

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie*

Département d'Architecture



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

Filière :
ARCHITECTURE

Spécialité :
ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE

Présenté par :
**Abir Bousemghoune
Faiza Zouaghi
Manel Bouchair**

THEME :
**VERS UNE COMBINAISON DU PHOTOVOLTAIQUE ET DE
L'ECLAIRAGE NATUREL DANS LA CONCEPTION
MUSEALE POUR UNE AUTONOMIE ENERGETIQUE.**

Date de la Soutenance : 22 octobre 2017

Composition du Jury :

Hocine TEBBOUCHE	MAA, département d'architecture, université de Jijel, Président du Jury.
Toufik BOUTELLIS	MAA, département d'architecture, université de Jijel, Directeur de mémoire.
Amina LAOUICI	MAA, département d'architecture, université de Jijel, Membre du jury.

Remerciements:

On remercie le bon dieu qui nous a donné le pouvoir, la volonté et le courage pour achever ce travail.

On remercie infiniment nos chers parents pour leurs aides et leur soutien moral et matériel.

*On tient également à remercier et exprimer toute notre reconnaissance et notre respect à notre encadreur et dirigeant Mr le Pr **BOUTELIS Toufik** pour l'aide et l'orientation qu'il n'a cessé de nous prodiguer aux cours de l'élaboration de cette étude. Et aussi d'avoir accepté de nous encadrer pour notre travail de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.*

Nous profitons l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de fin d'études. Sans oublier les généreux amis et collègues pour leur soutien moral et matériel

Nos remerciements vont aussi à tous nos professeurs, enseignants et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de nous donner des conseils très importants en signe de reconnaissance. Et qui nous ont fait comprendre et sentir ce que c'est l'Architecture.

Nous présentons également nos remerciements aux membres du jury qui ont acceptés de participer à l'évaluation de notre travail.

A toute l'équipe pédagogique qui a participé à notre formation depuis l'école primaire à ce jour, également pour tous ce qui nous ont aidés de près ou de loin lors de l'élaboration de ce travail.

A tous nos enseignants de département d'architecture de Jijel qu'ont initié aux valeurs authentiques, en

Signe d'un profond respect et d'un profond amour !!!

Merci à vous tous

ABIR , FAIZA , MANEL



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers parents pour leur soutien moral et leurs sacrifices le long de ma formation.

A ma mère qui m'a encouragé pendant toutes mes études.

A mon mari Farid, mon fils Ahmed Djihad

A mon père, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider, je lui confirme mon profond respect.

A mes chers frères et sœurs : CHaima et Roumaissa

A mes grands mères et à mes grands pères. Et à tous les membres de la famille.

A tous mes amis et mes collègues sans exception.

A mon encadreur et aux membres du jury.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

A toute personne dont j'ai une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et que j'aime.

Pour vous tous,

Merci.

ABIR





DEDICACES

*Tout d'abord nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir
Donné le courage, la volonté, la force et sur tout la patience sans les quels nous n'aurions
rien pu faire. En l'implorant de toujours nous*

Entourer de sa bonne grâce.

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous
remercions notre encadrant Mr BOUTELLEISS Toufik, pour la sollicitude avec laquelle il a
suivi et guidé ce travail, pour son esprit d'encadrement, sa volonté et ses précieuses
orientations combien bénéfiques et instructives et que nous tenons à remercier vivement pour
tout ce qu'il nous a appris.*

Avec joie et plaisir, fierté et respect, je dédie ce mémoire à:

*Mes très chers parents, pour leur : amour, sacrifices, patiences, soutien moral et matériel
depuis mon enfance jusqu'à ce jour.*

*A ma mère qui a cru en moi, qui m'a encouragé et m'a soutenu, qui a su être avec moi
dans toutes les circonstances.*

*Merci maman pour ton écoute, ton soutien et ton amour inconditionnels, sans quoi, il
m'aurait été difficile d'atteindre ce stade.*

*A mon père que je considère comme mon exemple, qui me donne la foi de continuer mon
chemin. Qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de
privations pour m'aider à avancer dans la vie.*

*A mes deux frères qui ne cessent de m'encourager à achever ce travail. Je souhaite une
très bonne continuation dans leurs éducation et leur vie personnelle tant que professionnelle.*

*A la petite de la maison, ma sœur adorable qui m'a donnée de l'espoir pendant les pires
moments de mon chemin, je te souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.*

*Un merci spécial à ma tante Nadia et A toute ma famille et toutes les personnes que
j'aime et qui m'aiment.*

Faiza



DEDICACES

*Nous rendons grâce à dieu en premier lieu, et à sa bonté
Infinie, qui nous a permis de mener à terme ce modeste travail qui est le fruit de
cinq ans de labeur, de travail continue et de coordination.*

Merci mon dieu

A ma mère, qui m'a encouragé pendant toutes mes études.

*A mon père, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider, je lui
confirme mon profond respect.*

A mon binôme FAIZA avec qui j'ai passé des moments agréables.

A mes chers frères et sœurs :

Fadila, Wasilla, Samiaa, Ilham

A; alghani, A; fatah, A; anour, Hicham, Mohamed, A, Aziz; Hakim

Fils des mon frères et ma sœur :

*Hilal, Ayoub, Ala addine, Sirradje addine, Ayed, djehade, Wassim, Nada,
Walid, Imane.*

Et à tous les membres de la famille.

*A tous mes amis qui ont su me donner de précieux conseils et aider dans les
moments difficiles.*

*A, toute mes collègues de la promotion 2016 pour leur
Encouragement,
A vous tous, merci de votre amitié.*

A tous que je l'aime.

MANEL



Listes des Figures :

Chapitre I : l'éclairage naturel une composante architecturale incontournable dans la conception muséale.

Figure n°01 : Comportement des ouvertures latérales. P.8.

Figure n°02 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral. P.9.

Figure n°03 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage bilatéral. P.9.

Figure n°04 : Comportement des ouvertures zénithales. P.10.

Figure n°05 : un schéma des verrières et dôme. P.11.

Figure n°06 : exemple des sheds du musée d'art contemporain. P.11.

Figure n°07 : exemple des canons de lumière musée d'art Renzo Piano. P.12.

Figure n°08: la Clarté du plafond. P.13.

Figure n° 09 : la distribution lumineuse directe/indirecte. P.13.

Figure n°10 : les masques extérieurs Bloquent les rayons de soleil directs. P.14.

Figure n°11 : la protection 1de la façade sud, 2avec Lamelles à changement de direction.
P.14.

Figure n°12 : contrôle d la lumière naturelle par la végétation. P.15.

Figure n°13 : Angle d'éblouissement. P.21.

Figure n° 14 : L'effet de la hauteur du système d'éclairage. P.22.

Figure n°15 : L'effet des dimensions de la pièce. P.22.

Chapitre I : l'éclairage naturel une composante architecturale incontournable dans la conception muséale.

Figure n° 16 : Les différents types des capteurs solaires. P.24

Figure n° 17 : schéma d'un capteur plan : (1) plan vitré (2) sans vitrage. P.25

Figure n° 18: schéma d'un capteur thermique:(1) à concentration, (2) intégrés. P.25.

Figure n° 19: Schéma de fonctionnement d'un capteur sous vide. P.26.

Figure n° 20 : Schéma de fonctionnement d'un capteur à air vide. P.26

Figure n°21: Les différentes couches d'une cellule. P.29.

Figure n°22: schéma d'un générateur photovoltaïque. P.32.

Figure n°23: schéma d'un générateur photovoltaïque de type isolé sans stockage. P.33.

Figure n°24: schéma d'un générateur photovoltaïque de type isolé avec stockage. P.33.

Figure n°25: schéma d'un générateur photovoltaïque connecté au réseau. P.34.

Figure n°26 : Module incliné à35°. P.34.

Figure n°27 : représente un panneau solaire capable de Stocker l'énergie produite. P.36.

Figure n°28 : un panneau solaire hybride. P.38.

Chapitre III : Exemples d'équipements intégrant le photovoltaïque dans leurs stratégie énergétique.

Figure n°29 : représente un croquis de la mosquée de Kosovo. P.50.

Figure n°30 : le croquis de la mosquée de Kosovo. P.51.

Figure n°31 : la façade photovoltaïque du palais de justice. P.53.

Figure n° 32 : le système de motorisation de la voile photovoltaïque. P.57.

Figure n° 33 : le système de motorisation de la voile photovoltaïque. P.57.

Figure n°34 : le système de motorisation de la voile photovoltaïque. P.58.

Figure n°35 : la toiture photovoltaïque d'aéroport Ahmed Ben Bella. P.60.

Liste des images :

Chapitre I : l'éclairage naturel une composante architecturale incontournable dans la conception muséale.

Image n°01 : exemple d'éclairage zénithal (tabatières) musée. P.10.

Image n°02 : exemple dôme de lumière musée du Vatican. P.11.

Image n°03 : exemple de verrière centrale musée d'Orsay. P.11.

Image n°04: exemple de verrière latérale Le musée coiffé. P.11.

Image n°05 : Un rendu des couleurs correct. P.19.

Image n°06 : une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace. P.19.

Image n°07 : L'absence d'ombres gênantes. P.20.

Image n°08 : La relation au monde extérieur. P.21.

Chapitre I : l'éclairage naturel une composante architecturale incontournable dans la conception muséale.

Image n°9 : exemple d'un chauffe-eau solaire. P.27.

Image n°10 : Cellule photovoltaïque en silicium monocristallin. P.30.

Image n°11: Cellule photovoltaïque poly cristallin. P.30.

Image n°12: Cellule photovoltaïque amorphe. P.31.

Image n°13: Cellule photovoltaïque sans silicium. P.31.

Image n°14 : représente un panneau solaire blanc. P.36.

Image n°15 : cellule photovoltaïque transparente. P.37.

Image n°16 : représente un panneau solaire tournesol. P .37.

Image n°17: Photovoltaïque dans une habitation collective à Fribourg (Allemagne). P.40.

Image n°18: la tuile photovoltaïque. P.41.

Image n°19 : intégration de la tuile photovoltaïque. P.41.

Image n°20 : toiture terrasse utilise un système(1) nommé souple,(2) assurant l'étanchéité de la toiture. P.42.

Image n°21 : toiture photovoltaïque utilise un Système(3) fixé sur dispositifs Solidaires de la structure porteuse, (4) liaisonné à l'étanchéité. P.42.

Image n°22 : l'exemple de la verrière photovoltaïque (carreau de temple). P.43.

Image n°23 : l'exemple du capteur solaire en façades de l'immeuble la Golette. P.43

Image n°24 : l'exemple d'un capteur solaire constitue un auvent sur l'entrée. P.43.

Image n°25: l'exemple d'un capteur solaire constitue brise-soleil. P.43.

Image n°26 : l'exemple d'installation des capteurs solaires sur un volume du bâtiment. P.44.

Image n°27: exemple d'installation des capteurs solaires sur les murs. P.44.

Image n°28: l'exemple d'une façade ventilée photovoltaïque. P.45.

Image n°29 : exemple d'une façade double peau photovoltaïque. P.45.

Image n°30 : exemple d'une façade imprimée photovoltaïque. P.46.

Image n°31 : exemples du mur rideau photovoltaïque. P.46

Image n°32: exemple Les capteurs sont disposés à l'extérieur de la maison. P.47.

Image n°33: exemple d'installation des capteurs solaires sur une dépendance. P.48

Chapitre III : Exemples d'équipements intégrant le photovoltaïque dans leurs stratégie énergétique.

Image n°34 : la mosquée de Kosovo. P.49

Image n°35 : la façade photovoltaïque de la mosquée de Kosovo. P.50.

Image n°36: la salle de prière de la mosquée de Kosovo. P.51.

Image n°37 : représente le palais de justice. P.52.

Image n°38 : les panneaux PV en casquette du palais de justice. P.54.

Image n°39 : la cité musicale de l'Ile de Seguin. P.54.

Image n°40: la sphère de la cité musicale avec le voile PV. P.55.

Image n° 41 : la voile photovoltaïque de la cité musicale PV. P.56.

Image n°42 : Vu aérienne de l'aéroport Ahmed Ben Bella. P.59.

Image n°43 : l'Aéroport AHMED Ben Bella avant l'intégration du système PV. P.60.

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des images	i
Liste des tableaux	i

Introduction générale

Introduction	1
Choix du thème	2
Problématique	2
Hypothèses	3
Objectif de la recherche	4
Structure de mémoire	4

Chapitre 01 : L'éclairage naturel une composante architecturale incontournable dans la conception muséale.

Introduction	5
1. Définition de l'éclairage naturel	5
2. Les grandeurs photométriques	6
3. Les Sources de l'éclairage naturel	6
3.1. Sources lumineuses diurnes directes	7
3.1.1. La source primaire.....	7
3.1.2. Les sources secondaires.....	7
3.2. Sources lumineuses diurnes indirecte.....	7
4. Type d'éclairage naturel	8
4.1. Éclairage latérale	8
4.1.1. Éclairage unilatéral.....	9
4.1.2. L'éclairage bilatéral.....	9
4.1.3. L'éclairage multilatéral.....	10
4.2. L'éclairage zénithal	10
4.2.1. des tabatières	10
4.2.2. Verrière et dôme.....	11
4.2.3. Les sheds	11

4.2.4. Canons lanterneaux	12
5. La stratégie de l'éclairage naturel.....	12
5.1. Capter la lumière naturelle	12
5.2. Transmettre la lumière naturelle.....	12
5.3. Distribuer la lumière naturelle.....	12
5.4. Protéger.....	13
5.5. Contrôler la lumière naturelle.....	14
6. L'impact de l'éclairage naturel sur le confort visuel dans les espaces	
d'exposition	15
6.1. L'éclairage dans les musées	15
6.1.1. Les différents types d'éclairage	15
6.1.2. Normes d'éclairage	16
6.2. Les paramètres du confort visuel.....	18
6.2.1. Un bon niveau d'éclairage	18
6.2.2. Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable.....	18
6.2.3. Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace.....	19
6.2.4. Les rapports de luminance présents dans le local.....	20
6.2.5. L'absence d'ombres gênantes	20
6.2.6. La relation au monde extérieur.....	21
6.2.7. L'éblouissement	21
6.3. L'éclairage naturel a un impacte sur le confort visuel avec ses deux exigences...23	
6.3.1. Le confort des visiteurs	23
6. Conclusion	23

Chapitre 02 : l'intégration architecturale des panneaux solaires dans la conception pour Une autonomie énergétique

Introduction	24
1. Définition d'un panneau solaire	24
2. les types de capteurs solaires	24
2.1. Les capteurs solaires thermiques	25
2.1.1. Les capteurs solaires à circulation liquide	25
2.1.2. Capteurs solaires à air	25
2.1.3. les différents usages d'un panneau solaire thermique	25
2.1.4. Électricité solaire thermique	26

