une gestion intelligente de l'éclairage dans le bâtiment. ¹¹

Conclusion

Dans sa frange visible, comme dans sa frange invisible, la lumière naturelle présente une grande complexité dans son comportement. L'optique physique traite la propagation de la lumière, ses changements de direction, ainsi que ses interactions avec la matière et les effets qui en résultent. Ainsi, réflexion, diffusion, absorption... Tous ses phénomènes contribuent à révéler des sensations qui nous permettent de qualifier l'espace que nous traversons.

¹¹ **Suzel BALEZ.** L'éclairage naturel, Deuxième partie : Stratégies et prédétermination. 2007.

Introduction :

En éclairage, il existe des recommandations et des normes indiquant des taux d'éclairages minimums pour chaque activité reposant sur une tâche visuelle précise. Dans le cas des musées, les normes existantes font référence à des taux d'éclairages maximums pour la conservation de la plupart des œuvres. Dans certains cas, les niveaux d'éclairage nécessaire pour assurer un bon confort visuel sont largement au-dessus du seuil critique pour la sécurité des œuvres.

Il nous importe donc, à travers ce chapitre, de déterminer les exigences en matière de lumière, relatives à une bonne conservation et une bonne présentation des œuvres d'art, ainsi que le type de lumière et les dispositifs utilisés dans ce type de lieu.

I. L'ambiance lumineuse :

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 plusieurs facteurs tel que : l'éclairage, la luminance et le contraste...etc. Quand ils se regroupent dans un espace architectural avec la présence d'une activité, ils le donnent une ambiance¹.

Un projet est esquissé La lumière, selon la nature et le besoin de l'ambiance qui peut être, analysé selon ses différentes fonctions : Utilitaire, Signalétique, Esthétique et Sensorielle², et qualifiée de plusieurs manières, positives ou négatives, Elle peut être agréable, conviviale, chaleureuse, douce comme elle peut être aigre, dure, triste, angoissante.

I.1.Définition :

Selon l'association française de l'éclairage (AFE) l'ambiance lumineuse est un éclairage considéré sous l'aspect de ses effets physiologiques et psychologiques³. Alors, dans un espace donné, la lumière et l'obscurité interagissent avec l'individu : Physiologiques, psychologiquement et culturellement.

¹ SARAOU, Selma.2012. A la recherche d'une topologie lumineuse de l'espace architectural. Cas des musées. [En ligne]. 393. Thèse de master. Faculté des Sciences et de la technologie. Département d'Architecture et technologie. Université Mohamed Khider - Biskra. http://thesis.univ-biskra.dz/2304/1/M%C3%A9moire_2012.pdf

² NARBONI, Roger et François Jousse. Op. Cit. p 1.

³ KABA, Imen.2012. Lumière naturelle et enseignement de l'architecture cas du système LMD. [En ligne]. 256. Thèse de master. Faculté des Sciences et de la technologie. Département d'Architecture. Université Mohamed Khider - Biskra. <http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/2085>.

En se basant sur la luminosité d'un espace et le rapport entre la lumière et l'ombre, on peut distinguer trois catégories d'ambiances lumineuses⁴ :

- La pénombre : dialogue entre l'ombre et une lumière solide qui la transperce par endroit.
- L'ambiance luminescente : clarté ambiante, omniprésente d'une lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout.
- L'ambiance inondée : exaltation de la lumière qui embrasse tout l'espace.

II. Les éléments architecturaux de la maîtrise de la lumière naturelle :

II.1. La fenêtre :

La fenêtre est un élément fondamental dans la conception : ouverture sur l'extérieur, voie de passage de la lumière et du son, elle est le lien direct qui relie l'intérieur au monde qui l'entoure. Sa forme et sa position dépend de l'éclairage naturel. Elle assure plusieurs fonctions pour l'espace qu'elle crée : Eclairage, Aération et les Vues intérieur extérieur.

La conception des fenêtres est liée à la fabrication du verre, ce dernier se développe avec une telle rapidité que la gamme de vitrage se trouve adaptée à chaque climat et à chaque besoin architectural. Pour choisir le type de vitrage, il faut déterminer les fonctions demandées à ce dernier.

II.1.1. Typologie :

Plusieurs typologies d'éclairage naturel sont identifiées selon que l'ouverture, source de lumière naturelle, est située sur les parois verticales (murs) ou celle horizontaux (plafond) de l'enveloppe.

II.1.1.1. Éclairage latéral :

L'éclairage latérale désigne toute lumière qui arrive frontalement, par l'arrière ou latéralement. Les fenêtres latérales ne voient qu'une partie de la voûte céleste, ainsi et par ciel couvert, ces ouvertures ont des performances lumineuses nettement faibles que l'ouverture

⁴ GALAS, Mohammed Anis. Lumière naturelle en phase de conception : quels outils / méthodes pour l'architecte. [En ligne]. 91. Thèse de master. Designe globale. Université Henri Poincaré (Nancy 1). 2009 http://meurthe.crai.archi.fr/wordpressFr/wp-content/plugins/Lab_BD/media/pdf/memoiregallas.pdf.

horizontale Les ouverture latérale introduit une lumière qui pénètre latéralement, ce qui peut créer l'effet d'éblouissement. Il existe trois types d'éclairages latéraux ⁵:

- La lumière unilatérale : lumière provenant d'un seul côté vertical de l'espace.
- La lumière bilatérale : la lumière provient de deux cotés verticaux de l'espace.
- La lumière multilatérale : espace éclairé par plusieurs ouvertures d'orientations différentes.

L'éclairage latéral est le type le plus utilisé. Il satisfait simultanément, trois besoins fondamentaux en termes de confort, celui de la lumière, de la vue et de la ventilation. (Figure. III.1).

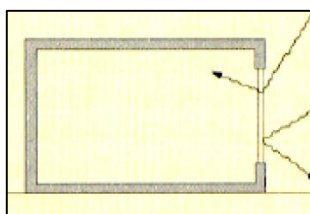


Figure III.1.1 : vitrages prismatiques

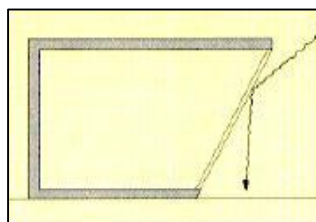


Figure III.1.2 : Vitrage incliné

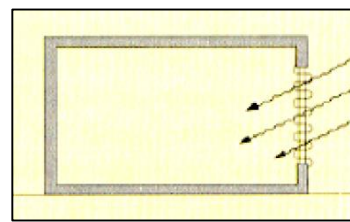


Figure III.1.3 : Isolation translucide

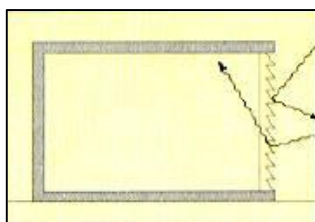


Figure III.1.4 : Verres et dispositifs

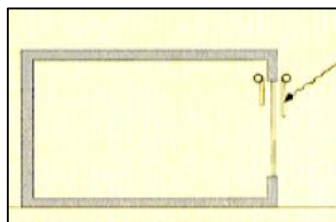


Figure III.1.5 : Occultations Internes /externes

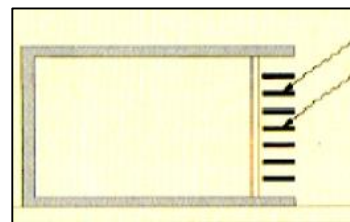


Figure III.1.6 : Brises soleil

Figure III.1 : types d'éclairage latéral

Source : MEDDOUR Samir. 2008

II.1.1.2. Éclairage zénithal :

Les ouvertures zénithales s'ouvrent sur la totalité de la voute céleste, induisant une large pénétration de la lumière diffuse, La conception des dispositifs d'éclairage zénithal est soumise aux conditions particulières d'ensoleillement (latitude, climat et microclimat) afin d'éviter au maximum les risques d'inconfort, pour les édifices à faible hauteur (un à deux niveaux) situés

⁵ KHELFAH, Shéhérazade. Conceptualisation de la lumière : une approche pour la réinvention et la perception des espaces de culte « recherche et action au sein de la mosquée Bilal ibn Rabah à Jijel » 2008. P268. Mémoire de magistère. Architecture. Université de Jijel.

dans des régions à climats tempérés, froids, chauds et secs, il peut s'avérer le type d'éclairage le plus efficace en termes d'énergie⁶.

Il permet, un éclairage horizontal suffisamment intense et uniforme. Il offre une grande liberté au concepteur pour disposer les sources lumineuses, là où il y a besoin et intérêt. L'inconvénient qualitatif majeur de ce type d'éclairage est de limiter considérablement le contact avec l'extérieur et notamment la vue.

II.1.1.3. Eclairage composé :

L'éclairage composé est le résultat de l'association, pour un même local, de sources lumineuses latérales et zénithales. Son intérêt concerne précisément la possibilité de combiner les avantages du zénithal avec celles du latéral tout en réduisant leurs respectifs inconvénients. Par cet agencement de sources de types divers, il est ainsi possible d'obtenir une distribution équilibrée de l'éclairage horizontal réduisant ainsi les effets de contre-jour, et d'éblouissement.

Le schéma classique de l'éclairage composé consiste à disposer une source zénithale en fond de pièce pour compenser les insuffisances en éclairage des ouvertures verticales pratiquées en façade lesquelles ont à leur tour pour fonction, d'éclairer et de permettre un contact avec l'extérieur à la fois.

II.1.2. Morphologie :

Les ouvertures assurant la pénétration de la lumière à l'intérieur d'une conformation architecturale caractérisent sa morphologie. Les dimensions (surface, largeur et hauteur), la forme et le dispositif de protection des ouvertures, leurs positions l'une vis-à-vis de l'autre, sont tous des indicateurs qui dans leurs rapports aux murs de façade, la surface du sol, la surface du mur de la façade et la profondeur de la conformation offrent des indices permettant de mesurer cette composante morphologique⁷. (Tableau. III.01)

⁶ BOUDOUKHA, Ayoub.2015. Analyse de la Symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel. Cas de la cité des 426 lots El Eulma, Sétif. [En ligne]. 142. Thèse de master. Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Université Mohamed Khider – Biskra. http://thesis.univ-biskra.dz/1476/1/Archi_m3_2015.pdf.