2.1.5.	Avantages et inconvénients d'un capteur solaire thermique	25
2.2.	Les panneaux solaires photovoltaïques	27
2.2.1.	Un panneau photovoltaïque	27
2.2.2.	Les différents types de cellule solaire photovoltaïque	30
2.2.2.1.	Cellule photovoltaïque en silicium monocristallin	30
2.2.2.2.	Cellule photovoltaïque en silicium poly cristallin	30
2.2.2.3.	Cellule photovoltaïque en silicium amorphe (couche mince)	31
2.2.2.4.	Cellule photovoltaïque sans silicium (couche mince CIS)	31
2.2.3.	Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque	31
2.2.4.	Les composantes d'un système photovoltaïque	32
2.2.4.1.	Les modules PV	32
2.2.4.2.	Le régulateur du système	32
2.2.4.3.	Accumulateur de batteries	32
2.2.4.4.	Onduleur	32
2.2.4.5.	Les récepteurs et consommateurs	32
2.2.5.	Champs d'application d'un panneau solaire photovoltaïque	33
2.2.5.1.	Isolé(ou autonome)	33
2.2.5.2.	Connecté au réseau	34
2.2.6.	L'orientation et l'inclinaison des modules	34
2.2.7.	Les nouveautés dans l'industrie des photovoltaïques	36
2.2.7.1.	Une cellule solaire capable de stocker l'énergie produite	36
2.2.7.2.	Un panneau solaire blanc	36
2.2.7.3.	Cellules photovoltaïques transparentes	37
2.2.7.4.	Un panneau solaire tournesol / Smart flower.....	37
2.3.	Les panneaux solaires hybrides	37
3.	Intégration architecturale des panneaux solaires dans la conception	38
3.1.	Les approches d'intégration des capteurs solaires dans la conception	39
3.2.	la démarche d'intégration	39
3.3.	Modes d'intégration des capteurs solaires dans la conception	40
3.3.1.	Sur toit	40
3.3.1.1.	En toiture inclinée	40
3.3.1.2.	En toiture terrasse	41
3.3.1.3.	Verrière photovoltaïque	42
3.3.2.	Sur façade	43

3.3.2.1. Capteurs en allège, auvent, garde-corps, brise-soleil	43
3.3.2.2. Capteurs en couverture de décrochements de façades ou de vérandas	44
3.3.2.3. Sur paroi verticale	44
3.3.2.4. Façade ventilée Photovoltaïque	44
3.3.2.5. Façades double peau photovoltaïque	45
3.3.2.6. Façade Imprimée Photovoltaïque	46
3.3.2.7. Mur Rideau Photovoltaïque	46
3.3.3. Hors bâtiment	47
3.3.3.1. Capteur au sol	47
3.3.3.2. Sur une dépendance	47
4. Rendement et rentabilité	48
Conclusion	48

Chapitre 03 : Exemples d'équipements intégrant le photovoltaïque dans leurs stratégie énergétique

Introduction	49
1. Une Mosquée au Kosovo : Le monolithe Kosovar auto-régénérant	49
1. Introduction	49
2. La présentation	49
3. les techniques appliquées	50
2. Le palais de justice à paris	52
1. La présentation	52
2. Les techniques appliquées	52
3. La description des PV	53
3. Cité Musicale de l'Île Seguin – Paris	54
1. Présentation du projet	54
2. Les techniques appliquées	55
3. Conclusion	61
CONCLUSION GENERALE	62
BIBLIOGRAPHIE	64
RESUME	69

INTRODUCTION GENERAL

Introduction :

L'existence de l'homme est intimement liée à la lumière. Il ne peut littéralement pas vivre sans elle, car la lumière constitue un élément essentiel, générateur de vie sur terre. Le 23 décembre 2013 la 68ème assemblée générale des Nations Unies proclamée 2015 comme l'année internationale de la lumière car de tout temps la lumière a rythmé la vie des hommes, sa spiritualité, son quotidien, et bien sur son évolution technologique¹.

Donc la lumière représente une partie indéniable de notre vécu quotidien et nous influence du point de vue physiologique et psychologique, avant d'être l'un des plus importants domaines de recherche de notre époque et ce depuis l'apparition des sciences.

Actuellement, la lumière fait partie des sujets les plus importants de la recherche scientifique dans diverses disciplines notamment l'architecture, car la lumière est la quatrième dimension de l'architecture et l'un des matériaux de base de toute conception architecturale.

La lumière est un matériau fondamental de l'architecture de constructions, elle est le maître mot pour la conception en plan. Elle doit être prise en compte dès les premiers croquis du projet car elle qualifie les espaces tout en traçant notre balade muséale et elle doit répondre a des exigences bien précises afin de préserver les œuvres et de garder une harmonie visuelle.

En effet, depuis l'antiquité la conception muséale prendre occupe une place primordiale dans la culture de la société, Ces dernières années, les questions posées par le développement durable et les économies d'énergie dans les pays occidentaux ont motivé des travaux de recherche pour favoriser l'éclairage naturel dans la conception en générale, et la conception muséale en particulier.

Pour résoudre les problèmes de l'effet de serre, le mouvement écologique s'est globalement tourné vers une solution : les énergies renouvelables. Ces dernières années, les énergies renouvelables (l'énergie éolienne, l'énergie solaire, l'énergie marine, l'hydraulique ou encore la biomasse) se sont développées partout dans le monde. Sur le papier l'idée paraît excellente : contrairement aux centrales à charbon, une éolienne ou un panneau solaire produisent de l'électricité sans émettre de CO₂. Il suffit que le vent fasse tourner l'hélice ou que le soleil atteigne le panneau.²

¹ Matallah, Z. (2016). Etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral. Université de Biskra, Thèse de magiste

²Daich, S. (2011). Simulation et optimisation du système light shelf sous les conditions climatique spécifiques. Université de Biskra .Thèse de magiste.P,84.

I. Choix du thème

Dans un musée, la lumière naturelle peut être un atout pour valoriser les œuvres, elle peut être un guide pour créer un cheminement pour l'utilisateur. Pour mettre en valeur les œuvres exposées il est nécessaire qu'elles soient éclairées soit naturellement ou d'une manière artificielle, et pour assurer ce dernier, on a besoin d'énergie, et comme l'énergie est la question qu'évoque beaucoup des conflits car elle est moteur principal de tous les domaines, la crise et la chute des prix du pétrole ainsi que les dommages causés à notre planète par le changement climatique en sont la preuve.³ Le monde aujourd'hui fait face à un grand défi pour remplacer ces énergies et se référer aux énergies renouvelables et propres nous mentionnons l'énergie solaire et hydraulique et éolienne, et ce genre d'énergies qui sont importantes pour la croissance économique d'une part et dans la préservation de l'environnement d'autre part. En premier lieu l'énergie solaire grâce à son potentiel énorme non exploité dans notre pays. Nous avons pensé à intégrer l'énergie solaire photovoltaïque pour assurer l'éclairage artificiel d'appoint pour réduire la facture d'électricité.

II. Problématiques :

Les êtres humains possèdent une extraordinaire capacité à s'adapter à leur environnement immédiat. De tous les types d'énergie naturelles que les humains peuvent utiliser, la lumière est la plus importante. La lumière est un élément nécessaire à la vision et fondamentale pour apprécier la forme, la couleur et l'ambiance de l'environnement qui nous entoure dans notre vie quotidienne et nous permet d'exercer nos travaux dans des situations de confort visuel. Elle donne un sentiment de gaieté et de luminosité qui peuvent avoir un impact positif et significatif sur les personnes.⁴

La lumière naturelle est l'un des éléments les plus importants dans l'architecture. La valorisation de l'éclairage naturel dans les musées répond à un double objectif : le premier est la recherche du confort visuel et de l'ambiance lumineuse car la lumière du jour est la plus adaptée à la physiologie de l'homme ; le deuxième objectif est la recherche d'efficacité énergétique et la maîtrise des consommations d'énergie (en terme d'électricité). Les stratégies de l'éclairage naturel peuvent contribuer à réduire la consommation énergétique dans les bâtiments ainsi que les émissions de gaz à effet de serre par la réduction des besoins de leur

³ Epfl-enac. (2004-2005). éclairage dans les musées. france.p,7.

⁴ Matallah, Z. (2016). Etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral. Université de Biskra, Thèse de magister .P, 3.

INTRODUCTION GENERAL

éclairage électrique et de refroidissement. C'est pour cette raison que l'éclairage naturel d'un bâtiment doit prendre en compte des facteurs influençant l'orientation, la taille, l'emplacement des fenêtres, les caractéristiques du vitrage, le contrôle d'éclairage, l'effet psychologique de la lumière ...etc.⁵

La lumière naturelle s'oppose à la lumière artificielle qui provient d'appareils fabriqués par L'homme. Ces deux sources diffèrent sur plusieurs points comme la disponibilité, la qualité et le coût. L'éclairage naturel dépend des conditions climatiques et il peut être nécessaire de recourir à de l'éclairage artificiel durant la journée pour la valorisation des œuvres exposés. La lumière naturelle est gratuite alors que la lumière artificielle représente une part non négligeable de la consommation d'un bâtiment. Et comme l'éclairage artificiel nécessite l'énergie, et que cette dernière c'est la question de l'époque, car elle est le moteur principal de tout les domaines d'une part, et d'autre part c'est la cause principale des problèmes d'effets de serres, émissions de gaz, tout types de pollutions, l'intégration de l'énergie photovoltaïque pour la production de l'électricité nécessaire pour la valorisation des œuvres et la création des ambiances à l'intérieur et pour guider les visiteurs d'un musée devient un impératif vital.

Dés lors à travers cette recherche de répondre au questionnement suivant :

✓ **Comment allier l'éclairage naturel et le captage photovoltaïque dans la conception muséal en assurant une complémentarité parfaite**

III. Les hypothèses :

Cette étude suppose que l'intégration des techniques solaires photovoltaïques dans les équipements publics peut économiser l'énergie consommée et que l'architecte est le premier acteur qui peut apporter des réponses à cette question à partir de l'intégration de ces techniques dans les premières phases de la conception par :

- ✓ Un audit énergétique fait dès la phase de conception.
- ✓ Ensuite par une étude préalable en matière de l'orientation, l'ensoleillement et l'environnement de projet.
- ✓ Enfin tous la possibilité de faire une conception architecturale basée sur les systèmes solaires photovoltaïques, thermiques, ou bien hybrides.

⁵ Mimran, M. (2003). Penser la ville par la lumière. *Edition la villette* .

IV. Objectif de la recherche:

✓ L'objectif fondamental de cette recherche est d'essayer de faire une combinaison entre l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel produit par les systèmes solaires photovoltaïques dans la conception muséale avec un but précis, c'est l'autonomie énergétique.

✓ Explorer l'éclairage naturel comme matériau architectural à promouvoir dans les espaces d'exposition et les musées.

✓ Comprendre les mécanismes et des systèmes qui permettent l'exploitation de l'énergie solaire disponible dans notre pays, au lieu de l'énergie traditionnelle (non renouvelable).

✓ Connaitre les modes d'intégration des systèmes photovoltaïques dans la conception, et acquérir le savoir et le savoir faire nécessaire issues des étapes des grandes installations (comment choisir le système spécifique, et comment dimensionné la totalité du système)

Structure du mémoire :

Pour atteindre ces objectifs et pour répondre à la problématique posée on a fait un travail englobe trois chapitres:

✓ **Le 1^{er} chapitre :** Dans le premier chapitre on va définir le concept d'éclairage naturel et ses sources, mais aussi d'identifier les différents types de prise de jour qui permettent la pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur des constructions, ainsi qu'aux performances de chacune.

✓ **Le 2^{eme} chapitre :** dans le deuxième chapitre nous présentons les techniques solaires, Ainsi que la consommation d'énergie dans le secteur public et comment intégrer les énergies renouvelables (l'énergie solaire photovoltaïque) dans la conception pour des raisons d'économie.

✓ **Le 3^{eme} chapitre :** Dans ce chapitre nous allons exhiber la notion d'équipement public : exemples d'équipements intégrant le photovoltaïque dans leur stratégie énergétique

INTRODUCTION GENERAL

La méthodologie de la recherche :

La méthodologie de notre travail découle en premier lieu, d'une approche synthétique, qui envisage de définir l'éclairage naturel et ces différents types, et leur impact dans les espaces d'exposition, en deuxième lieu par une approche qui envisage de définir l'énergie solaire photovoltaïques et leurs modes d'intégrations dans/hors conception, en troisième lieu on a fais une étude des exemples intégrant le photovoltaïque dans leurs stratégie énergétique.

Notre travail comportera donc une étude pour bute d'allier l'éclairage naturel et l'énergie photovoltaïque dans une conception pour assurer l'autonomie énergétique partiel

Introduction :

Qualifié de cible principale de la démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE), l'éclairage naturel présente un double intérêt, où le premier est d'ordre qualitatif car les variations de luminosité suivant les heures de la journée mettent l'architecture en relief et animent l'espace intérieur. Celles-ci fournissent l'information qui fait réagir notre horloge biologique très sensible notamment chez les enfants. De même qu'il permette de voir en spectre continu.

Quant au second intérêt, il est d'ordre économique: en effet, l'éclairage naturel permet de réduire les besoins d'électricité pour l'éclairage, ceci d'une part. D'autre part, il participe à assurer une partie des besoins en chauffage grâce aux apports solaires et à la ventilation naturelle pour éviter la climatisation en été.

Ce chapitre a pour but de définir le concept de l'éclairage naturel et ses sources, mais aussi d'identifier les différents types de « prises de jour » qui permettent la pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur des constructions, ainsi qu'aux performances de chacune des techniques, leurs caractéristiques, leurs dimensions ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients afin de pouvoir se prononcer sur l'efficacité lumineuse de chaque dispositif et le meilleur choix à faire en matière d'éclairage naturel.

1. Définition de l'éclairage naturel :

D'une manière générale, l'éclairage naturel est défini comme étant « l'utilisation de la lumière du jour pour éclairer les tâches à accomplir ».¹

Si le soleil est la source mère de tout type de lumière naturelle, techniquement l'éclairage naturel global comprend à la fois l'éclairage produit par le soleil, la voûte céleste et les surfaces environnantes.²

Cependant, certains spécialistes dans le domaine ont, pendant longtemps, omis de considérer dans leurs définitions et leurs calculs l'éclairage direct provenant du soleil, ne prenant en considération que la lumière diffuse du ciel. Parmi ces spécialistes, nous citerons F. BOUVIER³ qui le définit comme étant « l'éclairage produit par la voûte céleste et les

¹ RUBERG., W. C. (1988). RSB 88 : Facteurs de performance des fenêtres. pdf . canada. Page consultée le 12 octobre 2004

² MUDRI, L. (2002, Novembre). De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable:. pdf . Ecole d'architecture de Paris- Belleville, Paris ,p 1-3

³ Bouvier, F. (1981). Eclairage naturel. pdf . Paris.p6

réflexions de l'environnement, à l'exclusion de l'éclairage direct du soleil » P. CHAUVEL⁴ de son côté, le décrit comme étant « l'éclairage produit par la voûte du ciel, à l'exclusion de l'éclairage produit par le soleil .Toutefois, dans certains cas, on considère l'éclairage global, mais il doit toujours être précisé que c'est y compris la lumière provenant directement du soleil ou réfléchi par des surfaces ensoleillées.»

2. Les grandeurs photométriques :

La lumière naturel se caractérise par :

- Le **flux lumineux** est la puissance lumineuse émise par une source dans toutes les directions. L'unité de flux lumineux est le **lumen** symbole lm.
- **L'éclairement lumineux** correspond à un flux lumineux reçu par unité de surface. L'unité d'éclairement lumineux est le **lux**, symbole lx.
- **L'intensité lumineuse** est le flux lumineux émis par une source lumineuse ponctuelle dans une direction donnée. L'unité de l'intensité lumineuse est la candela, symbole cd.
- **La luminance lumineuse** est l'intensité lumineuse d'une source dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction. L'unité est la **candela par mètre carré**.
- **Le coefficient de réflexion lumineuse** Le facteur de réflexion lumineuse d'une surface (ρ ou Rho) est la quantité d'énergie lumineuse qu'elle réfléchit par rapport à celle qu'elle reçoit. Ce facteur de réflexion, aussi appelé coefficient de réflexion hémisphérique, se décompose en facteur de réflexion spéculaire et facteur de réflexion diffuse.⁵

3. Les Sources de l'éclairage naturel :

Pour ce qui nous concerne, nous nous intéresserons dans cette étude uniquement aux sources lumineuses diurnes qui permettent à l'être humain de percevoir clairement son environnement et d'accomplir les différentes tâches et activités qui rythment sa vie.

Nous avons classé les sources de la lumière diurne en deux catégories : les sources directes et les sources indirectes.⁶

⁴ CLhauve.P & Deribere. M. (1968). L'éclairage naturel et artificiel dans le bâtiment. pdf . Paris: Eyrolles.p61

⁵ Zumtobel. Guide pratique de l'éclairage. [Document électronique]. France. p.9.

⁶ Beséme, O. 2011.Architecture et la lumière. [Document électronique]. France.p.5.

3.1. Sources lumineuses diurnes directes:

Parmi les sources lumineuses diurnes directes, on peut les classer selon deux sources, une primaire qui est le soleil et une secondaire qui se traduit par la voûte céleste.

3.1.1. La source primaire

La source est dite primaire quand elle transforme une énergie en rayonnement lumineux, c'est-à-dire, c'est elle qui produit la lumière qu'elle émet; elle peut être naturelle, comme le soleil, les étoiles et les astres, ou artificielle, comme les lampes électriques, les ampoules, les tubes fluorescents, etc.

La source principale "le soleil" Cette source lumineuse transforme une partie de son énergie nucléaire en énergie lumineuse qui peut éclairer tout l'univers. Le soleil émet de la lumière blanche ou lumière visible mais aussi d'autres rayonnements appartenant au spectre électromagnétique comme les rayonnements infrarouges et l'ultraviolet.

3.1.2. Les sources secondaires

La source est dite secondaire quand elle modifie par réflexion, par transmission ou par absorption le rayonnement reçu d'une source primaire. Les sources secondaires sont des sources lumineuses qui ne produisent pas de la lumière; elles ne font que diffuser les rayons reçus d'autres sources lumineuses, comme la lune, les planètes qui diffusent la lumière du soleil, un ciel bleu, les nuages, etc.... C'est grâce à ces rayons qui sont diffusés et renvoyés dans toutes les directions que nous voyons le monde extérieur car c'est eux qui atteignent nos yeux.

3.2. Sources lumineuses diurnes indirecte :

Les corps environnants ne sont perceptibles par l'œil et n'émettent en gamme du visible que s'ils sont portés à une température élevée, ou bien s'ils réfléchissent, diffractent ou bien diffusent les rayonnements visibles qui les éclairent.

Tous les corps opaques excepté les corps noirs, interceptent le rayonnement solaire et le réfléchissent mais la quantité de la lumière réfléchie, dépend du facteur de réflexion de la surface, c'est-à-dire de son albédo. Quant à la couleur de la lumière réémise, elle correspond à la couleur de l'objet (si l'objet est éclairé en lumière blanche).⁷

⁷ Beséme, O. 2011. Architecture et la lumière. [Document électronique]. France.p.5.

4. Type d'éclairage naturel :

Le type d'éclairage naturel est défini par la position des prises de jour qui le procure et qui peuvent être placées soit en façade (éclairage latéral), soit en toiture (éclairage zénithal), soit les deux à la fois. Mais leurs fonctions restent les mêmes. La prise de jour est cependant un des plus complexe et coûteux composants du bâtiment à cause du grand nombre de rôles contradictoires qu'elle doit jouer tels que l'éclairage et l'occultation, la vue sur l'extérieur et la recherche d'intimité, la pénétration du soleil et la protection solaire, et enfin, l'étanchéité, le chauffage et la ventilation. En effet, il a toujours été difficile de répondre à toutes ces demandes et certaines priorités dominent chaque conception ; car en plus des qualités techniques nécessaires pour assurer le confort thermique, visuel et parfois acoustique, la prise de jour doit définir l'organisation de l'espace intérieur et situer l'entrée de la lumière naturelle.⁸

4.1. Éclairage latérale :

Système le moins performant en terme d'éclairage par la lumière du jour Le plus utilisé car facile à mettre en œuvre (et permet une vue sur l'extérieur!) L'éclairage latéral est le type d'éclairage naturel le plus utilisé. Il satisfait simultanément à trois besoins fondamentaux en termes de confort, celui de la lumière, de la vue et de la ventilation. C'est aussi le plus ancien historiquement car il se conforme assez facilement aux contraintes physiques (structurelles et climatiques) de tous temps. Plusieurs paramètres influencent l'éclairage naturel latéral, à savoir : la forme des ouvertures, leur position, la surface vitrée (taille) ainsi que les obstructions extérieures.

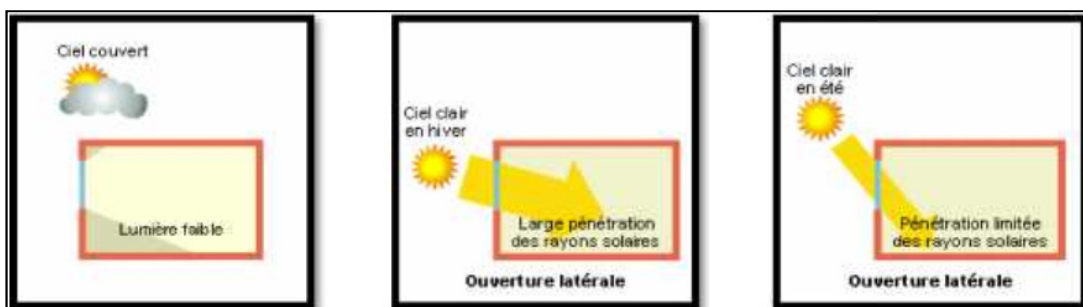


Figure01 : Comportement des ouvertures latérales

Source internet⁹

⁸ S, O. (2014). L'impacte de l'éclairage naturel sur le confort visuel des espaces d'exposition dans les musées. *Memoire*. Constantine, Département D'architecture.P ,84.

⁹ Magali BODART, 7 mars 2013 , Assurer le confort visuel UCL – Architecture & Climat.

4.2. Éclairage unilatéral :

Cette disposition permet de réaliser des effets de relief et des harmonies de contrastes. L'inconvénient que présente ce type de système d'éclairage naturel est la possibilité d'ombres gênantes, dues aux allèges par exemple, surtout si les parois du local sont sombres. Mais le défaut majeur est que l'éclairage intérieur résultant est très peu uniforme, comme l'indique la figure, car il est fortement influencé par la profondeur du local.

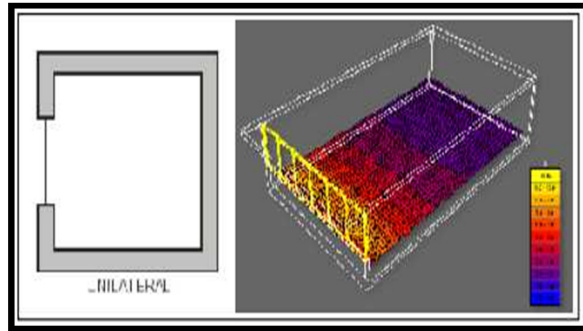


Figure n°02 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral.

Source : site internet¹⁰

4.2.1. L'éclairage bilatéral :

On obtient un éclairage plus uniforme et mieux réparti que l'éclairage unilatéral. Lorsque la lumière entre par deux côtés opposés, elle contribue encore à une meilleure pénétration lumineuse dans l'ensemble de la pièce. En général, les effets de contre-jour disparaissent lorsque les fenêtres sont bilatérales.

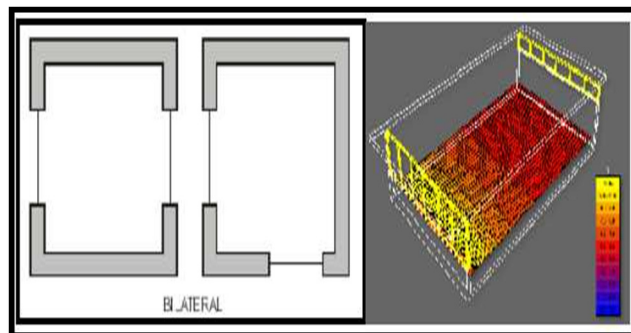


Figure n°03 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage bilatéral.

Source : site internet¹¹

¹⁰ www.squ1.com 2002

¹¹ Ibid.

4.2.2. L'éclairage multilatéral :

Est particulièrement indiqué dans les espaces nécessitant un éclairement très uniforme ainsi que dans les bâtiments profonds.

4.3. L'éclairage zénithal :

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

Pour les édifices à faible hauteur (un à deux niveaux) situés dans des régions à climats tempérés, froids ou chauds et secs, l'éclairage zénithal peut s'avérer le type d'éclairage le plus efficace en termes d'énergie. Cela dit, il convient d'étudier chaque cas afin d'adapter la conception des dispositifs d'éclairage zénithal aux conditions particulières d'ensoleillement (latitude, climat et microclimat) afin d'éviter au maximum les risques d'inconfort. S'ouvre sur la totalité de la voûte céleste, forte pénétration de la lumière diffuse. Lumière entre par les On peut distinguer trois types de lumière zénithale.¹²

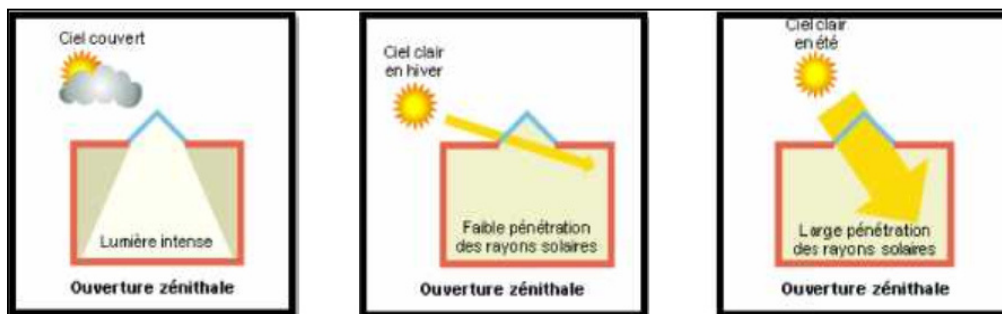


Figure n°04 : Comportement des ouvertures zénithales.

Source : site internet¹³

4.3.1. des tabatières :

C'est la lumière qui tombe directement du ciel pour éclairer la zone centrale d'un grand espace comme une usine ou un musée.



Image n°01 : exemple d'éclairage zénithal (tabatières) musée,

Source : site internet¹⁴

¹² Beséme, Odile. 2011 .Architecture et la lumière. [Document électronique]. France.,p.5.

¹³ Magali BODART, 7 mars 2013 .Assurer le confort visuel UCL – Architecture & Climat.

¹⁴ <https://www.maison.com/decoration/eclairage/focus-sur-eclairage-direct-econome-6049/>

4.3.2. Verrière et dôme :

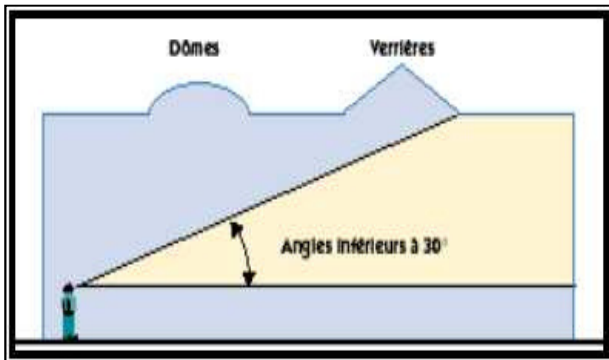


Figure n°05 : un schéma des verrières et dôme
source internet ¹⁵



Image n°02 : exemple dôme de lumière musée du Vatican,
source internet ¹⁶



Image n°03 : exemple de verrière centrale musée d'Orsay
source internet ¹⁷



Image n°04 : exemple de verrière latérale Le musée coiffé
source internet ¹⁸

4.3.3. Les sheds :

Un deuxième type de lumière zénithale est produite par le shed avec paroi réfléchissante.

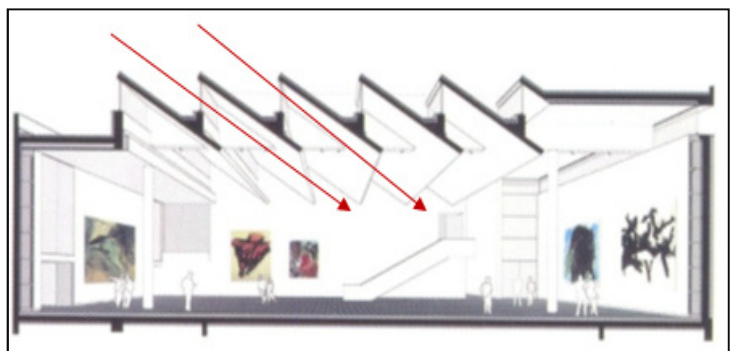


Figure n°06 : exemple des sheds du musée d'art contemporain

Source : site internet ¹⁹

¹⁵ <https://www.maison.com/decoration/eclairage/focus-sur-eclairage-direct-econome-6049/>.

¹⁶ <https://www.pinterest.com/pin/538883911652171440/>.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Ibid.

4.3.4. Canons lanterneaux :

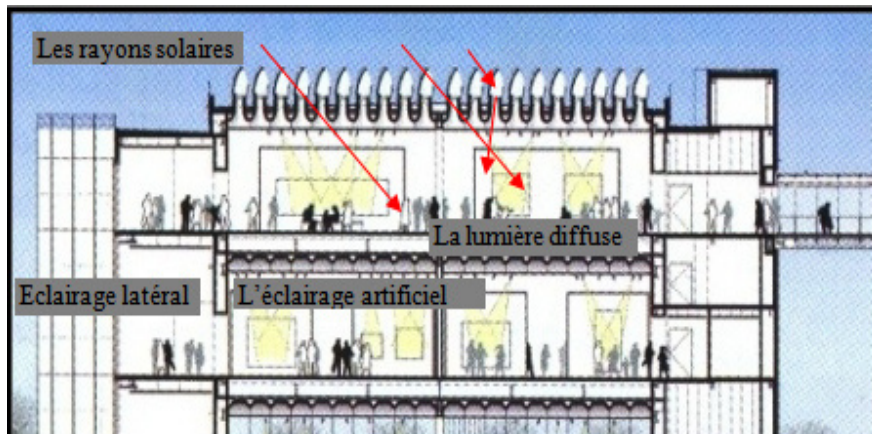
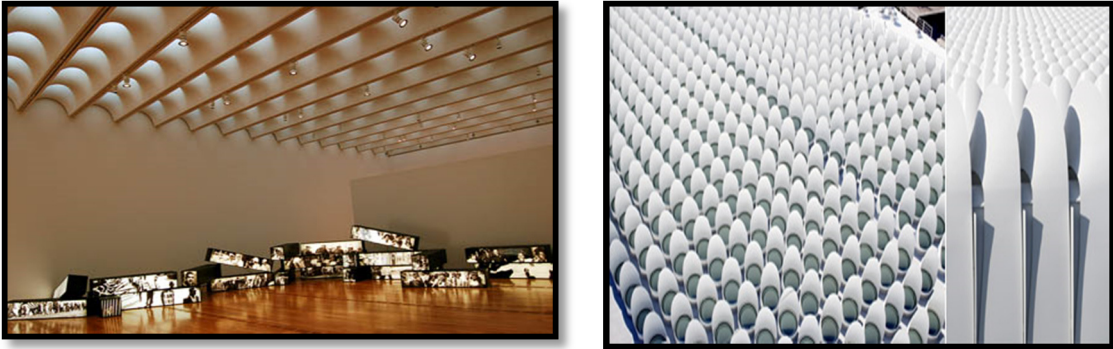


Figure n°07 : exemple des canons de lumière musée d'art Renzo Piano

Source : PDF²⁰

5. La stratégie de l'éclairage naturel:

5.1. Capturer la lumière naturelle :

En prenant en compte 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 de l'environnement.