⁷ BELAKEHAL, Azzedine. Mise à jour le 05/03/2012. Confort et maîtrise des ambiances (lumière naturelle).in Bruxelles environnement. Brussels. [En ligne]. <http://sites.univ-biskra.dz/belakehal/anciensite/Cours%20S2-7.pdf>.

	Rapport	Qualificatif
La surface absolue	Inférieure à 0,5 m ²	Petite
	Entre 0,5 et 2 m ²	Moyenne
	Supérieure à 2 m ²	Large
La Forme	H/L = ½	Horizontale
	H/L= 2	Verticale
	½ à 2	Intermédiaire
Surface fenêtre /surface sol	Inférieur à 1 %	Très faible
	1 à 4 %	Faible
	4 à 10 %	Moyen
	10 à 25 %	Grand
	Supérieur à 25 %	Très grand

Tableau. III.1 : morphologie des fenêtres

Source :< <http://univ-biskra.dz/belakehal/anciensite/Cours%20S2-7.pdf>>

II.2. Les parois opaques :

La paroi opaque est la composante qui constitue la majorité de bâtiment, donc il est important de comprendre comment le rayonnement se comporte avec elle.

La densité de flux qui atteint une paroi, dite flux incident, (qui provient directement du soleil, il est relatif à la hauteur de cette dernière, et de l'angle d'exposition de la paroi à l'instant considéré, provient de trois composantes : la composante directe, la composante diffuse et la composante réfléchie.

- La quantité et la direction de la composante réfléchie, dépend de la texture de la paroi, et sa couleur dépend de, la couleur de la lumière incidente, la texture et couleur de la surface.
- La texture et la surface de la paroi conditionne le type de réflexion. Si la surface est mate (obscur), la réflexion est diffuse, identique dans toutes les directions. Si la surface est polie (mince), la réflexion est spéculaire, dans une direction symétrique à la direction incidente.

- Entre la réflexion spéculaire (aussi appelée régulière) et la réflexion parfaitement diffuse, il existe des cas intermédiaires. Il s'agit des matériaux qui dispersent la lumière de manière étroite, plus large ou complexe.

II.3. Les parois transparentes :

Les surfaces vitrées ont des propriétés de transmettre totalement le rayonnement visible⁸.

La lumière qui rencontre un vitrage est transmise, absorbée et réfléchiée, selon des proportions qui dépendent en grande partie du type de vitrage et de l'angle d'incidence du rayon solaire sur la vitre. D'une part, le choix du vitrage influence non seulement la lumière transmise mais aussi les gains solaires et les pertes de chaleur au travers de la fenêtre.⁹ (Figure. III.2).

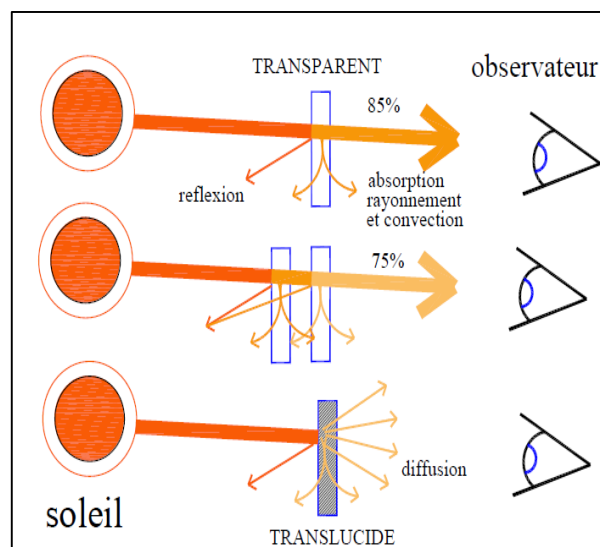


Figure III.2 : Absorption, transmission et réflexion du flux solaire par le vitrage

Source : < Source : <http://audience.cerma.archi.fr>>

III. Le confort visuel :

Le confort visuel a une forte influence sur l'individu tant au niveau physiologique que psychologique.

III. 1. Définitions :

Sensation de satisfaction et de bien-être par rapport à l'ambiance lumineuse naturelle ou artificielle fournie dans un local et permettant d'effectuer les tâches qui s'y déroulent normalement¹⁰.

⁸ Melle BENHALILOU Karima. Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment cas du climat semi-aride, [En ligne], université de Mentouri Constantine. 2008, <http://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN5278.pdf>,

⁹ Mr. MEDDOUR Samir. 2008. op. cit, p53.

¹⁰ Magali BODART. Formation 2013 Bâtiment Durable SANTE ET CONFORT : Bruxelles Environnement.in Bruxelles environnement. Brussels. 2013. [En ligne]. http://www.environnement.brussels/uploadedfiles/Contenu_du_site/Professionnels/Formations_et_s%C3%A9mi

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.

III. 2. Les paramètres du confort visuel :

Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques : l'éclairage, 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. Le confort visuel est une sensation totalement subjective, qui doit assurer à la fois :

- La visibilité des objets.
- La visibilité des obstacles.
- La bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle
- Une ambiance lumineuse agréable.

III.2.1. Absence d'éblouissement :

L'éblouissement résulte d'une luminosité très intense de surface placée dans la direction de la vision, il y a deux types d'éblouissement :

- Eblouissement direct : produit directement par ma source lumineuse dans le champ visuel.
- Eblouissement indirect : provient d'une réflexion de source lumineuse sur une surface brillante.

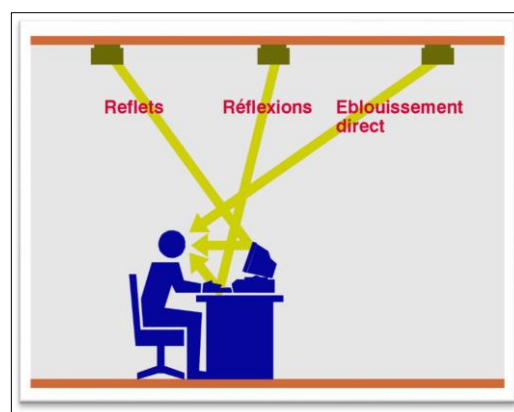


Figure III.3 : Eblouissement direct et éblouissement par réflexion.

Source : energie2.arch.ucl.ac.be.

Les mesures à prendre pour éviter l'éblouissement sont ¹¹:

- Protection antisolaire, à l'extérieur.
- Protection contre l'éblouissement, à l'intérieur ou à l'extérieur.
- Surfaces mates.
- Position correcte de l'éclairage complémentaire.

III.2.2. Absence d'ombres gênantes :

Il est recommandé de libérer le champ de la source lumineuse de tous obstacles qui risquent de créer un ombre gênant. Un certain degré d'ombrage est souhaitable afin de pouvoir différencier des objets ou autres dans la pièce. Les mesures pour obtenir un ombrage d'une certaine plasticité par éclairage latéral sont :

- Protection antisolaire.
- Protection contre l'éblouissement (également au Nord).
- Distribution équilibrée de la lumière du jour.
- Pas d'éblouissement direct.
- Façade différenciée ou échelonnée.

Les mesures pour obtenir un ombrage d'une certaine plasticité pour éclairage zénithal sont :

- Filtrer la lumière incidente au niveau du bord inférieur des lanterneaux par des matériaux transparents, grilles ou autres.
- Éclairage complémentaire (EC).
- Surfaces claires et mates en combinaison.

¹¹ Ernst Neufert. Op. Cit. p. 133.

III. 2.3. Uniformité de la répartition de la lumière :

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.

III.2.4. Niveau d'éclairage :

Chaque activité nécessite un certain niveau d'éclairage, plus la difficulté pour la perception visuelle est importante, plus le niveau moyen d'éclairage devrait être élevé, et un niveau d'éclairage minimum est nécessaire pour une vision claire et sans fatigue. 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, il faut tenir compte les coefficients de réflexion dans le choix de l'éclairage des surfaces, (il est souhaitable que ces surfaces ont le même niveau d'éclairage)

III.2.5. Couleur et rendu de la lumière :

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, qui est constitué par le mélange des diverses radiations

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. Tout corps coloré réfléchit sélectivement les radiations colorées, en effet, Le système

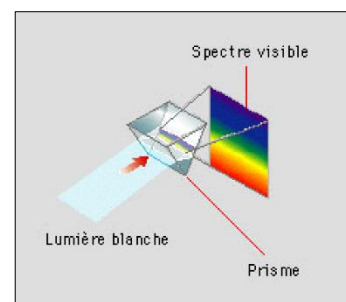


Figure.III.4 :

Décomposition de la lumière blanche.

Source : Wikipédia.

visuel regroupe les différentes radiations réfléchies et donne une sensation de couleur. La couleur perçue est intimement dépendante du spectre lumineux émis

- Une lumière «chaude» (température de couleur faible) est agréable si le niveau d'éclairage reste modéré
- Une lumière «froide» (température de couleur élevée) est agréable si le niveau d'éclairage est élevé

IV. Eclairage des musées :

« Malgré les désirs tant du public que des conservateurs de musée, l'utilisation de la lumière naturelle comme source d'éclairage principale des galeries, a souvent été mise en question voire éliminée ces dernières années. Les raisons n'étaient généralement pas économiques, mais reflétaient plutôt des préoccupations d'efficacité de présentation et de conservation des œuvres d'art »¹².

IV.1. Qualité d'observation :

IV.1.1. Niveau d'éclairage disponible :

La lumière est l'un des agents importants de la détérioration des collections. Cette détérioration est en fonction du trois facteurs suivants :

- Nature des collections.
- Composition spectrale de la source lumineuse.
- Niveau d'éclairage et durée d'exposition¹³.

¹² ENSAS. Mise à jour le 05/03/2012. DeLumine7 : *Evaluation des performances de la lumière du jour dans les musées.in Strasbourg école d'Architecture.* [En ligne]. https://www.strasbourg.archi.fr/sites/default/files/plaquettes/2015_DeLumine7.pdf.