5.2. Transmettre la lumière naturelle :

Grâce à l'étude des caractéristiques des lanterneaux et façades translucides, des dimensions du local, et de son aménagement intérieur.

5.3. Distribuer la lumière naturelle :

En jouant sur le type de distribution lumineuse directe ou indirecte, la répartition des ouvertures, l'agencement des parois intérieures, le matériau des surfaces du local, les zones et

¹⁹ <https://www.pinterest.com/pin/538883911652171440/>.

²⁰ Zerdoudi ,R ,Zidouni,S l'éclairage naturel dans les maison .

les systèmes de distribution lumineuse(L'atrium, le patio, la cour intérieure, La serre, la véranda, les doubles peaux)²¹

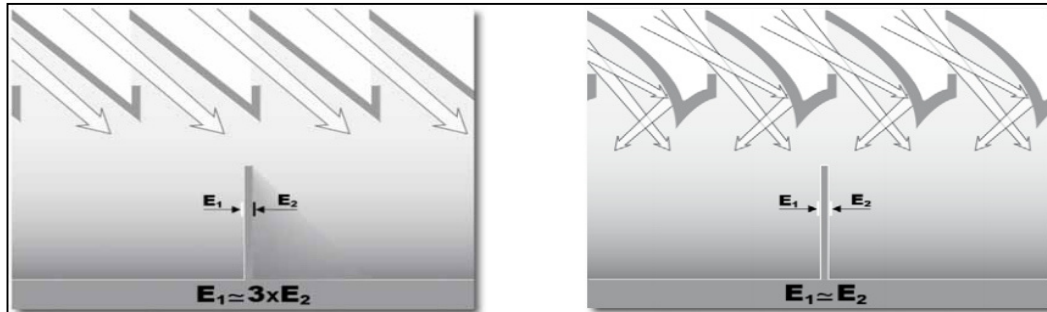


Figure n° : 08: la Clarté du plafond

Source : site internet²²

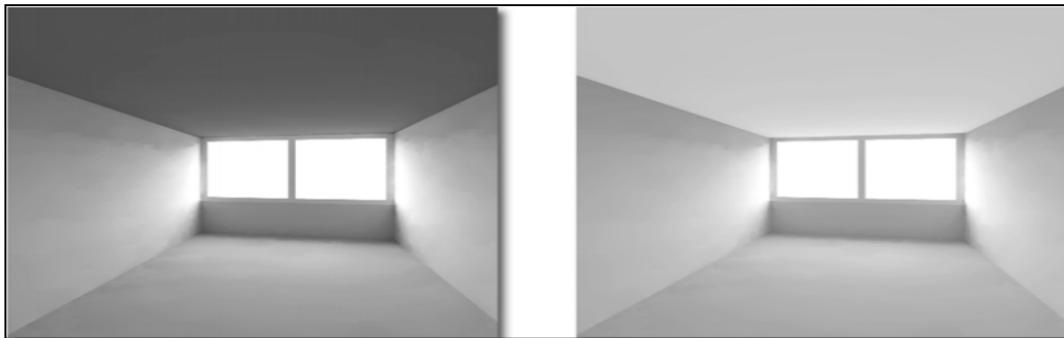


Figure n° :09 : la distribution lumineuse directe/indirecte

Source : site internet²³

1.1. Protéger :

De l'éblouissement, de la surchauffe par des vitrages protecteurs, diffusant, des protections fixes ou mobiles.

²¹ Matallah ,Z.2016 ,magistere en architecture.etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans salles de cours avec eclairage naturel lateral.P27-28.

²² Bernard paule epfl-enac 2007

²³ Ibid.

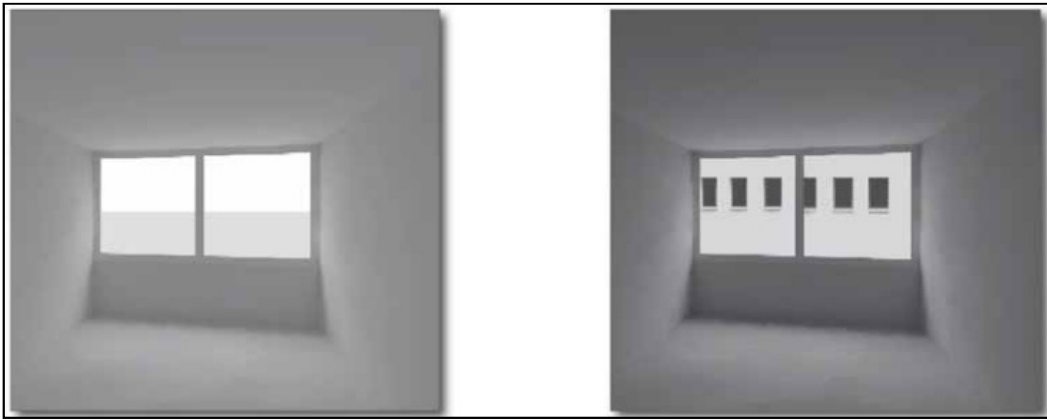


Figure n°10 : les masques extérieurs Bloquent les rayons de soleil directs,

Source : site internet²⁴

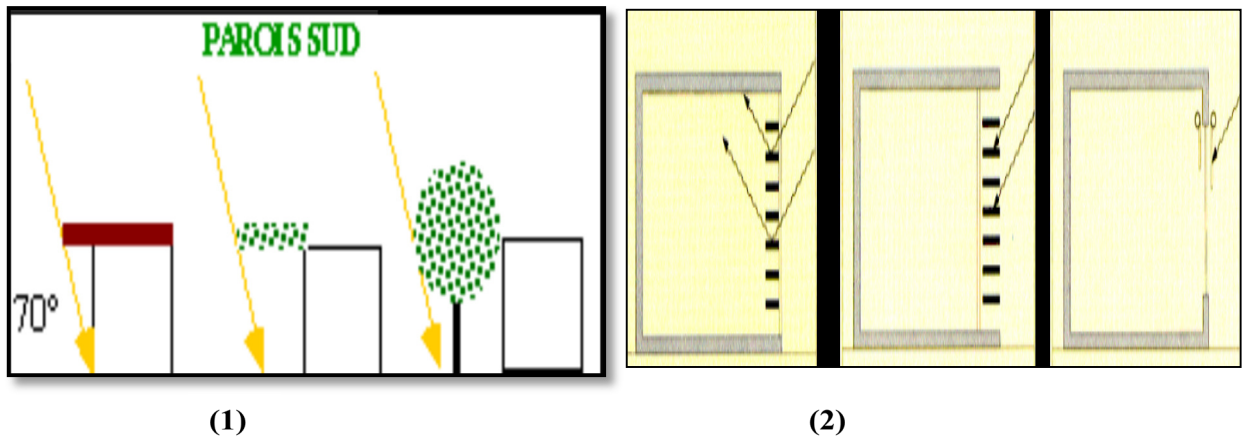


Figure n°11 : la protection 1- de la façade sud, 2- avec Lamelles à changement de direction

Source : site internet ²⁵

1.2. Contrôler la lumière naturelle :

Consiste à gérer la quantité et la distribution de lumière dans un espace en fonction de la variation des conditions climatiques et des besoins d'occupants.

²⁴ Bernard paule epfl-enac 2007.

²⁵ L'éclairage naturel 2ème partie : Stratégies et prédétermination Suzel BALEZ L5C 2007-08).

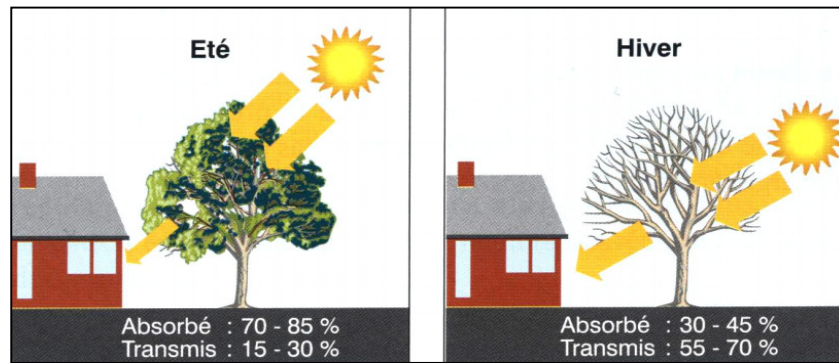


Figure n°12 : contrôle de la lumière naturelle par la végétation

Source : site internet²⁶

2. L'impacte de l'éclairage naturel sur le confort visuel dans les espaces d'exposition :

2.1. L'éclairage dans les musées :

La lumière utilisée dans un musée est fonction de plusieurs facteurs: le type d'objets exposés, les contraintes liées à la présentation, les contraintes liées à la préservation, l'appréciation du visiteur. La plupart du temps une œuvre nécessite d'être éclairée pour s'exprimer. En même temps, la grande majorité des œuvres d'art sont sensibles à la lumière, et la dégradation qu'elle provoque est la plupart du temps irréversible (décoloration des pigments, etc.).

Donc dans un musée l'éclairage naturel a impacte sur : la préservation et le confort visuel (mise en valeur des objets ainsi que le confort et appréciation des visiteurs)

2.1.1. Les différents types d'éclairage :

On retrouve différents types d'éclairage dans les musées. L'éclairage peut être naturel comme la lumière solaire, ou artificielle comme la lumière fluorescente, incandescente, Les DEL et halogène. Les problèmes posés par l'éclairage artificiel et naturel sont comparables. La différence réside dans le fait que l'éclairage artificiel est plus facile à contrôler que l'éclairage naturel.²⁷

²⁶ L'éclairage naturel 2ème partie : Stratégies et prédétermination Suzel BALEZ L5C 2007-08).

²⁷ Daich, S. 2011, Simulation et optimisation du système light shelf sous les conditions climatique spécifiques. Thèse de magister, Université de Biskra, p.80

Quel que soit le type d'éclairage utilisé, on doit limiter le niveau d'éclairement, éliminer les UV, éviter la chaleur et réduire la durée d'exposition.

Tableau n°1 : les principes source de lumière et leur stratégie de préservation, source : Le " vade-mecum de la conservation préventive ", 2006 ²⁸

Principales sources de lumière			
	<i>Rayons ultraviolets/ filtres UV requis</i>	<i>Hausse possible de température</i>	<i>Stratégie de préservation</i>
Rayons du soleil	Oui	Oui	Stores, film UV dans les fenêtres
Tubes fluorescent	Oui. Il existe toutefois des tubes fluorescents ne produisant pas ou très peu de rayons UV; ces tubes ne requièrent pas de filtre UV.	Seulement si le tube est placé à l'intérieur de la vitrine d'exposition.	Utiliser des tubes à émission de rayons UV nulle ou faible, des manchons filtrants.
Lumière incandescente	Non	Oui	Éloigner la source lumineuse des documents pour réduire la hausse de température.
Lampe tungstène halogène	Oui	Oui	Éloigner les documents de la source lumineuse pour réduire la hausse de température et utiliser un filtre UV.

Normes d'éclairage

Généralement, Les normes actuellement en vigueur dans la plupart des pays sont celles de la CIE (commission internationale de l'éclairage), mais certain pays possèdent leur propres organismes parmi lesquels on citera l'AFE (association française de l'éclairage), l'ICC (institut canadien de conservation) ou encore la DMF (direction des musées de France) dont les normes en matière d'éclairage dans les musées repostent en grande partie sur la recommandation de la CIE.

On recommande environ 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. Pour les peintures, les bois polychromes et autres objets peints, on conseille environ 150-200 lux. Pour les matériaux insensibles à la lumière et aux ultraviolets comme la pierre, la céramique, le verre et le métal, il ne serait théoriquement pas nécessaire de fixer la limite de 300 lux. Avec cette limite, on évite cependant un problème d'éblouissement, qui gêne parfois les visiteurs.

²⁸ Le " VADE-MECUM de la CONSERVATION PREVENTIVE ", 2006

Tableau n° 2 : Niveaux d'éclairage pour une exposition, Source : Manuel de conservation des documents d'archives 2003²⁹

	<p>totallement les rayons ultraviolets.</p>	
<p>Objets particulièrement sensible a la lumière (aquarelles, textiles, tapisseries, costumes, impressions, dessins, timbres, estampes, manuscrits, miniatures, teintures murales, cuirs teintes, spécimens d histoires naturelle)</p>	<p>Tubes fluorescents a double couche, d'une température de couleur de l'ordre de 2900°k, sinon tubes fluorescents a simple couche, et de même température de couleur, a condition d'arrêter totalement leur rayonnement ultraviolet au moyen d'un filtre.</p> <p>NB : la lumières du jour devrait être totalement évité.</p>	<p>Pas plus de 50 lux (et moins si possible), avec réduction sévère des horaires d'exposition.</p>
	<p>totallement les rayons ultraviolets.</p>	
<p>Objets particulièrement sensible a la lumière (aquarelles, textiles, tapisseries, costumes, impressions, dessins, timbres, estampes, manuscrits, miniatures, teintures murales, cuirs teintes, spécimens d histoires naturelle)</p>	<p>Tubes fluorescents a double couche, d'une température de couleur de l'ordre de 2900°k, sinon tubes fluorescents a simple couche, et de même température de couleur, a condition d'arrêter totalement leur rayonnement ultraviolet au moyen d'un filtre.</p> <p>NB : la lumières du jour devrait être totalement évité.</p>	<p>Pas plus de 50 lux (et moins si possible), avec réduction sévère des horaires d'exposition.</p>
<p>Catégorie d'objets exposés</p>	<p>Sources de lumières recommandées ou admises</p>	<p>Eclairement acceptable</p>
<p>Objets pratiquement très peu sensibles à la lumière (métaux, céramique, minéraux, bijoux, verres, émaux, sculptures)</p>	<p>Tubes fluorescents de température de couleur 4000°k à 6500°k.</p> <p>Lampes a incandescence ordinaire.</p> <p>Lampes à cycles.</p>	<p>il est rarement nécessaire de dépasser 300 lux. Sauf pour mettre en valeur un point particulier.</p> <p>Les hauts éclairagements créent un risque d'échauffement nubile sauf lorsque les sources utilisées sont des tubes fluorescents.</p>
<p>La plupart des catégories d'objets et spécimens (peinture à l'huile détrempees, cuirs naturels, laques, bois, corne, ivoire).</p>	<p>Tubes fluorescents a double couche n'émettant aucun rayonnement ultraviolet ou, a défaut, de tels tubes fluorescents de couleur de l'ordre de 4000°k, mais combinés nécessairement avec l'emploi d'un filtres.</p> <p>Si l'on admet la lumière du jour, on devra en limiter sévèrement les rayons infrarouges, et arrêter</p>	<p>Maximum 150 a 180 lux en service et non pas 300 lux ou plus. Comme l'indiquent certains documentes.</p>

²⁹ Manuel de conservation des documents d'archives 2003

2.2. Les paramètres du confort visuel :

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

- Un bon niveau d'éclairement nécessaire à une vision claire et sans fatigue,
- Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable,
- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace,
- Les rapports de luminance présents dans le local (bonnes conditions de contraste),
- L'absence d'ombres gênantes,
- La relation au monde extérieur,
- L'éblouissement³⁰

2.2.1. Un bon niveau d'éclairement :

Chaque activité nécessite un certain niveau d'éclairage dans la zone où se déroule l'activité. En général, plus la difficulté pour la perception visuelle est importante, plus le niveau moyen d'éclairement devrait être élevé. Un niveau d'éclairement minimum est nécessaire pour une vision claire et sans fatigue. Toutefois, un éclairage trop abondant peut être inconfortable

2.2.2. Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable :

Toute source lumineuse, qu'elle soit naturelle ou artificielle, présente un spectre lumineux qui lui est particulier. La lumière naturelle provenant du rayonnement du soleil et du ciel présente un spectre visible de forme continue. Le mélange des diverses radiations qui constituent ce spectre forme, par définition, la lumière dite blanche : c'est la seule qui permette à l'œil d'apprécier avec la plus grande exactitude la couleur des objets et les plus délicates de leurs nuances.

³⁰ Magali BODART, mars 2013, ASSURER LE CONFORT VISUEL UCL – Architecture & Climat.

Les différentes radiations colorées composant la lumière naturelle apparaissent aisément lors de leur réfraction et réflexion par des gouttes d'eau. Étant donné que l'œil est conçu pour la lumière du jour, la lumière émise par les sources artificielles devrait avoir la même composition spectrale que celle du soleil et du ciel : c'est le seul moyen pour que ne soit pas altérée la vision des couleurs



Image n°05 : Un rendu des couleurs correct,

Source : site internet³¹

2.2.3. Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace :

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux possible dans le local, il est essentiel de placer le mobilier de telle sorte qu'il ne fasse pas écran et de disposer les zones d'activité judicieusement. Les plans de travail seront situés préférentiellement près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue.



Image n°06 : une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace,

Source : site internet³²

³¹ <https://www.pinterest.com>

³² Ibid.

2.2.4. Les rapports de luminance présents dans le local :

La distribution lumineuse d'un espace doit être étudiée de telle façon que les différences excessives de luminance soient évitées pour permettre aux occupants de voir correctement. Des zones extrêmement sombres ou brillantes doivent être exclues car elles donnent naissance à l'inconfort visuel et surtout le contraste. Le contraste est la différence de luminosité entre un objet et son environnement ou entre les différentes parties d'un objet, faisant ressortir l'un et l'autre. L'équilibre des contrastes est un élément déterminant du confort et de la perception des détails.

2.2.5. L'absence d'ombres gênantes :

Lorsqu'un objet opaque est éclairé par une source de lumière, certaines zones situées derrière l'objet, ne reçoivent pas de lumière et constituent l'ombre de l'objet. On dit également que l'ombre se produit quand un élément se trouve entre la tâche visuelle et la source lumineuse. L'ombre portée sur un objet éclairé prend deux zones : la première zone est située à l'opposé de la source lumineuse et elle ne reçoit pas de lumière ; ceci s'appelle l'ombre propre.

La deuxième zone est la région d'un écran, d'un mur, etc..., placé derrière l'objet éclairé, qui ne reçoit pas de rayon lumineux (c'est la zone non éclairée de l'écran) ; elle s'appelle l'ombre portée.³⁴

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

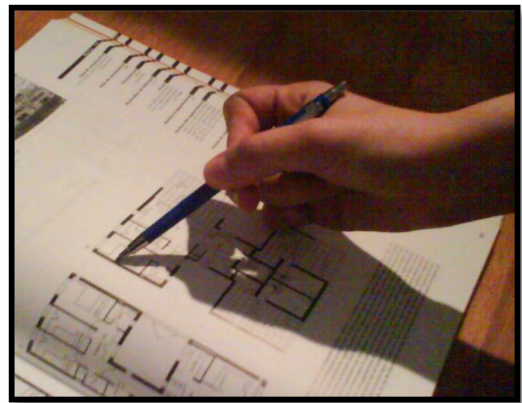


Image n°07 : L'absence d'ombres gênantes

Source :internet ³³

³³ Bendekkiche, S. 2017. Optimisation de l'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse. Thèse de Magister, p.48

³⁴ Ibid

2.2.6. La relation au monde extérieur :

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



Image n°08 : La relation au monde extérieur

Source : site internet³⁵

2.2.7. L'éblouissement :

L'éblouissement est un problème d'éclairage commun. L'éblouissement est une sensation de gêne et d'inconfort qui peut même diminuer la capacité visuelle d'une personne. L'éblouissement résulte de conditions de vision dans lesquelles l'individu est moins apte à percevoir les objets

de luminance excessifs dans l'espace et dans le temps. L'éblouissement

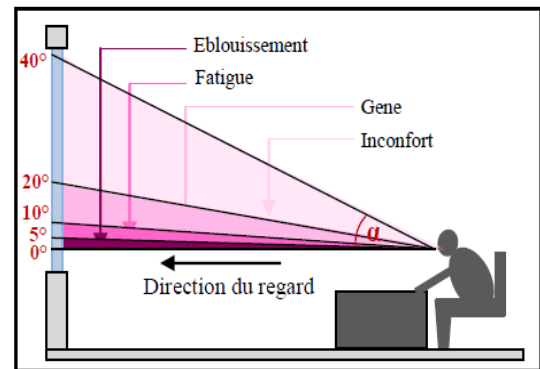


Figure n°13 : Angle d'éblouissement

source : site internet³⁶

se produit quand une source brillante de lumière est présente dans le champ visuel ; le résultat est une diminution de la capacité de distinguer les objets et cela conduit à la fatigue visuelle. Il place l'individu dans des situations de grand inconfort visuel.

En éclairage naturel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres ou par des parois réfléchissant trop fortement le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines. Il est intéressant de noter qu'une plus grande ouverture à la lumière naturelle cause moins d'éblouissement qu'une petite car elle augmente le niveau d'adaptation des yeux et diminue le contraste de luminance. En éclairage artificiel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe d'une lampe ou par sa réflexion sur les parois polies des luminaires, sur les surfaces du local ou sur les objets.

³⁵ Bendekkiche, S. 2017. Optimisation de l'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse. Thèse de Magister, p.48.

³⁶ Zumtobel. Guide pratique de l'éclairage. [Document électronique]. France. p.9

Les facteurs impliqués dans l'éblouissement sont :

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

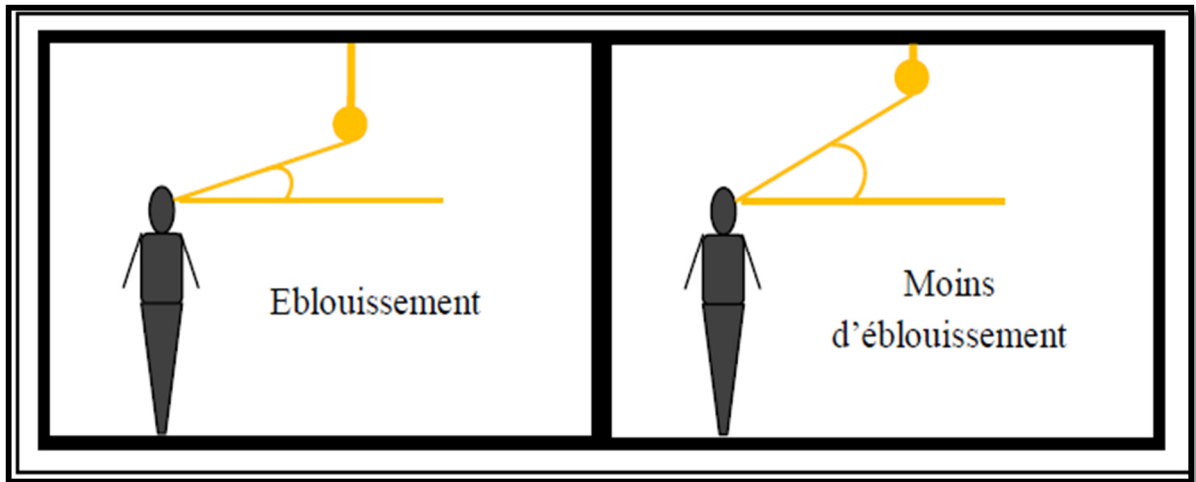


Figure n° 14 : L'effet de la hauteur du système d'éclairage

Source : site internet³⁷

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

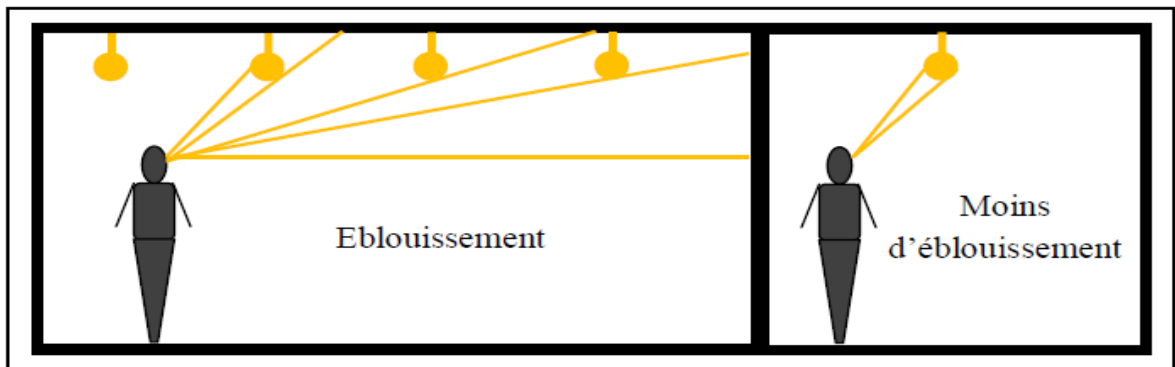


Figure n°15 : L'effet des dimensions de la pièce Source : pdf

Source : site internet³⁸

³⁷ Zumtobel. Guide pratique de l'éclairage. [Document électronique]. France. p.9.

³⁸ meddour samir 2008, impact de l'éclairage zenithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées « cas du musée cirta de constantine », (mémoire de magistère).

2.3. L'éclairage naturel a un impacte sur le confort visuel avec ses deux exigences :

2.3.1. La mise en valeur des objets exposés

L'âme d'un musée se constitue de ses collections une œuvre nécessite d'être éclairée pour s'exprimer, donc un éclairage non suffisant va pas mettre l'objet exposé en valeur.

2.3.2. Le confort des visiteurs :

L'obtention d'un environnement visuel confortable dans un local favorise le bien-être des occupants. Par contre, un éclairage trop faible ou trop fort, mal réparti dans l'espace ou dont le spectre lumineux est mal adapté à la sensibilité de l'œil ou à la vision des couleurs, provoque à plus ou moins longue échéance une fatigue, voire même des troubles visuels, accompagnés d'une sensation d'inconfort et d'une performance visuelle réduite.³⁹

3. Conclusion :

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.

La lumière utilisée dans un musée est fonction de plusieurs facteurs: le type d'objets exposés, les contraintes liées à la présentation, les contraintes liées à la préservation, l'appréciation du concepteur.

Notre objectif c'est déterminé à un certain équilibre entre l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel produit par les panneaux solaires photovoltaïques.

³⁹ meddour samir 2008, impact de l'éclairage zenithal sur la presentation et la preservation des œuvres d'art dans les musees « cas du musée cirta de constantine », (mémoire de magistère).

Introduction :

« Imaginer un monde dans lequel nos villes, voitures et maisons seraient alimentées par une énergie inépuisable, non polluante, et presque gratuitement ».¹

Les installations solaire sont des technologies qui utilisent l'énergie du soleil pour produire de la chaleur cas de la thermique ou de l'électricité cas de la photovoltaïque, il s'agit donc de deux technologie distinctes qui font appel à des capteurs de dimensions et d'aspects différents. Face à l'important développement de ces techniques solaires, il convient d'assurer à cette filière un développement optimal où le capteur solaire doit être considéré comme un élément architectural à part entière, Il s'agit donc d'allier la production énergétique des capteurs, leur esthétique et aussi le respect de l'environnement. Dans ce chapitre, on va s'intéresser particulièrement à ces installations, à commencer par les panneaux solaires.

1. Définition d'un panneau solaire :

Le panneau solaire est un dispositif technologique énergétique qui s'inscrit dans les concepts d'énergie renouvelable. Il est destiné à absorber des rayons du soleil pour les convertir en énergie thermique ou électrique.

2. les types de capteurs solaires :

Il existe deux types de capteurs solaires **thermique et photovoltaïque**, nous étudierons particulièrement les panneaux solaires photovoltaïques.²

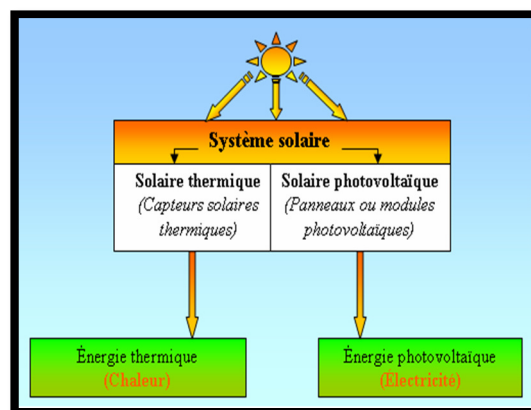


Figure n° 1 : Les différents types des capteurs solaires, Source : site internet.³

¹ Pierre merlin et jaen pierre traismont, énergie, environnement et urbanisme, édition press universitaire de France ,1996 .P,63 .

² M. Benamra Mostefà Lamine : « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques,45.

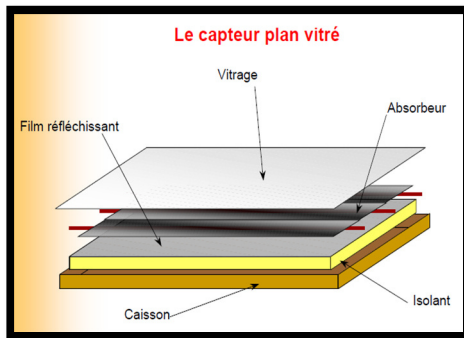
³ http://www.raee.org/docs/FORMATION_SOLAIRE_CNFPT/IASDER_capteurs_marche.pdf

2.1. Les capteurs solaires thermiques :

Les capteurs solaires thermiques constituent le cœur des installations destinées à transformer l'énergie transmise par le soleil en chaleur. Le rayonnement solaire est absorbé par une surface noire, parcourue par un fluide caloporteur qui extrait l'énergie thermique et la transfère vers son lieu d'utilisation ou de stockage. La plupart des capteurs sont munis d'une Couverture transparente qui laisse passer la plus grande partie du rayonnement solaire et évitent le refroidissement de l'absorbeur. Une isolation thermique est disposée à l'arrière et sur la périphérie du capteur pour limiter les déperditions par conduction. il existe plusieurs types à savoir :⁴

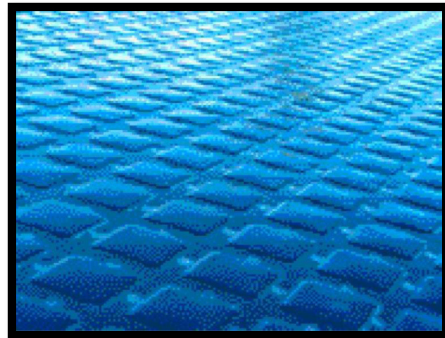
2.1.1. Les capteurs solaires à circulation liquide :

1-Capteurs plans de types vitrés



(1)

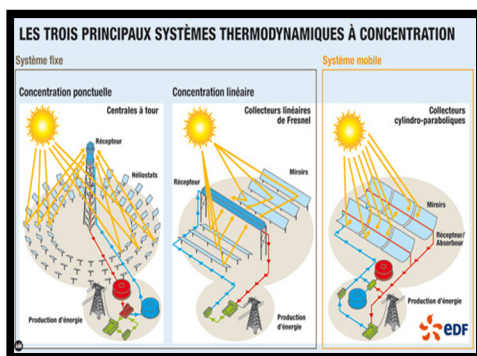
2-Capteurs plans sans vitrage



(2)

Figure n° 2 : schéma d'un capteur plan : 1 plan vitré , 2 sans vitrage Source : site internet.⁵

3- Capteurs solaires à concentration



4-Capteurs solaires intégrés

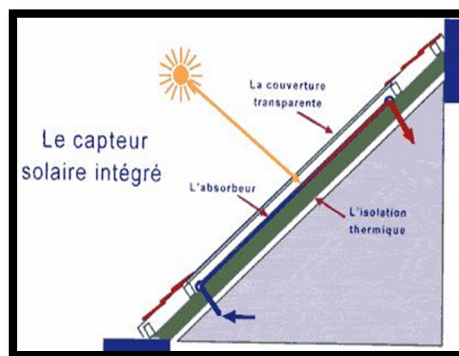


Figure n° 3 : schéma d'un capteur thermique: 1 à concentration, 2 intégrés Source : site internet.⁶

(5) Capteurs sous vide

⁴ Chouki, W. (2015). es différentes utilisations de l'énergie solaire et l'intégration des capteurs solaires dans le bâtiment. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de: master académique . jijel.P,39

⁵ Roulet, Y. (2005). Différentes utilisations l'énergie solaire et intégration des capteurs solaires.P, 34.