¹³ Muséofiches. Direction des Musées de France. Paris. 1993

Catégorie	Type	Eclairage (lux)
Œuvres sur papier	Œuvre sur papier avec techniques de coloration, Support dégrade, Tirage photos, Diapositive.	50
	Œuvre sur papier en noir et blanc seulement, photos en noir et blanc.	100 lux
Peintures	Peintures minces sur toiles, aquarelles gouaches, miniatures.	50 lux
	Huiles et tempera.	150 à 200 lux
Objets	Objets peints, surfaces polychromes, meubles, tapisseries, verts instables.	50 lux
	Objets en cuir et en bois.	200 lux
	Objets en matière inorganique sans surfaces peintes comme la pierre, la céramique ou le métal.	1000 à 2000 lux

Tableau III.2 : recommandations de valeurs d'éclairage

Source : <https://www.strasbourg.archi.fr/sites/default/files/plaquettes/2015_DeLumine7.pdf>

IV.1.2. Rendu des couleurs :

Une source qui émet dans toute l'étendue du spectre visible est caractérisée généralement par un indice de rendu des couleurs élevé ($R_a > 90$) : Toutes les couleurs seront mises en valeur.

Une source qui n'émet pas un groupe de longueur d'onde particulier ne pourra pas rendre fidèlement la couleur correspondant à ces longueurs d'onde : son indice de rendu des couleurs sera faible ($R_a < 60$)¹⁴. (Figure III.5)



Figure III.5 : Illustration schématique de rendu des couleurs

Source : Jean-Jacques Ezrati, Passé, présent et futur des diodes électroluminescentes en éclairage muséographique ; Comité de conservation de l'ICOM, 2008

IV.1.3. Absence de reflets :

De manière générale, lorsqu'il s'agit de tableaux ou autres objets en deux dimensions, l'accrochage pose des problèmes de reflets. (Figure III. 6) Pour les éviter, trois solutions existent

- Placer les expôts de façon perpendiculaire à la source de lumière naturelle
- Incliner les expôts vers le bas
- Placer la source d'éclairage selon un angle de 60° avec l'horizontale, à la hauteur de l'œil du visiteur

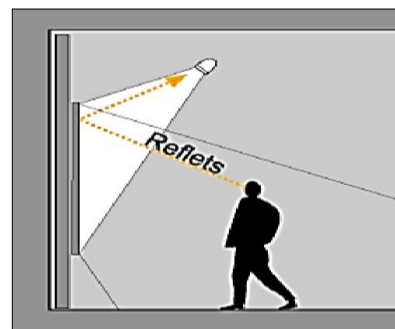


Figure III.5 : les reflets

Source : Jean-Jacques Ezrati

IV.2. Eclairage d'exposition :

IV.2.1. Éclairage et signification :

L'éclairage, comme élément de la muséographie, peut être assimilé à un langage, qui, tels les autres éléments, remplit les critères d'un système sémiotique. On peut donc prendre en compte un ensemble de variables lumineuses, qui combinées entre-elles, formeront les unités significatives de ce langage

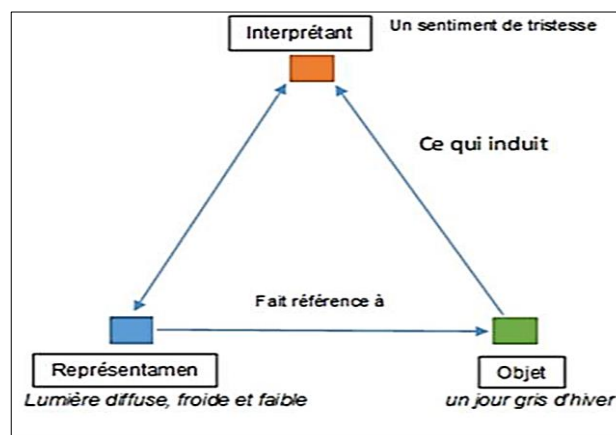


Figure III.6 : L'éclairage comme signe

Source : Jean-Jacques Ezrati

Passé, présent et futur des diodes électroluminescentes en éclairage muséographique ;
Comité de conservation de l'ICOM, 2008

- La température de couleur (blanc chaud ou froid)
- L'intensité (l'éclairement ou la luminance)
- La chroma (teinte et saturation)
- La forme (nette ou floue de la tache)
- La texture (douce ou dure)

- La direction (l'ombre)
- La dimension (surface de la tache)
- L'implantation (l'emplacement de la tache)
- Le contraste (entre l'objet et son fond)
- Le mouvement (variations d'intensité, de couleur, de direction, etc.).

IV.2.2. L'éclairage et conservation :

Il est essentiel de soigner l'exposition et de respecter le public, mais il est tout aussi important de veiller à la conservation des témoins matériels dont nous avons la charge afin de les transmettre aux générations futures dans le meilleur état possible. Pour prendre en compte l'éclairage dans le cadre de l'exposition, il faut :

- Connaître la sensibilité à la lumière des objets exposés.
- Connaître les caractéristiques des sources de lumière utilisées.
- Maîtriser les techniques de l'éclairage.

IV.2.2.1. Sensibilité des matériaux aux rayonnements optiques :

Certains matériaux sont plus sensibles que d'autres, notamment ceux d'origine organique. Un objet est souvent composite (dessin ou gravure sur papier avec une encre métallique...), et a subi des traitements qui peuvent influencer sur sa résistance

IV.2.2.2. Maîtrise des techniques :

Connaissant les caractéristiques spectrales, spatiales et énergétiques d'une source, il est alors possible d'apporter les actions correctives suivantes :

- Suppression du rayonnement ultraviolet.
- Réduction du rayonnement infrarouge.

- Contrôle du rayonnement visible.

IV.3. La lumière diffuse :

La lumière diffuse a des origines variées. Elle peut provenir directement de la voûte céleste, de la réflexion du rayonnement solaire direct par une surface (velarium, etc....)¹⁵. Cela se traduira par différentes formes de dispositifs. Généralement dans les espaces d'expositions on parle de la lumière diffuse. La lumière solaire directe tranche, interprète l'objet, la sculpture à sa manière : créer des Contrastes forts, des ombres marquées, nettes, noires, révèle ou non la texture, souligne des Détails, en gomme d'autres, C'est une lumière « subjective ».

La lumière diffuse est au contraire nuancée : on peut moduler son intensité, créer une Ambiance « dégradée » en intensité. La lumière portée sur l'objet sera beaucoup moins Sélective qu'avec de la lumière directe, la moins sélective étant la lumière diffuse uniforme,

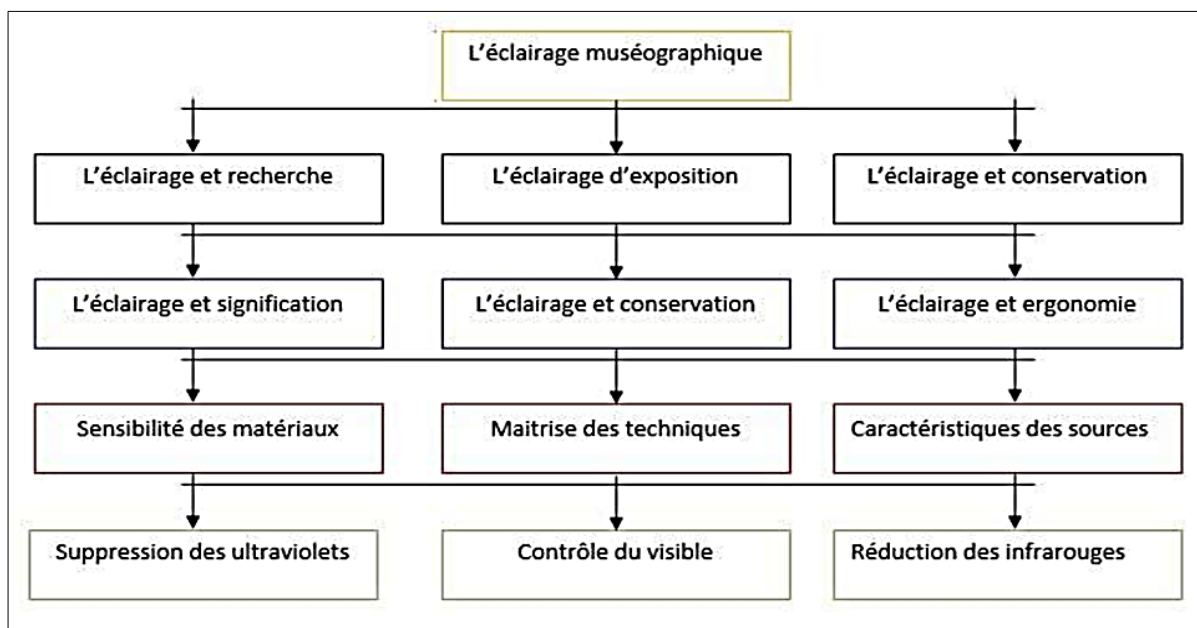


Figure III.7 : Schéma représentatif des composants de l'éclairage muséographique.

Source : Jean-Jacques Ezrati, Passé, présent et futur des diodes électroluminescentes en éclairage muséographique ; Comité de conservation de l'ICOM, 2008

permet les autres Caractéristiques de l'éclairage uniforme pour un objet donné :

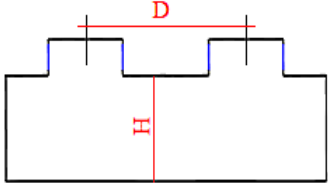
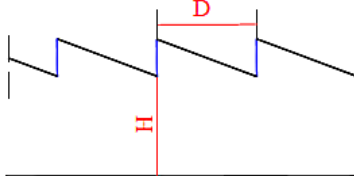
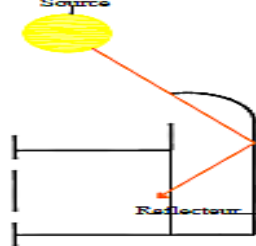
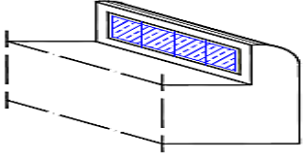
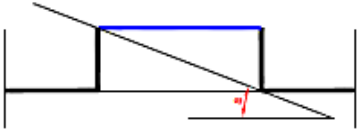
- Les faces de l'objet sont également éclairées.
- Pas d'ombre portée, ombres propres peu marqués.

¹⁵ MEDDOUR Samir. 2008. Op. cit. P 71.

- Pas de contraste.
- L'objet pourra être placé indifféremment dans l'espace.

IV.4. Les dispositifs d'éclairage naturel par prise de jour en toiture :

L'ambiance lumineuse d'un espace éclairé par le haut sera diffusée si le rayonnement solaire direct est contrôlé. Il existe plusieurs dispositifs d'éclairage naturel par prise de jour en toiture utilisés dans des espaces d'exposition pour l'obtention de cette qualité lumineuse.

Les dispositifs	Types	Illustration
Les dispositifs non zénithaux	<p>Les toitures à lanterneaux : Il y a homogénéité de l'éclairage si (D) est $\leq 1,5$ (H). Le problème du contrôle du rayonnement solaire direct se posera donc pour toutes les orientations, sauf pour le nord.</p>	
	<p>Toitures sheds : L'ambiance lumineuse est diffuse si le vitrage est orienté au nord aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord. Il y'a homogénéité de l'éclairage si $D \leq 1,5H$</p>	
	<p>Dispositif indirect ponctuel : Il est possible de moduler l'intensité de la lumière en augmentant ou diminuant la portion vitrée.</p>	
	<p>Dispositif indirect en bande : L'intérêt de ce système est qu'il limite, quelle que soit l'orientation, la pénétration des rayons solaires directs.</p>	
Les dispositifs zénithaux	<p>Dispositif zénithal ponctuel : Le dimensionnement de ce type de conduit se fait par rapport à la hauteur maximale du soleil au lieu considéré.</p>	

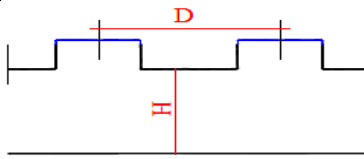
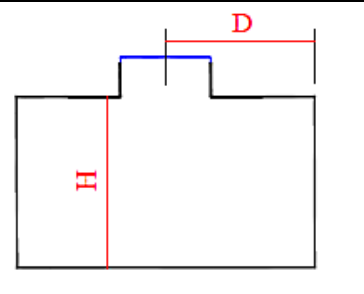
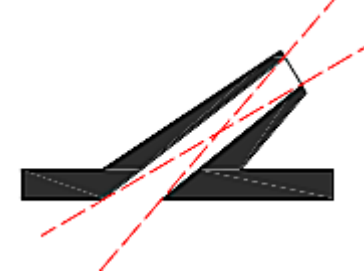
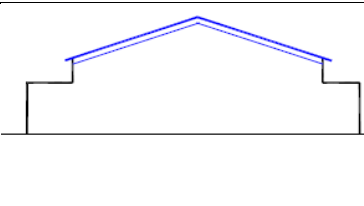
	<p>Dispositif zénithal répétitif : La lumière est homogène si $D \leq 2H$.</p>	
	<p>Dispositif zénithal en bande : Le contrôle du rayonnement solaire peut être traité de la même manière que pour les lucarnes et les dômes ($h=2,14$ l pour la latitude de Strasbourg), mais le dispositif étant en bande il serait nécessaire de prévoir des pare-soleil transversaux.</p>	
	<p>Le canon à lumière : C'est un dispositif permettant de viser une portion restreinte de voûte céleste. Cela permet d'accepter les rayons solaires directs dans l'espace d'exposition de manière très localisée.</p>	
	<p>La verrière : Le problème du rayonnement solaire direct est traité par l'utilisation d'un matériau diffusant la lumière (verre feuilleté).</p>	

Tableau III.3 : dispositifs d'éclairage naturel par prise de jour en toiture

Source : Mr. MEDDOUR Samir. 2008

Conclusion :

Dans un musée l'éclairage et un moyen d'expression, Il est important de conserver les œuvres transmet aux générations futures dans le meilleur état possible. Et pour prendre en compte l'éclairage dans le cadre de l'exposition, il faut prendre en compte la sensibilité objets exposés à la lumière, les caractéristiques des sources de lumière utilisées et les techniques de l'éclairage dans un musée. L'utilisation de lumière naturelle et artificiel besoins des matériaux spécifiques pour la protection des objets.

La lumière est un matériau qui doit être maîtrisé pour répondre aux exigences d'un espace tel que le musée, elle doit être capable de donner les réponses adéquates aux problèmes posés par une exposition.

Introduction

Le confort visuel c'est une notion essentielle dans la conception architecturale dans le but d'avoir des espaces idéals. Ce dernier est lié à la lumière naturelle.

Afin d'atteindre un bon confort visuel les chercheurs du domaine sont orientés vers des logiciels de simulations de la lumière pour assurées une bonne optimisation de la gestion et d'orientation de la lumière naturelle dans les diverses infrastructures projetées.

Ce chapitre vise à définir les outils de simulations dans le domaine de la conception en éclairage naturel ainsi que les différentes techniques architecturales permettant d'optimiser ce type d'éclairage pour les besoins énergétiques et d'éclairéments.

I. L'optimisation :

I.1.Définition : Optimisation ou optimalisation :

L'action d'optimiser ou d'optimaliser, fait d'être optimisée ou optimalisé. C'est une démarche consistant à rendre optimal le fonctionnement d'un système. ¹

Rendre optimal, donner à quelque chose les meilleures conditions d'utilisation, de fonctionnement, de rendement.

I.2.Principes :

Déterminer la forme et la surface des ouvertures, ainsi que les aménagements intérieurs pour maximiser le confort lumineux et l'utilisation de la lumière naturelle.

La sensation de confort est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustique, la qualité de l'air et la qualité lumineuse des espaces. Cette dernière provient de l'adéquation entre l'activité définie d'un local, la quantité de lumière, et la qualité de cette lumière : sa couleur, sa variabilité, les contrastes plus ou moins fort qu'elle crée, etc. Vu cette multiplicité de facteur, on ne peut pas « mesurer le confort ».

Dans une démarche de construction ou de rénovation durable, on privilégiera l'utilisation de la lumière naturelle à la place de l'éclairage artificiel. La qualité « spectrale » de la lumière naturelle ainsi que sa variabilité et ses nuances offrent une perception optimale des formes et des couleurs. L'éclairage artificiel doit être donc considéré comme un complément à la lumière naturelle.

Pour le concepteur, la plus grande difficulté sera de s'assurer que son projet offre un niveau d'éclairément naturel suffisant pour une période maximale au cours de l'année.

¹ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/optimalisation/56253>.

➤ Objectifs :

- A éviter : Les locaux sans éclairage naturel.
- Minimum : une surface vitrée correspondant à 1/5 de la surface planchée dans les locaux habitables et à 1/12 de la surface plancher si les surfaces éclairantes sont dans les versants de toiture.²

I.3. Comment Optimiser :

Des mesures doivent être prises aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

I.3.1. Programmation :

L'agencement des espaces doit être tel que chaque local bénéficie d'un éclairage naturel, en ce compris les locaux de circulation.

I.3.2. Esquisse :**I.3.2.1. Dimension des ouvertures :**

Sans tenir compte de l'ensoleillement direct, et donc indépendamment de l'orientation, on considère qu'une pièce est correctement éclairée jusqu'à une profondeur de 2,5 à 3 fois la hauteur du linteau. D'autre part, une surface éclairante équivalente à 1/5 de la surface planchée.

I.3.2.2. Position des ouvertures :

Plus une ouverture n'est haute, mieux le fond du local est éclairé naturellement. Une zone d'ombre est néanmoins créée le long de l'allège. La combinaison d'un « Cleres tory » (fenêtre dont le seuil est au-dessus du niveau de l'œil) et d'une fenêtre « classique » permet un éclairage optimal.

I.3.2.3. Forme des ouvertures :

La forme de l'ouverture permet d'augmenter le confort visuel en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombres. Voici différents exemples de conception allant dans ce sens.³

I.3.3. Avant-projet :

I.3.3.1. Matériau de transmission : On choisira des vitrages dont la transmission lumineuse est maximale.

² **Bruxelles environnement**, « optimiser l'éclairage naturel, Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments », recommandation pratique css06, institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, juillet 2010, page 1.

³ **Bruxelles environnement**, « optimiser l'éclairage naturel, Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments », recommandation pratique css06, institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, juillet 2010, page 7.

Type de vitrage	Transmission lumineuse [%]
Simple vitrage clair	90
Double vitrage clair	81
Double vitrage clair basse émissivité	78
Double vitrage clair absorbant	36 à 65
Double vitrage clair réfléchissant	7 à 66
Triple vitrage clair	74

Tableau IV.1 : les matériaux de revêtements conseillé (source : guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments réadapté par l'auteur.

I.3.3.2. Matériau de revêtement :

Des revêtements muraux et de plafond de teinte claire rendent la pièce plus lumineuse. Les facteurs de réflexion conseillés sont les suivants : ⁴

les matériaux	Facteur de réflexion conseillé
Plafond	0,7 à 0,85
Mur proche des sources lumineuses	0,5 à 0,7
Autre mur	0,4 à 0,5
Sol	0,1 à 0,3
Surface supérieure des tables de travail	0,4 à 0,5
Meubles	0,3 à 0,5

Tableau IV.2 : facteur de réflexion conseillé des matériaux.

II. Technique d'optimisation de l'éclairage naturel :

II.1. Baies vitrées :

Les baies vitrées sont les plus complexes et les plus coûteux composants du Bâtiment en raison du grand nombre de rôles contradictoires qu'elles Doivent jouer :

- Éclairage mais occultation, vue vers l'extérieur mais recherche d'intimité
- Pénétration du soleil mais protection solaire étanchéité mais ventilation... ⁵ (figure 01)

⁴ **Bruxelles environnement**, « optimiser l'éclairage naturel, Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments », recommandation pratique css06, institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, juillet 2010, pages 8,9

⁵ **David RODITI**, « Ventilation et lumière naturelle », éditions EYROLLES, paris, juin 2011, page 71

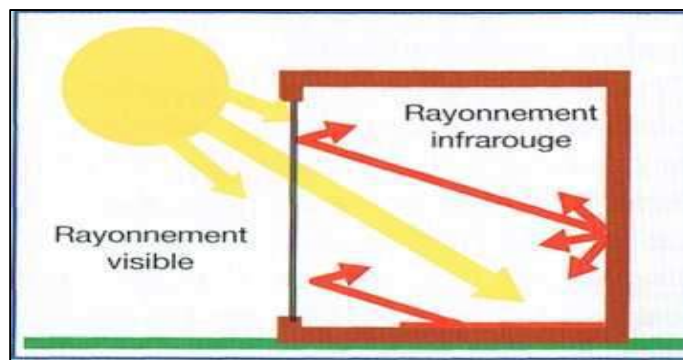


Figure IV.1 : l'utilisation de l'effet de serre.
Source : livre Ventilation et lumière naturel.