⁶ <http://fr.wikipedia.org>.

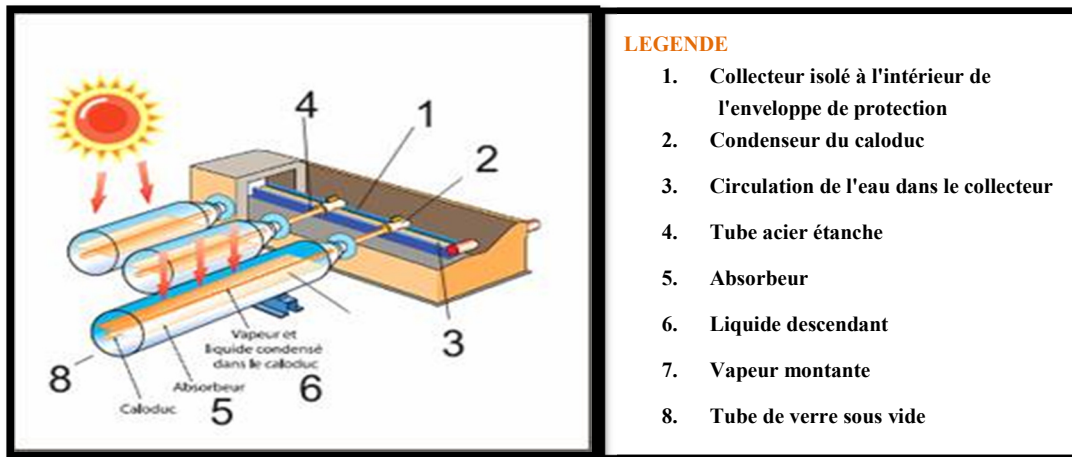


Figure n° 4 : Schéma de fonctionnement d'un capteur sous vide Source : site internet⁷

2.1.2. Capteurs solaires à air :

Dans ce type de capteur, un absorbeur plan transforme, de façon efficace, les rayons solaires en chaleur. Afin de réduire au minimum la perte de chaleur, la plaque est située entre un vitrage et un panneau isolant. Le vitrage est choisi de telle sorte qu'une quantité maximale de rayons solaires le traversent et atteignent l'absorbeur. L'énergie qui est recueillie des capteurs solaires à air peut être utilisée pour le chauffage de

l'air de ventilation, le chauffage des locaux, et le séchage des récoltes.⁹

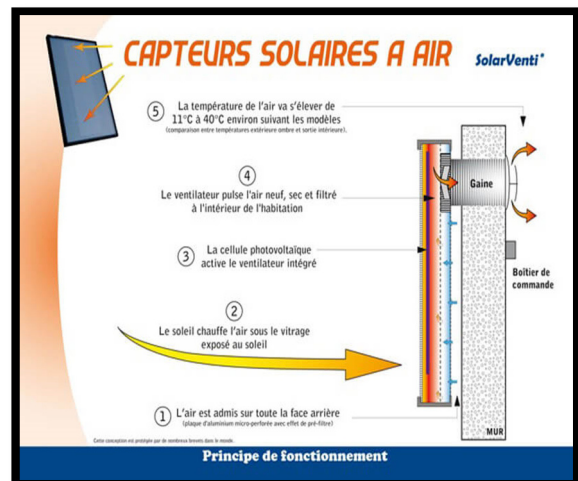


Figure n° 5 : Schéma de fonctionnement d'un capteur sous vide Source : site internet¹⁰

2.1.3. les différents usages d'un panneau solaire thermique :

Les panneaux solaires thermiques sont employés sous toutes les latitudes pour plusieurs utilisations : Chauffage des serres, chauffage des piscines, chauffage de l'eau sanitaire, chauffage des locaux, climatisation solaire... Les capteurs solaires thermiques sont utilisés essentiellement pour le chauffage et/ou pour produire de l'eau chaude sanitaire.

⁷<http://fr.wikipedia.org>.

⁸ http://fr.wikipedia.org/wiki/Panneau_solaire

⁹ yves roulet .2005.differentes utilisations de l'énergie solaire et integration des capteurs solaires. ingénieur environnement.P,23 .

¹⁰ http://fr.wikipedia.org/wiki/Panneau_solaire

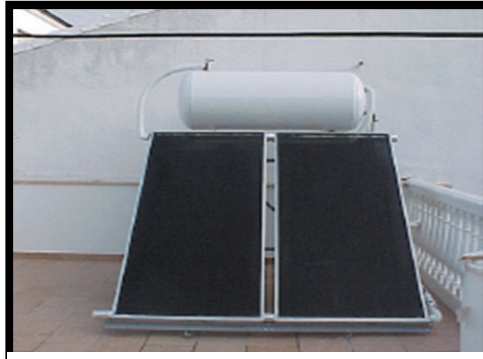


Image n°6 : exemple d'un chauffe-eau solaire,

Source : site internet.¹¹

2.1.4. Électricité solaire thermique :

Plusieurs systèmes permettent de produire de l'électricité à partir de capteurs thermique :

- Un couple parabole/moteur Stirling qui permet de produire un mouvement transformé en électricité par un générateur.
- Des capteurs semi-paraboliques chauffent un fluide à haute température, il sert ensuite à produire de la vapeur qui actionne un turbogénérateur.

Remarque :

- Les capteurs solaires vont délivrer le maximum de puissance dans le cas où le rayonnement solaire parvient à 90° dans le plan du champ solaire. Dans l'idéal, il faut orienter les capteurs solaires plein sud et les incliner à 40° pour la production d'eau chaude sanitaire et 60° pour la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage (cela favorisera la production en hiver puisque les rayons du soleil sont plus bas en hiver).

2.1.5. Avantages et inconvénients d'un capteur solaire thermique :

Les panneaux solaires présentent de nombreux avantages tels que :

- D'un point de vue écologique, les panneaux solaires thermiques sont une énergie propre **non polluante pour l'environnement**. Aucun gaz à effet de serre n'est rejeté et il n'y a aucun déchet radioactif produit.
- L'énergie solaire est **inépuisable**, contrairement aux énergies fossiles (charbon et pétrole).

¹¹ www.google image.com

- Pour les endroits isolés ou les petites installations, rien de tel que les panneaux solaires thermiques pour les rendre **autonomes**.
- Les panneaux solaires thermiques, une fois installés, demandent très **peu d'entretien** et l'énergie est produite sans action de l'homme.
- Les panneaux solaires thermiques restent **silencieux et non dérangeants** pour les riverains voisins, ce qui n'est pas le cas de toutes les sources d'énergie.
- Les capteurs solaires thermiques s'adaptent à tous les types de toitures et s'intègrent parfaitement en lieu pour une esthétique préservée.

Mais pourquoi avec tant d'avantages les panneaux solaires ne sont que peu utilisés ?

Et oui, les panneaux solaires possèdent également des limites :

- Un panneau solaire thermique a une **durée de vie de 25 ans** environ, au-delà, les rendements diminuent rapidement.
- Une **production d'énergie irrégulière**, à cause du temps. Les panneaux produisent beaucoup l'été mais les besoins sont faibles. Au contraire, la production d'énergie en hiver est plus faible alors que les besoins sont élevés.
- L'énergie solaire ne produit qu'en journée et en fonction de la météo, et non en fonction des besoins énergétiques. Il faut donc investir dans des moyens de **stockage de l'énergie** qui coûtent très cher.
- Doivent être placés dans des zones géographiques où l'ensoleillement est plutôt élevé, pour avoir une rentabilité importante.
- Si les panneaux sont incrustés au toit, une attention particulière doit être donnée à l'étanchéité.¹²

¹²Direction de la Communication de la Région Languedoc-Roussillon-Anatome.P,47.

2.2. Les panneaux solaires photovoltaïques :

Le terme « photovoltaïque » est composé du mot de grec ancien « photos » (: lumière, clarté) et du nom de famille du physicien italien (Alessandro Volta) qui inventa la pile électrique en 1800 et donna son nom à l'unité de mesure de la tension électrique, le volt. L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique.

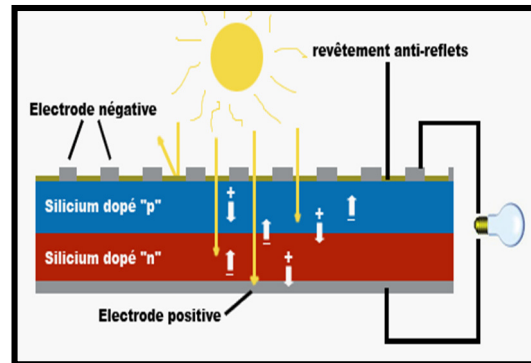


Figure n°7 : Les différentes couches d'une cellule

Source : site internet.¹³

Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque (PV) basée sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque. Ce dernier a été découvert par Antoine Becquerel en 1839.¹⁴

2.2.1. Un panneau photovoltaïque :

Un panneau PV permet la transformation directe du rayonnement solaire en énergie électrique sous forme de courant continu variable selon l'influence de l'éclairement sur les panneaux solaires, et destiné pour l'utilisation directe. L'élément de base dans cette conversion est la cellule photovoltaïque qui est montée en série ou en parallèle. La conversion PV se produit dans des matériaux dits semi-conducteurs qui peuvent libérer leurs électrons sous l'action d'une énergie lumineuse.

La cellule PV se compose de deux couches de silicium (matériau semi-conducteur):

- une couche dopée avec du bore qui possède moins d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée positivement (zone P).
- une couche dopée avec du phosphore qui possède plus d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée négativement (zone N).
- Lorsqu'un photon de la lumière arrive, son énergie crée une rupture entre un atome de silicium et un électron, modifiant les charges électriques.
- Les atomes, chargés positivement, vont alors dans la zone P et les électrons, chargés négativement, dans la zone N.

¹³ www.google image.com

¹⁴Roussillon-Anatome.novembre , 2008. Guide régional pour l'intégration architecturale des capteurs solaires Direction de la Communication de la Région Languedoc .P,33 .

Une différence de potentiel électrique, c'est-à-dire une tension électrique, est ainsi créée. C'est ce qu'on appelle l'effet photovoltaïque. A la surface, le contact électrique (électrode négative) est établi par la grille.

2.2.2. Les différents types de cellule solaire photovoltaïque :

2.2.2.1. Cellule photovoltaïque en silicium monocristallin :

Elle est constituée d'un cristal à deux couches, le plus souvent du silicium. Elles sont utilisées lorsque les espaces sont restreints, Elles prennent une multitude de forme ; carré, ronde et demi-rondes. Elle possède un meilleur rendement au m², entre 15 et 22 % mais elle est chère à fabriquer¹⁵

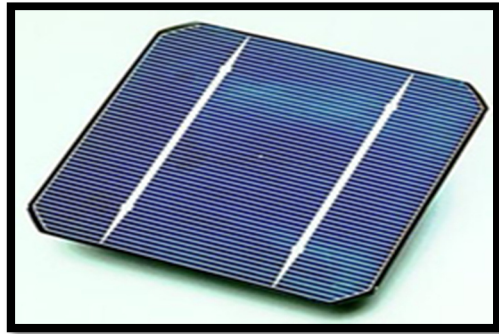


Image n°8 : Cellule photovoltaïque en silicium monocristallin.

Source : site internet.¹⁶

2.2.2.2. Cellule photovoltaïque en silicium poly cristallin :

Ce type de cellule constitue le meilleur rapport qualité/prix et le type le plus utilisé. la cellule poly cristallin a un bon rendement et une bonne durée de vie (plus de 35 ans), élaboré à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples et en plus elle peut être fabriquée à partir de déchets de l'électronique. elle présente alors, de jolis reflets correspondant aux nombreux cristaux, leur rendements est

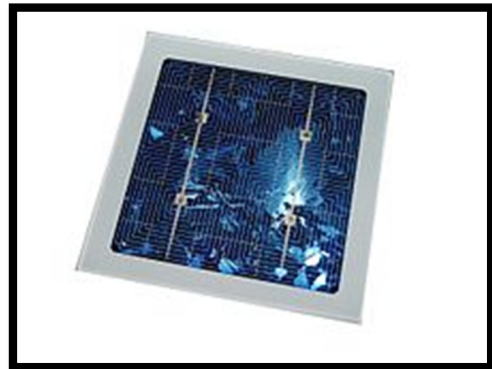


Image n°9: Cellule photovoltaïque poly cristallin.

Source : site internet.¹⁷

plus faible de 10 à 13%., mais le coût de fabrication est plus réduit, elle est adaptés à la production à grande échelle.

¹⁵ yves ,r.2005. différentes utilisations de l'énergie solaire et intégration des capteurs solaires ingénieur environnement, .P ,22.

¹⁶ http://www.raee.org/docs/formation_solaire_cnfpt/1asder,capteurs_marche.pdf .P,12.

¹⁷ Ibid.

2.2.2.3. Cellule photovoltaïque en silicium amorphe (couche mince) :

Constitué des Couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide. Son aspect uniforme, opaque, remplit la totalité de la surface d'un panneau avec un rendement environ 5 à 10%, mais, elle est aussi moins chère à industrialiser.

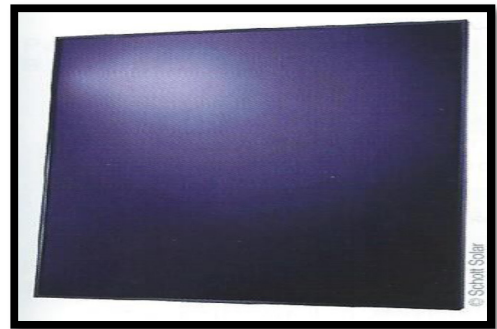


Image n°10: Cellule photovoltaïque amorphe.

source : site internet¹⁸

Toutefois, le prix au m² installé est plus faible que pour des panneaux solaires mono et poly cristallisés. Ce type de cellule photovoltaïque peut intégrer sur les supports souples ou rigides, Appareils électroniques (montres, calculatrices...), et dans le bâtiment.