II.2. Stores volets et brise-soleil :

II.2.1. Volets isolants intérieurs :

L'idée d'ouvrir la façade sud au maximum est excellente pour bénéficier des apports solaires en hiver, mais le contrôle de l'ensoleillement est souvent complexe.

Une solution intéressante consiste à utiliser des volets intérieurs. Plusieurs maisons solaires passives ainsi que des bâtiments scolaires et universitaires ont été construits dans les Pyrénées- Orientales avec des volets isolants intérieurs (Figure IV.2).



Figure. IV .2 : Utilisation des volets intérieurs pour le captage et la protection solaire.
Source : Mimi Tjoja architecte.

II.2.2 Stores à lamelles :

Généralement, les stores à lamelles offrent la meilleure protection solaire. Leur mobilité autorise toutes les possibilités de contrôle :

- 1) Escamotés, ils ne gênent pas la pénétration du rayonnement solaire ;
- 2) Descendus avec les lamelles en position horizontale, ils favorisent la répartition de la lumière naturelle.
- 3) Fermés, ils peuvent occulter la surface vitrée.⁷(Figure IV.3)

⁶ David RODITI, « Ventilation et lumière naturel », éditions EYROLLES, paris, juin 2011, page 78-79.

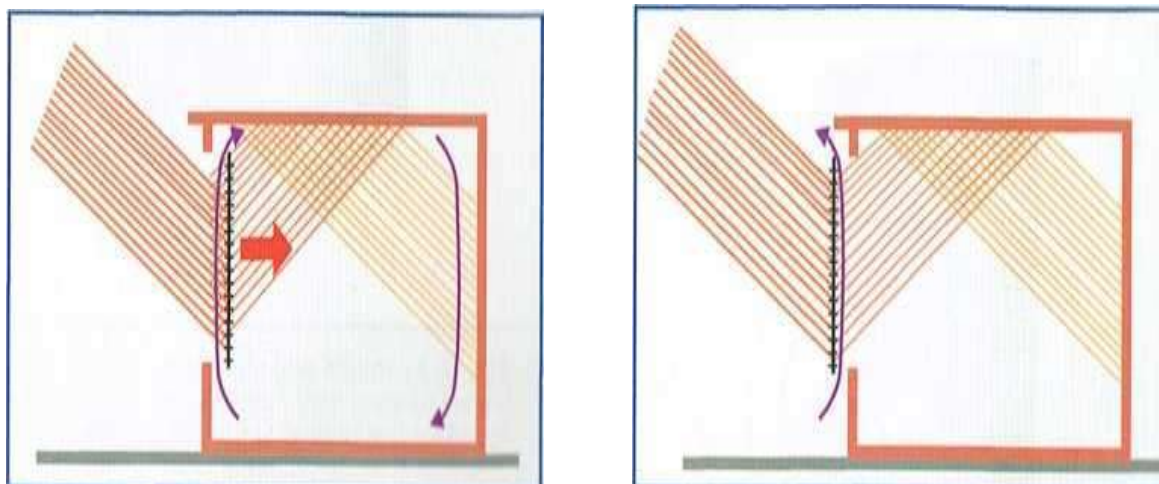


Figure IV.3 : Fonctionnement des stores à lamelles extérieures et intérieurs au plan thermique.

Source : livre Ventilation et lumière naturel.

II.2.3. Brise-soleil :

Le brise-soleil fait partie du traitement architectural des façades. En général, c'est un dispositif fixe ou mobile qui permet la pénétration des rayons du soleil en hiver et crée de l'ombre en été sans empêcher la circulation de l'air. Dans certains cas, il filtre la lumière du jour comme un moucharabieh dans l'architecture arabe traditionnelle.⁸ (Figure IV. 4)

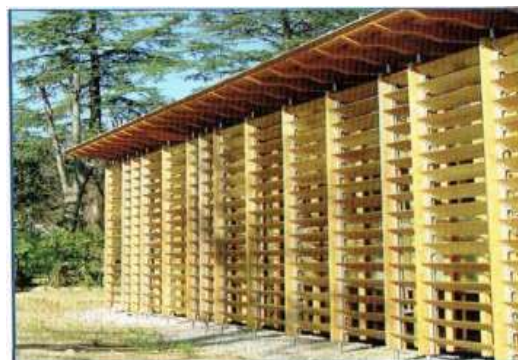


Figure IV.4 : Brise-soleil réalisés avec des lames de bois pivotantes. Centre transfrontalier d'étude Pau-Casals (Prades). Les lames sont inclinées automatiquement suivant la température ambiante intérieure.

II.2. Dispositifs de l'éclairage zénithal :

L'éclairage en provenance d'une ouverture située en toiture est nettement plus efficace que celui d'une fenêtre de même surface en façade. Il est donc recommandé de prévoir des dimensions plus modestes dans le premier cas que dans le second. Les fenêtres en toiture doivent être ouvrantes et équipées d'un store de protection solaire. Les fabricants connaissent ces problèmes et ils ont conçu une



Figure IV.5 : Verrière sur une cour intérieure ouverte à l'origine, à Perpignan.

Source : livre Ventilation et lumière naturel.

⁷ David RODITI, « Ventilation et lumière naturel », éditions EYROLLES, paris, juin 2011, page 81.

⁸ David RODITI, « Ventilation et lumière naturel », éditions EYROLLES, paris, juin 2011, page 84.

gamme d'accessoires pour contrôler les apports solaires et la ventilation. (Figure IV.5) Les différentes solutions techniques (sheds, dômes, verrières, par fibres optiques ...) décrites sont classées de la plus satisfaisante à la moins favorable.

II.2.1. Les sheds :

C'est la meilleure solution pour l'éclairage naturel. Les sheds permettent de concilier un éclairage suffisant, homogène et une limitation des apports solaires. Le vitrage sera orienté au nord. Ils peuvent être verticaux, inclinés à 45 °- 60 ° par rapport à l'horizontale.

Plus le vitrage se rapproche de la verticale, plus sa surface doit être importante pour un facteur de lumière du jour directe équivalent. Il est donc plus économique d'avoir un vitrage incliné qui évitera aussi le rayonnement direct sur le poste de travail. Une inclinaison de 60° permet d'éviter totalement ce rayonnement, même en été. Une inclinaison de 45° est acceptée mais elle est moins favorable à cause du rayonnement direct du soleil au zénith en été.

Une répartition des sheds sur toute la toiture permet une homogénéité de l'éclairage. Près des murs, dans le sens de la longueur, l'éclairage est plus faible et l'on doit compenser par des vitrages latéraux.

Autres dispositifs du type de sheds : les mini sheds, les sheds- lanterneaux. Ces dispositifs évitent l'ensoleillement direct, la partie vitrée étant dirigée vers le nord. Ils ont les avantages des sheds pour un prix et un poids équivalents à ceux d'un lanterneau ou d'une coupole. Le vitrage est incliné de 80 ° à 45 ° par rapport à l'horizontale, selon les modèles. Ils peuvent intégrer une fonction aération et désenfumage (Figure IV.6).

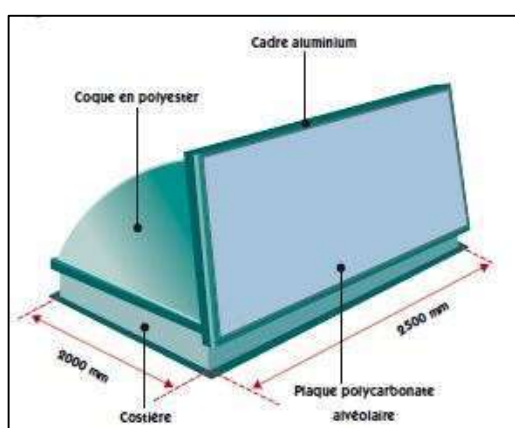


Figure IV.6 : un mini shed

Source : www.inrs.fr.

II.2. 3. Les verrières :

L'architecture moderne utilise abondamment les verrières (exemple, les pyramides), notamment pour les halls d'accueil. Cette solution présente de nombreux inconvénients,

notamment un apport solaire important, lié à la surface de ces verrières et une difficulté de nettoyage (extérieur et intérieur).⁹(Figures IV.10.7)

Cette idée de l'éclairage zénithal se retrouve chez Renzo Piano dans son musée de Beyeler, Bâle où les salles d'expositions possèdent un éclairage naturel zénithal. Celui-ci est assuré par un système complexe fonctionnant comme un véritable filtre à lumière. La partie supérieure de la verrière est composée des plaques inclinées en verre émaillé. La partie inférieure est constituée de panneaux translucides permettant un éclairage homogène. Entre deux, un vide d'air praticable pour la maintenance intègre des volets inclinables et l'éclairage artificiel. Ceux-ci permettent d'assurer des conditions d'éclairage homogène.¹⁰

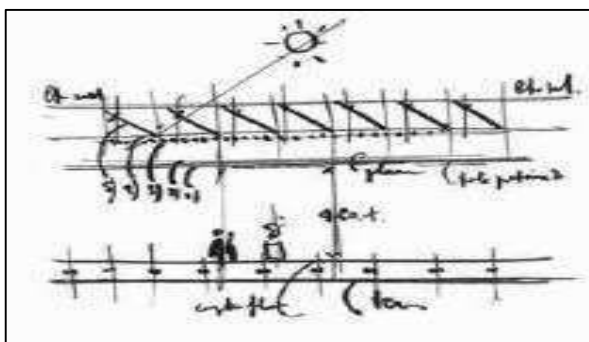


Figure IV.8 : Esquisse de Renzo Piano de 1993 pour la conception du système d'éclairage naturel
Source : ROBERTO GONZALO



Figure IV. 9 : Protection solaire extérieure par des panneaux de verre émaillés et inclinés
Source : ROBERTO GONZALO

II.2. 2. Les dômes comme autre type des verrières :

Économiques ils ne nécessitent pas de structure lourde et ils permettent d'atteindre l'objectif en termes de facteur de lumière du jour direct avec une surface d'environ 10 % d'indice de vitrage. Cependant, ils n'évitent pas la pénétration solaire et, en conséquence, l'éblouissement. Pour éviter l'éblouissement des opérateurs, les prises de jour ne doivent pas être dans un angle de 30° au-dessus de l'horizontale (figure IV.7).