2.2.2.4. Cellule photovoltaïque sans silicium (couche mince CIS) :

Les cellules CIS représentent la nouvelle génération de cellules solaires sous forme de films minces, de type cuivre-indium-sélénium(CIS). Les matières premières nécessaires à la fabrication des cellules CIS sont plus faciles à se procurer que le silicium utilisé dans les PV classiques. De plus, leur efficacité de conversion énergétique est la plus élevée à ce jour pour les cellules photovoltaïques en couche

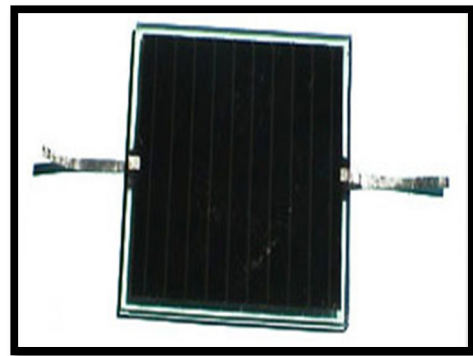


Image n°11: Cellule photovoltaïque sans silicium.

source : site internet¹⁹

mince. Le rendement de ce type est de 9 à 11 %. Le désavantage avec ce type de panneaux et qu'il faut une surface beaucoup plus importante pour obtenir le même rendement que les autres types.

2.2.3. Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque :

La cellule photovoltaïque est l'élément de base des panneaux solaires. Elle permet de produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire, en utilisant l'effet photovoltaïque. Ce dernier implique la production et le transport de sous l'effet de la lumière dans un matériau semi-conducteur : lorsque les photons heurtent la surface de ce matériau, ils transfèrent leur

¹⁸ http://www.raee.org/docs/formation_solaire_cnfpt/1asder,capteurs_marche.pdf .P,12.

¹⁹ Ibid.

énergie aux électrons de la matière.²⁰

Ceux-ci se mettent alors en mouvement et créant ainsi un courant électrique qui est recueilli par des fils métalliques très fins acheminé vers un onduleur et des batteries.

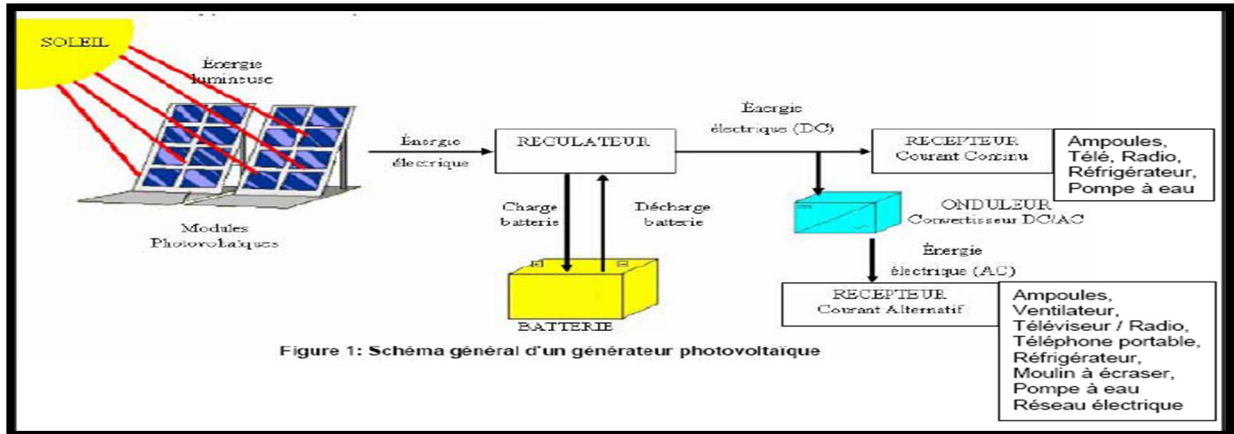


Figure n°12: schéma d'un générateur photovoltaïque.

Source : site internet²¹

2.2.4. Les composantes d'un système photovoltaïque :

2.2.4.1. Les modules PV :

Le « module photovoltaïque » est composé de « cellules photovoltaïques ». Il fournit un courant électrique continu, le montage en série est le plus adopté, il augmente la tension (volts) à la sortie du champ des modules avec moins de pertes en ligne.

2.2.4.2. Le régulateur du système :

Fait la liaison entre les modules solaires, les batteries et les consommateurs. Protège la batterie contre les surcharges et décharges profondes.

2.2.4.3. Accumulateur de batteries :

Stockent l'énergie électrique produite par les panneaux solaires.

2.2.4.4. Onduleur :

Permet de convertir le courant continu produit par les panneaux photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau électrique.

2.2.4.5. Les récepteurs et consommateurs:

Appareils à économie d'énergie et dispositifs fonctionnant à l'électricité.²²

²⁰ http://www.energie-solaire.com/jt_files/jt_files_filename_0042_1312836919.pdf

²¹ www.photovoltaiqueinfo.com

2.2.5. Champs d'application d'un panneau solaire photovoltaïque :

2.2.5.1. Isolé(ou autonome) :

Avec stockage sur batterie (sans groupe électrogène) : Cas typique d'un refuge ayant des besoins d'éclairage. En journée les capteurs rechargent les batteries et contribuent à l'alimentation des appareils. Les batteries prennent le relais lorsque les capteurs ne produisent plus suffisamment. Lorsque les batteries sont déchargées, il n'y a plus d'électricité.

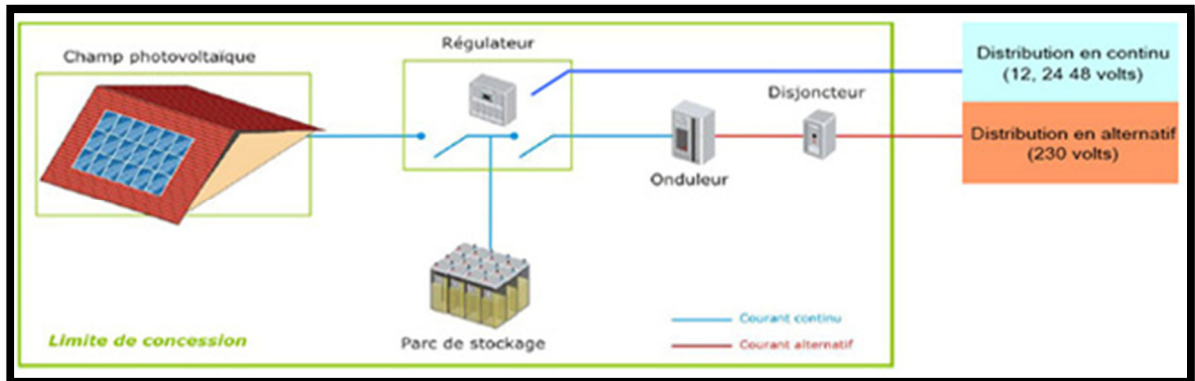


Figure n°13: schéma d'un générateur photovoltaïque de type isolé sans stockage.

Source : site internet²³

Avec stockage sur batterie et secours : Même fonctionnement que le cas précédent avec en plus un système de secours lorsque les batteries sont déchargées (ou pour alimenter un appareil très consommateur). Le secours peut être un groupe électrogène, une éolienne, une turbine hydraulique... L'alimentation électrique est assurée quelles que soient les conditions climatiques si les bons choix ont été faits.

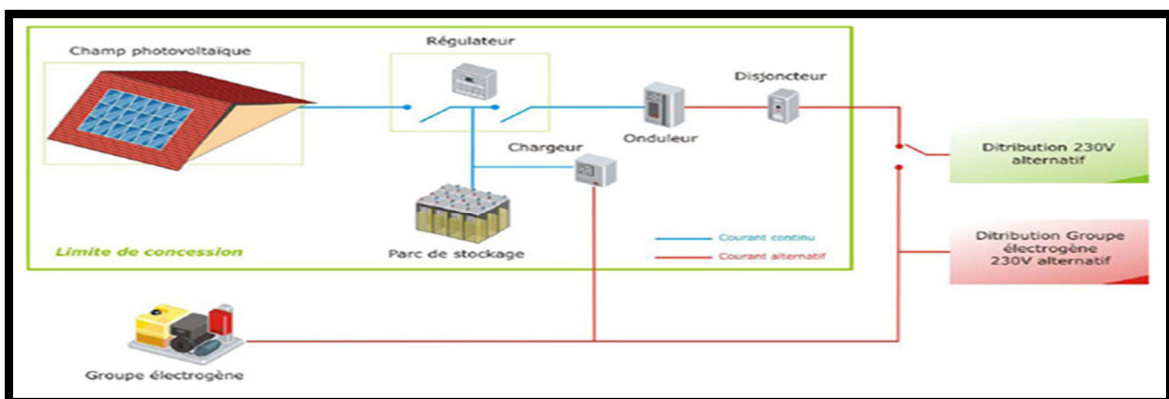


Figure n°14: schéma d'un générateur photovoltaïque de type isolé avec

Source : site internet²⁴

²² <http://www.clipsol.com/lenergie-solaire/tout-lhistorique/le-panneau-solaire.html>,page,3

²³ Ibid

²⁴ Ibid

2.2.5.2. Connecté au réseau:

L'objectif est d'utiliser le réseau de distribution afin de mutualiser l'énergie produite, car le stockage de l'électricité à grande échelle est encore complexe et coûteux. Les capteurs sont installés sur un ouvrage neuf ou existant (ou sur une surface au sol). Cet ouvrage est destiné à être physiquement raccordé au réseau de distribution pour le soutirage (consommation d'électricité du réseau) et/ou pour l'injection de la production photovoltaïque.

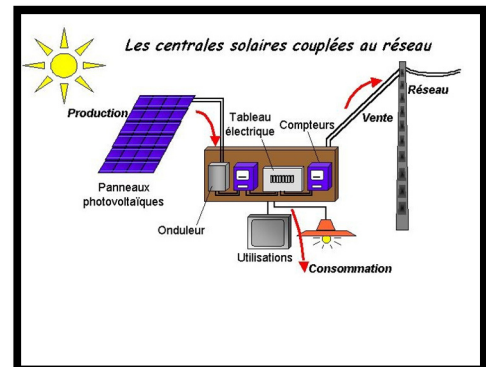


Figure n°15: schéma d'un générateur photovoltaïque connecté au réseau.

Source : site internet.²⁵

Par rapport à un système autonome, on gagne sur les points suivants :

- L'énorme avantage de cette solution est l'absence de batterie. On ne stocke plus l'énergie, on l'injecte directement dans le réseau.
- Exploitation de la totalité de l'énergie photovoltaïque issue des panneaux.
- Economie de l'ordre de 40 % sur les investissements (les batteries en moins).
- Maintenance quasi inexistante (Ce sont les batteries qui demandent le plus d'attention).

Mais Ces systèmes ne sont pas des alimentations de secours en cas de coupure du réseau, car ils ne comportent aucune réserve d'énergie. Dans certains cas, on ajoute au système une batterie de secours pour les coupures de courte durée.

2.2.6. L'orientation et l'inclinaison des modules

L'orientation des modules doit être plein sud d'une manière idéale. Toutefois, il faut tenir compte: les masques environnements, et L'orientation du site. L'objectif est de produire le plus d'énergie sur l'année. La production est maximale lorsque les rayons du soleil sont perpendiculaires au module.

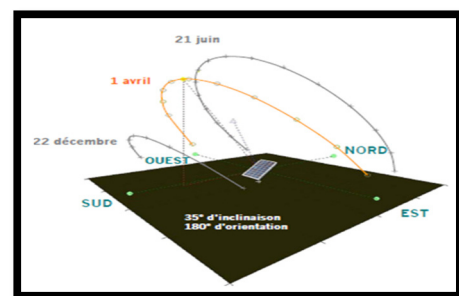


Figure n°16 : Module incliné à 35°

Source : site internet²⁶

²⁵ Axéenne ; 2008

²⁶ Ibid.

La durée d'ensoleillement est elle très variable entre l'été et l'hiver à tel point que chaque mois d'hiver représente moins de 5 % de la production totale. Celle-ci dépend de la latitude du lieu et aussi de l'orientation des capteurs.

Remarque :

- La perte de production entre un champ photovoltaïque incliné à 35° et le même champ photovoltaïque incliné à 90° en façade d'un bâtiment est de 30 % environ.
- Plusieurs variables influent sur l'angle d'inclinaison des panneaux ou elle dépend principalement de : la latitude de site géographique, climat (irradiation globale, température, ..)
- Pour la ville de Jijel avec ses coordonnées de (36, 40, 00, Nord), (5, 46,00Est) et altitude 10m : l'angle d'inclinaison optimale pour un bon rendement des panneaux est de 32° (PVGIS, site pour la base de données servant au dimensionnement des installations PV).
- Et enfin **la technologie photovoltaïque présente un grand nombre d'avantages**
D'abord, une haute fiabilité elle ne comporte pas de pièces mobiles qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.

Ensuite, le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage Simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du milliwatt au Mégawatt.

Enfin, la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions.

- Le système photovoltaïque présente toutefois des inconvénients...

La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.

Le rendement réel de conversion d'un module est faible (la limite théorique pour une cellule au silicium cristallin est de 28%).

Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs Diesel que pour des faibles demandes d'énergie en région isolée.

Enfin, lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur photovoltaïque est accru. La fiabilité et les performances du

système restent cependant équivalentes pour autant que la batterie et les composants de régulations associés soient judicieusement choisis.

2.2.7. Les nouveaux dans l'industrie des photovoltaïques :

Les progrès technologiques opérés au cours des dernières décennies dans l'industrie du solaire ont donné lieu à de nombreuses innovations en termes de procédés et de matériaux. Cellules solaires transparentes, panneaux blancs, ou encore dispositifs de stockage intelligent; autant d'alternatives susceptibles d'incarner le futur du marché du photovoltaïque.

2.2.7.1. Une cellule solaire capable de stocker l'énergie produite

Elle consiste à concilier à la fois production et stockage de l'énergie solaire. Une cellule solaire capable de produire de l'hydrogène et de l'oxygène par électrolyse de l'eau, ou hydrolyse. De quoi stocker l'énergie solaire et envisager un mode de production durable pour l'hydrogène, un potentiel carburant d'avenir.

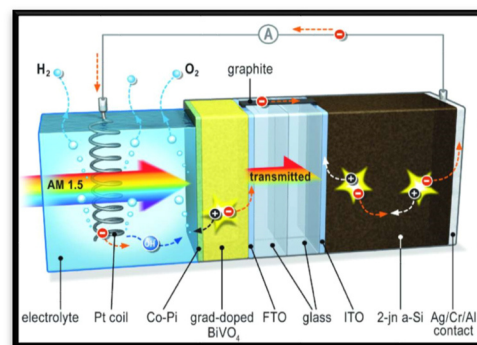


Figure n°17 : représente un panneau solaire capable de stocker l'énergie produite.

Source : site internet²⁷

2.2.7.2. Un panneau solaire blanc :

Le CSEM a développé une nouvelle technologie qui permet la réalisation de modules solaires blancs, uniformes, sans cellules ni connecteurs apparents. Le principe repose sur deux éléments : d'une part, une cellule solaire monocristalline spécialement sensible à la lumière infrarouge qu'elle va convertir en électricité, et d'autre part un film nano technologique qui a la propriété de laisser passer la lumière infrarouge et de réfléchir l'entier du spectre visible. Il est possible ainsi de fabriquer des modules de couleur blanche – ou de toute autre nuance de couleur – à partir de modules solaires standard en silicium monocristallin.



Image n°18 : représente un panneau solaire blanc.

source :site internet ²⁸

²⁷ site internet univers nature 23 août 2016

²⁸ Ibid.

2.2.7.3. Cellules photovoltaïques transparentes :

Des cellules photovoltaïques transparentes du futur fonctionnent exactement selon le même principe que les panneaux photovoltaïques classiques : ils absorbent la lumière du soleil et la transforment en énergie.