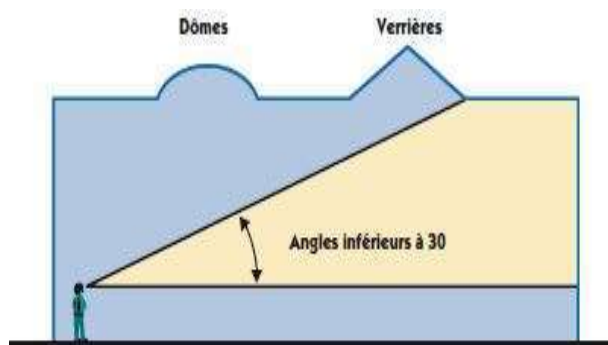


Figure IV.7 : deux types d'éclairage zénithal

Source : www.inrs.fr.

⁹ Site web : www.inrs.fr

¹⁰ ROBERTO GONZALO ; KARL J. HABERMANN, « architecture et efficacité énergétique ; principes de conception et de construction », barkhausie verlag AG, Bale, suisse, 2005, page 194-198

Ceci peut être obtenu en équipant les dômes de costières surélevées et munies de garde-corps.

II.2. 4. Les plafonds diffuseur de la lumière naturelle :

Le désir d'avoir de la lumière du jour, conjuguée à la nécessité d'éliminer les rayons directs du soleil, pourrait suggérer un nouveau dispositif ou il y'a une réponse aux deux exigences. Le puits de lumière et la diffusion de lumière serait des solutions évidentes. Toutefois, les exemples ne sont pas nombreux, et dans certains cas, où la conception première était la lucarne, il y'a eu une transformation totale en un plafond totalement vitré (Figure IV.10).

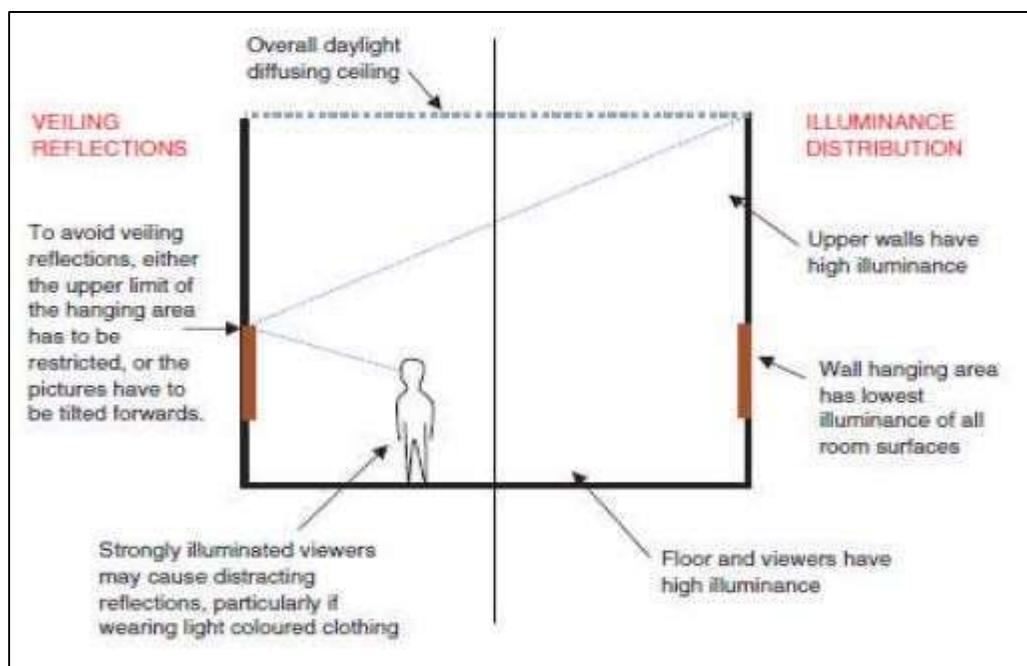


Figure IV.10 : Les plafonds diffuseurs de la lumière du jour

Source : Cuttle C 2007.

Le musée métropolitain de l'art, New York, a installé un grand dispositif d'éclairage plafonnier pour la Galerie André Meyer lors de l'exposition des peintures européennes au XIXe siècle. Le plafond composé de 0.06 mm cavié de verre en panneaux de plastique prismatique montée de 2-3 m en dessous d'un diffuseur de toit en verre et environ 6 m au-dessus du niveau du plancher. (Figure IV.11).¹¹

¹¹ SARAoui Selma, « A la recherche d'une topologie lumineuse de l'espace architectural. Cas des musées », thèse Magistère, Université Mohamed Khider – Biskra, 2012, page 33.

III.5. Lumière naturelle par fibres optiques :

La société suédoise Parans Solar Lighting a développé un système d'éclairage naturel par fibres optiques. Un capteur de lumière monté sur un socle motorisé est installé en toiture ou en façade. (Figure IV.12)

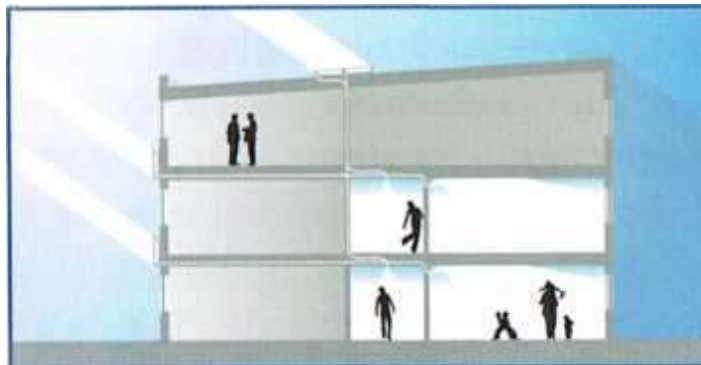


Figure IV.12 : schémas de fonctionnement du système.

Source : livre Ventilation et lumière naturel.

L'ensemble est conçu pour que la surface de captage soit maintenue face au soleil en permanence. La lumière reçue par le capteur est focalisée sur des fibres optiques par des lentilles de Fresnel, puis transmise à l'intérieur du bâtiment. Les fibres optiques sont reliées à des diffuseurs qui se présentent comme des spots orientables, l'avantage de la transmission de la lumière par fibres optiques réside dans le fait que des câbles composés de nombreuses fibres peuvent suivre un parcours horizontal ou vertical à travers un bâtiment comme un réseau électrique. Les coudes ou la distance parcourue ont peu d'effet sur la luminosité.¹²



Figure IV.13 : Capteurs de lumière montés en toiture.

Source : © Parans Solar Lighting.



Figure IV.14 : Diffuseur de lumière naturelle.

Source : © Parans Solar Lighting.

¹² David RODITI, « Ventilation et lumière naturel », éditions EYROLLES, paris, juin 2011, pages 88-90.

IV. Les outils de simulation :

Il existe différentes méthodes de prédétermination de la lumière naturelle. On peut les classer selon trois catégories principales :

- Méthodes numériques (informatiques) : qui utilisent les procédures de la géométrie algorithmique et de la synthèse d'image.
- Méthodes analogiques : qui reproduisent par des dispositifs mécaniques ou optiques les positions relatives de la Terre et du soleil et l'ensoleillement résultant,
- Méthodes graphiques : qui mettent en œuvre les techniques de projection géométrique au trait en deux dimensions. ¹³

➤ **Optimisation numérique de la lumière naturelle :**

Les méthodes de simulation informatique ont été développées à partir des équations préexistantes d'un espace. Elles procurent la facilité recherchée dans l'évaluation de l'impact d'une modification de géométrie, d'orientation ou de couleur.

Les programmes de simulation de l'éclairage naturel ont pris un essor considérable ces dernières dix années. Ce développement est lié aux progrès importants réalisés dans le domaine informatique.

Les techniques de "lancer de rayon" et de "radiosité" utilisées au départ pour la réalisation de modèles différents semblent assez bien se compléter et il s'avère actuellement que les développeurs s'orientent vers la combinaison de ces deux méthodes dans un même outil.

IV.1. La classification des outils :

Ces outils peuvent être classés en quatre familles :

- 1) Les logiciels de décision : sont des logiciels dits d'éclairage global. Ils utilisent souvent des algorithmes de calcul physique (en particulier de radiosité et lancer de rayons). (Ex. : Radiance, Génélux)
- 2) Les logiciels de conceptions : Des logiciels basés sur des formules de base de calcul en éclairage naturel ou sur des données empiriques (ou pré-simulées). (Ex. : Dial, Soda light, etc.)
- 3) Les logiciels basés sur les formules de base de calcul de l'éclairage artificiel. Ces logiciels sont souvent distribués par les constructeurs de luminaires et munis de leur bibliothèque de luminaires.
- 4) Les logiciels capables de calculer l'éclairage direct uniquement. Leur objectif est limité à l'amélioration du rendu graphique d'un projet ou au mieux à une étude de taches solaires

¹³ MAHAYA Chafik, « Optimisation de la forme urbaine par l'évaluation du potentiel solaire », thèse magister, Université Mohamed Khider, Biskra, avril 2014, page 57.

(ex. : Archi cad). Cependant, ce type de logiciels devient de plus en plus rare. En effet, vu leurs potentiels, un certain nombre de ces logiciels a été mis à niveau par les développeurs et a passé ainsi à la famille suivante. (Ex. : Micro station et 3D Studio)¹⁴.

IV.2. Domaines d'utilisation des logiciels :

L'utilisation des logiciels de simulation de l'éclairage se généralise de plus en plus dans le domaine de conception en éclairage et au-delà. Ainsi de nos jours ces logiciels sont utilisés aussi bien par des bureaux d'étude du bâtiment et des architectes, que par des développeurs de jeu vidéo. Les applications peuvent être entre autres.

- 1) La conception en éclairage artificiel. Que ce soit pour l'éclairage intérieur des bâtiments, l'éclairage des façades, des monuments, des voiries, des trottoirs, ou l'éclairage des tunnels etc. Elle comprend entre autre le dimensionnement des systèmes, l'analyse du confort visuel et de la consommation etc.
- 2) La conception en éclairage naturel : dimensionnement des ouvertures et des protections solaires, orientation des projets, analyse de l'entrée de la lumière du jour.
- 3) Le rendu et la présentation des projets par les architectes et par les décorateurs d'intérieur.
- 4) La création de scènes de réalité virtuelle pour le monde du cinéma, de la publicité ou des jeux vidéo...
- 5) La conception même des optiques de luminaires ou de phares de voitures.¹⁵

IV.3. L'Ecotect Comme Outil De Simulation :

Ecotect :

Logiciel de simulation complet qui associe un modeleur 3D à des analyses solaires, thermiques et acoustiques.

Ecotect a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, Energie Plus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés.

Or cette volonté d'adaptation aux premières phases de conception est loin d'être définie puisque l'utilisateur est toujours obligé de présenter un modèle 3d avec un certain niveau de détail pour pouvoir le tester. Un avantage majeur de ce logiciel est que ses résultats sont toujours sous formes visuelles (images 3d en fausses couleurs) ce qui correspond aux attentes

¹⁴ **MAHAYA Chafik**, « Optimisation de la forme urbaine par l'évaluation du potentiel solaire », thèse magister, Université Mohamed Khider, Biskra, avril 2014, page 57.

¹⁵ **Fawaz Maamari**, « La simulation numérique de l'éclairage », limites et potentialités, thèse de doctorat L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004, page 40.

de certains utilisateurs comme les architectes, sans oublier la facilité de paramétrage des scènes et la richesse de sa bibliothèque de matériaux.

Ecotect est un outil intégré qui comprend :

- Un éditeur graphique
- Un outil de visualisation très performant basé sur une bibliothèque OpenGL
- Des modules d'analyse (thermique, acoustique, coûts constructifs et d'exploitation, impacts environnementaux)

Cet outil dont on trouvera une présentation en annexe est particulièrement adapté au stade de l'esquisse ou de l'avant-projet simplifié et il a d'ailleurs été conçu « par des architectes pour des architectes ».

Pour des études plus poussées, des exports sont proposés pour évaluer le projet avec des outils comme Energie plus.¹⁶ Un import au format 3D studio est possible mais le format IFC n'est pas supporté. (Figure IV.15)

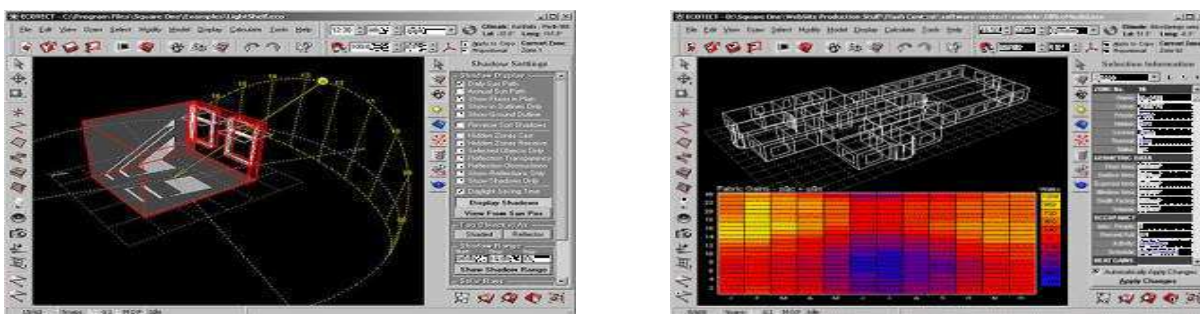


Figure IV.15 : Résultats de simulation sous Ecotect.

Source : Google image.

Les fonctions principales :

La fonction Visual Impact, aide à analyser les angles de projection, les obstructions et les composants verticaux pour n'importe quel point ou surface.

- La fonction Solar Radiation Analysis, "Ecotect 5.5" permet de visualiser l'incidence des radiations solaires sur les fenêtres et les surfaces calculées pour chaque saison.
- La fonction Shadow and Reflections : permet les simulations d'ombres, de réflexions et indique la position du soleil et l'ensoleillement du projet comme elle montre comment la lumière entre par les fenêtres et se déplace dans l'espace.
- La fonction Day light, permet de calculer les détails de l'ensoleillement, les facteurs d'éclairage naturels : les niveaux d'éclairement (lux), le facteur de lumière du jour (%), les réflexions intérieures et extérieures (%) à n'importe quel point du modèle, ainsi que les

¹⁶ Bernard FERRIES, « Spécifications de l'outil de coût global partagé », PEREN/Livrabale D4, 2007, page 6

composantes du ciel. Selon le type de la grille (verticale ou horizontale), la fonction affiche les résultats en 2D et/ou en 3D. Elle simule aussi les économies potentielles qu'offre la conception axée sur l'éclairage naturel. Notre travail se base sur cette fonction.

- La fonction Thermal performance, permet de calculer les charges de chauffages et de climatisation pour toute types de zones, quelques soient leurs formes. Il analyse également les changements thermiques dû à l'occupation des bâtiments, aux apports internes, à l'infiltration, ainsi qu'aux différents équipements. ¹⁷

Conclusion :

La lumière du jour constitue une ressource naturelle et inépuisable qui peut, lorsqu'elle est utilisée de manière intelligente et appropriée, assurer le confort visuel, accroître le facteur de productivité d'un espace, améliorer considérablement son esthétisme et réduire de beaucoup les coûts énergétiques. A l'inverse, une mauvaise utilisation de cette lumière peut avoir des effets inverses et amener les occupants à vouloir exclure la lumière du jour de diverses manières, à savoir, par des rideaux ou l'élimination des ouvertures tout en recourant à l'énergie électrique, chose qui annule les bienfaits qu'elle offre. Actuellement, il existe plusieurs technique et logiciels qui vont l'aider pour concevoir un bon éclairage qui s'adapte avec les besoins quantitatifs et qualitatifs de la lumière afin de maintenir les occupants dans un état de confort visuel et d'ambiance lumineuse agréable.

¹⁷ **DAICH Safaa**, « Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra », thèse magister, Université Mohamed Khider – Biskra, page 157.

CONCLUSION GENERALE :

La lumière a occupé au cours de l'histoire de l'architecture une place importante elle a été une source d'inspiration pour les différentes civilisations et tendances architecturales. Grace à cet aspect physique, nous sommes capables de percevoir le monde qui nous entoure et particulièrement l'objet architectural. Elle transforme le bâtiment de l'extérieur et influence à son tour à l'espace l'intérieur ce qui lui donne plusieurs lectures suivant le changement du temps.

De notre recherche on arrive à conclure que le musée est une institution gardienne de notre mémoire collective ; par son triple rôle de collection, conservation et présentation des œuvres de l'homme qui témoignent de son évolution, assure la pérennité et la transmission du patrimoine. Malgré l'importance que revêt cette institution, elle n'a pas connu du succès. Au contraire, elle était rejetée par tous ses publics.

La lumière du jour constitue une ressource naturelle, propre et inépuisable. Pour cela, elle est devenue un élément principal dans la conception architecturale surtout dans la phase d'esquisse que l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort visuel, d'accroître le facteur de productivité d'un espace, d'améliorer considérablement son esthétisme et réduire la consommation d'énergie, alors qu'une mauvaise utilisation de cette lumière va conduire à l'inconfort, ce qui annule les bienfaits qu'elle peut offrir. Actuellement, il existe plusieurs techniques et logiciels qui vont l'aider pour concevoir un bon éclairage qui s'adapte avec les besoins quantitatifs et qualitatifs de la lumière afin de maintenir les occupants dans un état de confort visuel et d'ambiance lumineuse agréable.

La combinaison de l'éclairage, le contraste de luminance, la couleur de la lumière, la reproduction des couleurs ou leurs choix sont les éléments qui déterminent le confort visuel et l'ambiance lumineuse et la négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort visuel. La lecture de l'espace architectural ne peut être faite par la conception d'une forme seulement sans l'introduction de la lumière.

Donc, la lumière du jour constitue une ressource naturelle et inépuisable qui peut, lorsqu'elle est utilisée de manière intelligente et appropriée, assurer le confort visuel, accroître le facteur de productivité d'un espace, améliorer considérablement son esthétisme et réduire de beaucoup les coûts énergétiques. A l'inverse, une mauvaise utilisation de cette lumière peut avoir des effets inverses et amener les occupants à vouloir exclure la lumière du jour de

diverses manières, à savoir, par des rideaux ou l'élimination des ouvertures tout en recourant à l'énergie électrique, chose qui annule les bienfaits qu'elle offre.

Recommandation :

- Lors de la conception d'un dispositif quelconque, dont le but est d'assurer un éclairage naturel pour des salles de musées, il est important d'avoir à l'esprit que la qualité et la quantité de lumière nécessaire n'est pas seulement fonction de la tâche visuelle mais aussi des objets à exposer.
- La conception d'un dispositif de l'éclairage naturel, doit respecter l'orientation du bâtiment et la position du soleil.
- Le choix des luminaires utilisés doit se faire en fonction de leurs températures de couleurs ainsi que leurs indices de rendu des couleurs.
- Instauration d'une lumière de qualité par le confort visuel : Eviter l'éblouissement compte parmi les principales exigences de l'éclairage muséographique. Des optiques de précision constituent alors une condition préalable pour empêcher la formation de lumière diffuse non désirée.
- Il faudra tenir compte de la température de couleur et de l'indice de rendu des couleurs (IRC) des sources, deux notions souvent négligées au niveau du confort visuel.
- Des normes pour l'éclairage des différents types d'objets :
 - 50 lux pour les objets sensibles à la lumière, tels les œuvres graphiques et photographiques, les textiles, les plumes et les spécimens d'histoire naturelle.
 - 150-200 lux pour les peintures, les bois polychromes et autres objets peints.
 - Environ 300 lux pour les matériaux non sensibles à la lumière et aux ultraviolets comme la pierre, la céramique, le verre et le métal.

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

AFE : Association Française De L'éclairage.

ICEB : L'institut pour la Conception Ecoresponsable du Bâti.

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

ICOM : international Council Of Muséum.

CRCC : China Railway Construction Corporation.

IFC :Industry Foundation Classes.

FLJ :Le facteur de lumière du jour.

BIBLIOGRAPHIE :

1. Mémoires et thèses :

- ✓ **AYOUB Boudoukha**, « Analyse de la Symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel. Cas de la cité des 426 lots El Eulma, Sétif. Architecture, Formes, Ambiances et développement durable », Université Mohamed Khider – Biskra, 2015.
- ✓ **CHAFIK Mahaya**, « Optimisation de la forme urbaine par l'évaluation du potentiel solaire », thèse magistère, Université Mohamed Khi der, Biskra, avril 2014.
- ✓ **FAWAZ Maamari**, « La simulation numérique de l'éclairage, limites et potentialités », thèse de doctorat L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004.
- ✓ **MALIKA Chemsa zemmouri**, « Caractérisation et optimisation de la lumière naturelle en milieu urbain », Pages 85. Thèse de doctorat en sciences. Urbanisme. Université Ferhat Abbas. 2010.
- ✓ **MEDDOUR Samir**, « impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des oeuvres d'art dans les musées », thèse magistère, Université Mentouri Constantine, 2008.
- ✓ **SAFAA Daich**, « Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra », thèse Magistère, Université Mohamed Khider – Biskra, 2012.
- ✓ **SARAOUI Selma**, « A la recherche d'une topologie lumineuse de l'espace architectural. Cas des musées », thèse Magistère, Université Mohamed Khider – Biskra, 2012.

2. Document électronique et ressource internet

➤ PDF :

- ✓ **André**, « La lumière information des personnes-ressources en science et technologie », 2005 Consulté sur. [Http:// cdpsciencetechno.org/wp-content/uploads/2013/11/lumiere.pdf](http://cdpsciencetechno.org/wp-content/uploads/2013/11/lumiere.pdf)).
- ✓ **AYAD Berrezoug**, « MUSEE D'ART ET D'HISTOIRE ». Document PDF consulté sur <http://dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/9101/1/Ms.Ar.Berrezoug%2BAyad.Pdf>

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ **BERNARD FERRIES**, « Spécifications de l’outil de coût global partagé », PEREN/Livrable D4, 2007.
- ✓ **Bruxelles environnement**, « optimiser l’éclairage naturel », Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments ; recommandation pratique css06, institut bruxellois pour la gestion de l’environnement, juillet 2010 consulté sur http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/CSS06_FR.pdf.
- ✓ **David RODITI**, « Ventilation et lumière naturel », éditions EYROLLES, paris, juin 2011. consulté sur http://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212126839/Extrait-chap-10_Roditi.pdf
- ✓ Département Conservation Préventive du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, Le “ VADEMECUM de la CONSERVATION PREVENTIVE ”, Version du 15 mai 2006, consulté sur http://c2rmf.fr/sites/c2rmf.fr/files/vade_mecum_conservprev.pdf.
- ✓ **Direction des musées de France**, « Muséofiches de l’éclairage ».
- ✓ **DUMEIGE, Yannick**. « Optique instrumentale ». In site IUT Lannion. Consulté sur http://blogperso.univ-rennes1.fr/yannick.dumeige/public/chap2_S2.pdf.
- ✓ **EZRATI Jean-jacques**, « Passé, présent et futur des diodes électroluminescentes en éclairage muséographique », Comité de conservation de l'ICOM,2008. Consulté sur <http://www1.utt.fr/eclairage/presentations/ezrati.pdf>.
- ✓ **GOFFINET Pierre-Henry**, « Musée Archéologique d’Arlon Province de Luxembourg SP Culture », Accompagnement, Enseignement & Formation Editeur responsable, 6700 Arlon Musée Archéologique d’Arlon, 2015.
- ✓ **HOURDEQUIN Emmanuel**, « Qu’est-ce que la lumière » .in site collaboratif de Livet.2015.<http://emmanuel.hourdequin.free.fr/documents/seconde/cours/Qu-est-ce-que-la-lumiere.pdf>
- ✓ **MERLEAU-PONTY Claire, EZRATI Jean-Jacques**, « L’exposition, théorie et pratique », Édition L’Harmattan, 2005.
- ✓ **PEER ÉRIC Moldvar** : « récolte de la lumière de jour », consulté sur https://moodle.polymtl.ca/pluginfile.php/168492/mod_resource/content/3/Module%2013%20Daylighting.pdf.
- ✓ **ROBERTO GONZALO ; KARL J. HABERMANN**, « architecture et efficacité énergétique ; principes de conception et de construction », barkhausie verlag AG, Bale, suisse, 2005.
- ✓ **ROGER Narboni** ; « lumière et ambiances » ; le moniteur ; France ; 2007. Document PDF consulté sur <http://filippocannata.com/wp-content/uploads/2015/04/lumiere.pdf>.

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ **ROLAND Schaer**, « L'invention des musées », Paris, Gallimard, 1993. Consulté sur <http://www.museebal.fr/sites/default/files/img/PDF02/Petite-histoire-des-musees.pdf>.
- ✓ **SUZEL BALEZ**, « L'éclairage naturel, Première partie : Principes de base ». dans le site d'école nationale supérieure d'architecture de Grenoble, 2007. Consulté sur <http://www.epstlemcen.dz/docs/cours/physique/S1/optics-02-pre.pd>.
- ✓ **Suzel BALEZ**.2007. L'éclairage naturel, Deuxième partie : Stratégies et prédétermination.

Sites Internet :

- ✓ <http://archiloubna.e-monsite.com/pages/art-et-deco/l-historique-des-musees.html>.
- ✓ <http://www.louvre.fr/definitions/museologie-museographie>.
- ✓ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/optimalisation/56253>.
- ✓ www.inrs.fr.
- ✓ <http://icom.museum/la-vision/definition-du-musee/L/2/>.
- ✓ <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>.
- ✓ <http://www.cdg37.fr/sites/default/files>.

Abstract:

Light is one of the basic materials of any architectural design, it is considered a priority in the contemporary architecture programs, it's not just about bring light to illuminate, it's also a dimension to create a pleasant atmosphere, besides the presence of light inside an exhibition space is not only a way to highlight objects in it, it also creates agreeable and comfortable environment for both visitors and employees.

Optimizing natural lighting makes it possible to improve visual comfort. Light management also makes it possible to adapt energy consumption to the situation and this optimize the profitability of a lighting installation. But in a museum, it is always the protection of constructions and the comfort of the visitor that will be privileged.

This master work deals with the importance of natural light in museums, and its effects on the presentation and conservation of constructions. Our goal is to determine the effectiveness of this lighting mode in achieving the needs of specific museum activities to improve visual comfort in museums. And to classify the different dispositive architectural and techniques of optimization of natural light.

Key words:

Natural light, lighting museums, museums, lighting, visual comfort, optimization, urban.

ملخص:

الضوء هو أحد المواد الأساسية في أي تصميم معماري، فهو يحوز على أولوية في برامج الهندسة المعمارية المعاصرة، بحيث لا ندخل الضوء فقط لغرض الحصول على الإنارة، بل هو وسيلة تمكننا من خلق جو متميز، علاوة على ذلك وجود الضوء داخل مساحة معرض ما ليست مجرد وسيلة لتسليط الضوء على الأعمال المعروضة فيه، ولكنه أيضا لخلق بيئة ممتعة ومريحة لكل من الزوار والموظفين.

تحسين الإضاءة الطبيعية يجعل أجل تقديم الراحة البصرية والتحكم في الإنارة يجعل من الممكن استهلاك الطاقة بشكل أحسن، ولكن يبقي المتحف دائما حماية الأعمال وراحة الزائر.

ويتناول هذا العمل أهمية الضوء الطبيعي في المتاحف، وآثاره على عرض المصنفات وحفظها. هدفنا هو تحديد فعالية الإضاءة في تلبية احتياجات أنشطة المتحف المحددة لتحسين الرؤية في المتاحف. وتصنيف تقنيات وأساليب للتحسين الأمثل للإضاءة الطبيعية.

الكلمات المفتاحية:

الضوء الطبيعي، إضاءة متاحف، المتاحف، الإضاءة، الراحة البصرية، التحسين. البيئة الحضرية

Résumé :

La lumière est l'un des matériaux de base de toute conception architecturale, elle est prise en compte prioritairement dans les programmes d'architecture contemporaine, non seulement pénétrer la lumière à l'égard d'éclairer mais aussi une dimension vers la création d'une ambiance lumineuse agréable, d'ailleurs la présence de la lumière à l'intérieur d'un espace d'exposition n'est pas seulement un moyen de mettre en valeur les objets qui s'y trouve, elle permet également de créer un environnement plaisant et confortable à la fois pour les visiteurs et pour les employés.

Optimiser l'éclairage naturel permet d'améliorer le confort visuel. La gestion de la lumière permet également d'adapter les consommations d'énergie à la situation et d'optimiser ainsi la rentabilité d'une installation d'éclairage. Mais, dans un musée, c'est toujours la protection des œuvres et le confort du visiteur qui seront privilégiés.

Le présent travail de master, traite de l'importance de la lumière naturelle dans les musées, et ses effets sur la présentation et la conservation des œuvres. Notre objectif est de déterminer l'efficacité de ce mode d'éclairage à répondre aux besoins liés aux activités spécifiques des musées pour améliorer le confort visuel dans les musées. Et de classer les différents dispositifs architecturaux et techniques de l'optimisation de la lumière naturelle.

Mots clés :

Lumière naturelle, l'éclairage des musée, les musées, l'éclairage, le confort visuel, optimisation. Milieu urbain