Mais les chercheurs qui ont travaillé sur les panneaux solaires du futur ont eu l'idée de placer des molécules organiques

qui attireraient la lumière sur des panneaux en verre. Une fois absorbée, la lumière est redirigée vers les bords du panneau, sur des cellules photovoltaïques qui vont la convertir en électricité. Le panneau peut donc rester 100% transparent



Image n°19 : une cellule photovoltaïque transparente

source : site internet²⁹

2.2.7.4. Un panneau solaire tournesol / Smart flower:

La Smart Flower, est tout simplement un panneau solaire en forme de tournesol, qui se pose à même le sol via une structure porteuse. Celle-ci déploie ses panneaux solaires tel un tournesol qui s'ouvre et s'oriente tout au long de la journée pour suivre le parcours du soleil afin de capter le maximum de rayon.

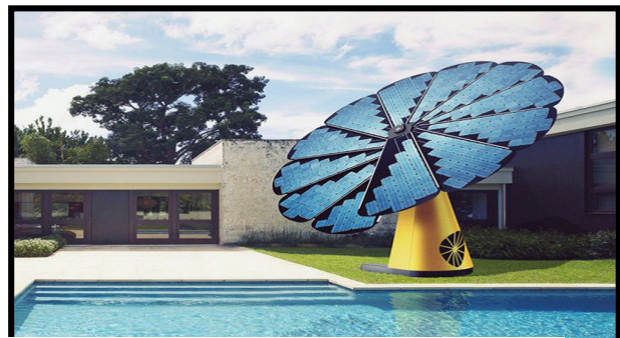


Image n°20 : représente un panneau solaire tournesol

Source : site internet³⁰

2.3. Les panneaux solaires hybrides

Les panneaux solaires hybrides sont des panneaux combinant les fonctions photovoltaïques et thermiques. On les appelle des capteurs PV/T. Ils servent à la production d'électricité et au chauffage à la fois. Ils doivent leur naissance aux soucis des fabricants de trouver une solution contre les montées de température dans les cellules PV. L'augmentation de la chaleur à l'intérieur du module résulte un mauvais rendement des panneaux PV. D'où la nécessité d'un système d'évacuation thermique.³¹

²⁹ site internet univers nature 23 août 2016.

³⁰ <https://www.infohightech.com/smartflower-le-panneau-solaire-en-forme-de-tournesol/>

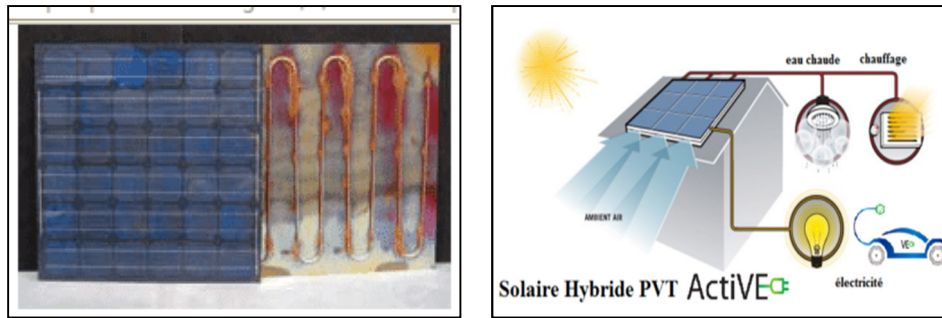


Figure n°21 : représente un panneau solaire hybride

Source : site internet³²

Il se fonctionne comme suit : les capteurs photovoltaïques sont placés sur la couche frontale du module. Les capteurs thermiques sont placés en sous-couche pour capter la chaleur générée par le fonctionnement des capteurs photovoltaïques. Comme dans un panneau solaire thermique, un fluide caloporteur circule à travers les capteurs thermiques en tubes pour récupérer la chaleur et l'acheminer jusqu'à un ballon tampon.

3. Intégration architecturale des panneaux solaires dans la conception :

En bâtiment, on a commencé, depuis le début des années 90, à développer de nouvelles idées pour intégrer des panneaux solaires comme éléments de construction des maisons ou des immeubles, en intégrant les modules dans le bâtiment, on répond aux interrogations des quelques uns sur leur occupation de la place, ainsi que leur influence sur le côté esthétique.

Le capteur solaire a une fonction précise, celle de transformer le rayonnement solaire en énergie : sous forme de chaleur ou d'électricité, ou bien les deux (panneaux hybrides) donc la présence d'un capteur solaire sur un bâtiment se justifie par une nécessité fonctionnelle, répondant à certaines contraintes techniques, et devra nécessairement faire objet d'un traitement esthétique, tout comme la fenêtre ou la porte, il doit être considéré comme un élément de composition architecturale.

Pour cela, l'architecte ou le concepteur doit l'intégrer dans l'ordonnancement d'une façade, d'une toiture ou d'un volume, tout en lui conservant ses spécificités formelles ou fonctionnelles, Mais la question se pose toujours sur l'intégration des capteurs dans le bâtiment de point de vue esthétique et technique.

3.1. Les approches d'intégration des capteurs solaires dans la conception :

Pour intégrer des capteurs solaires, il existe des approches différentes dans la construction neuve et existante :

³¹ <http://www.clipsol.com/lenergie-solaire/tout-lhistorique/le-panneau-solaire.html.page,3>.

³² <http://www.solaire-guide.fr/panneaux-solaires-hybrides/>.

1.1. Les approches d'intégration des capteurs solaires dans la conception :

Pour intégrer des capteurs solaires, il existe des approches différentes dans la construction neuve et existante :

- **Pour la construction neuve** : elle offre la possibilité très étendues, la forme et les contraintes techniques des capteurs peuvent être mariées au bâtiment pour créer des volumes architecturaux originaux homogènes et innovants d'une part, d'autre part permet de limiter le coût de la réalisation par un concepteur en amont de l'installation.
- **La rénovation d'un bâtiment existant** : elle est plus limitée, cette possibilité est parfois plus coûteuse (percement, fixation sur le bâti...), mais ces contraintes peuvent être atténuées et on peut utiliser le capteur pour l'amélioration ou la réhabilitation du bâti existant (auvent, véranda, réfection de toiture...).

1.2. la démarche d'intégration

Une intégration solaire réussie dépend de la conjugaison optimale des critères suivants :

- ❖ **Minimiser l'impact visuel des capteurs dans leur environnement proche et lointain** : on doit apprendre à regarder le bâtiment dans son intégralité, et depuis plusieurs points de vue, proches ou lointains. C'est à partir de cette vision globale du bâtiment qu'on peut envisager les différents positionnements possibles pour les capteurs et arrêter un choix.
- ❖ **Adapter forme, proportion et position du champ de capteur à la physionomie générale du bâtiment** : on veillera à respecter une certaine symétrie dans l'implantation des capteurs en alignant le champ sur les différentes composantes du bâtiment (arches, ouvertures...).une autre alternative est envisageable c'est de couvrir l'intégralité d'un pan de toiture.
- ❖ **Privilégier le capteur double fonction** : la meilleure intégration est peut-être celle où le capteur devient un composant du bâti et non un simple élément technique rapporté. Les possibilités sont nombreuses : fonction couverture, brise-soleil, allège, garde-corps, fenêtre, verrière, bardage, mur-rideau...
- ❖ **Allier performance énergétique et intégration** : une bonne intégration architecturale ne nuit pas aux performances globales du système. donc il faut veiller à bien optimiser l'inclinaison, l'orientation, éviter les ombres portées... seul un compromis permet de conjuguer intégration esthétique et rendement.

❖ **Choisir le matériel adapté :** Le marché du solaire s'est fortement développé en Europe ces dernières années, après la standardisation du matériel, on commence à proposer des types de capteurs et accessoires facilitant l'intégration du solaire dans les bâtiments. Une intégration architecturale réussie dépend aussi de la forme du champ de capteurs et de sa position dans la toiture ou la façade qui doit s'harmoniser avec les proportions du bâtiment. Des capteurs verticaux ou horizontaux de formats variables permettent de trouver le meilleur compromis esthétique. Enfin, on trouve aujourd'hui des capteurs spécifiques innovants qui permettent d'ajouter au solaire une autre fonction dans le bâtiment.

1.3. Modes d'intégration des capteurs solaires dans la conception :

1.3.1. Sur toit :

1.3.1.1. En toiture inclinée :

L'implantation des capteurs se fait le plus souvent en toiture, que ce soit dans le neuf ou dans l'existant pour tout type de bâtiment, des maisons individuelles aux bâtiments collectifs. Ceux-ci présentent l'avantage de disposer d'une grande surface de toiture, qui peut être utilisée pour produire de l'eau chaude solaire collective ou de l'électricité solaire photovoltaïque.



Image n°15: Photovoltaïque dans une habitation collective à Fribourg (Allemagne)

La pente de la toiture doit cependant être en

Source : site internet³³

adéquation avec les usages souhaités du système solaire, c'est la solution idéale au niveau architectural où capteurs font partie intégrante de la couverture. Ils remplacent les tuiles et sont fixés directement sur la charpente, de ce fait, ils s'inscrivent complètement dans le plan de la toiture.

Le panneau solaire peut prendre toutes formes du toit et la fixation se fait sur rails où attachée directement

³³ http://www.eedeurope.com/product.php.id_produc

Ou bien utiliser la nouvelle inventions des toitures imprimés /tuiles photovoltaïques ce sont des cellules solaires masquées par une impression réalisée sur la face avant du verre permet d'imprimer des tuiles ou des ardoises traditionnelles afin de préserver le caractère traditionnel de l'immeuble. Les images sont performées à l'échelle du pixel afin



Image n°16 : la tuile photovoltaïque

Source : site internet³⁴

de les rendre transparentes et d'impacter le moins possible la production électrique. La perte électrique varie entre 3% et 25% en fonction de l'image. Plus les couleurs sont éclatantes, plus la perte est importante. Les encres utilisées résistent aux UV et aux conditions climatiques extrêmes

Remarque :

Une toiture est rarement rectangulaire et il est souvent nécessaire de contourner différents obstacles (fenêtre de toit, cheminée). Grâce à la découpe sur mesure des vitrages, de préférence faire calepiner la toiture pour intégrer parfaitement les verres et réaliser ainsi un véritable travail de tailleur sur mesure photovoltaïque.



Image n°17 : intégration de la tuile photovoltaïque.

Source : site internet³⁵

1.3.1.2.En toiture terrasse :

L'implantation en toiture terrasse est souvent utilisée pour les systèmes collectifs. De manière générale, les capteurs y sont inclinés et orientés pour une production énergétique

³⁴ <http://www.issol.eu/fr/nos-produits-et-services>

³⁵ Ibid

optimale, et peuvent être masqués du sol par l'éventuel acrotère, l'impact visuel pour les passants est dans ce cas négligeable.



(1)



(2)

Image n°18 : toiture terrasse utilise un système(1) nommé souple,(2) assurant l'étanchéité de la toiture

Source : site internet³⁶



(3)



(4)

Image n°19 : toiture photovoltaïque utilise un Système(3) fixé sur dispositifs Solidaires de la structure porteuse, (4) liaisonné à l'étanchéité

Source : site internet³⁷

1.3.1.3. Verrière photovoltaïque :

Les toits en verre sont utilisés dans les constructions qui doivent être éclairées par la lumière du jour à travers la toiture. Il est possible d'utiliser des éléments photovoltaïques à couche mince Semi-transparente, qui fournissent de l'ombre et la protection contre l'éblouissement, particulièrement adaptés aux toits.

³⁶ http://www.gmpv.ffbatiment.fr/Files/pub/Fede_N95/US_TEXTES_DE_REFERENC

³⁷ Ibid



Image n°19 : l'exemple de la verrière photovoltaïque (carreau de temple),

Source : site internet³⁸

1.3.2. Sur façade :

En façade, les capteurs peuvent profiter de décrochements pour prendre leur place naturellement. Le dessin de la façade est alors structuré autour de l'élément capteur qui impose sa présence et devient une partie forte de l'architecture.



Image n°20 : l'exemple du capteur solaires en façade de l'immeuble la Golette, source : site internet

Source : site internet³⁹

1.3.2.1. Capteurs en allège, auvent, garde-corps, brise-soleil :

En allège, le capteur peut être intégré sous une fenêtre. Il peut aussi servir d'auvent pour protéger le porche de la maison, ou servir d'élément de garde-corps pour un balcon, comme il peut avoir le rôle de brise-soleil pour améliorer le confort d'été.



Image n°21 : l'exemple d'un capteur solaire constitué un auvent sur l'entrée.

Source : site internet⁴⁰

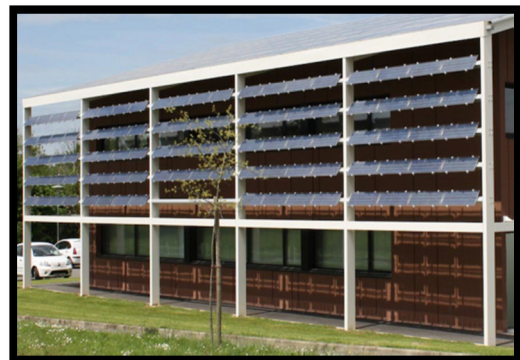


Image n°22: l'exemple d'un capteur solaire constitué brise-soleil.

Source : site internet⁴¹

³⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Carreau_du_Temple

³⁹ <http://www.photovoltaique.info>

1.3.2.2. Capteurs en couverture de décrochements de façades ou de vérandas :

Une intégration recommandée est celle de la couverture d'un décrochement de façade. L'inclinaison optimum du capteur peut ainsi être préservée. Le choix judicieux de l'orientation permet un ensoleillement maximum, donc il est naturellement intégré dans le volume architectural.



Image n°23 : l'exemple d'installation des capteurs solaires sur un volume du bâtiment.

Source : site internet⁴²

1.3.2.3. Sur paroi verticale :

S'il est possible d'intégrer des capteurs en façade (inclinés à 90°) pour l'eau chaude, le chauffage et la production d'électricité avec une orientation en plein sud si on s'éloigne la perte de rendement est devient importante. Une autre solution consiste à poser des capteurs sous forme de tubes sous vide inclinables.



Image n°24: capteurs solaires sur les murs.

Source : site internet⁴³

1.3.2.4. Façade ventilée Photovoltaïque :

Bien ventilée, une façade photovoltaïque atteint un rendement de 75% si on la compare à une installation idéalement située en toiture. Ce système de façade neuve et de reconditionnement de façade comprend un matériau photovoltaïque éprouvé qui sert de parement et un système de pose simple et performant

⁴⁰ <http://www.photovoltaique.info>

⁴¹ www.caue25.org

⁴² www.laregion.fr

⁴³ <http://www.murs-photovoltaiques.com/>

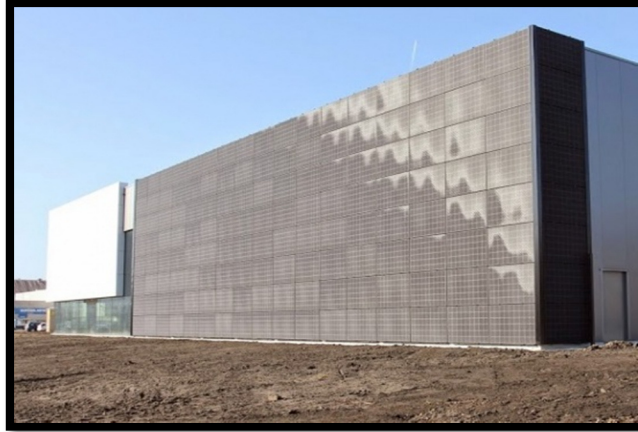


Image n°25: l'exemple d'une façade ventilée photovoltaïque,

Source : site internet⁴⁴

1.3.2.5. Façades double peau photovoltaïque :

Il s'agit d'une façade doublant l'enveloppe extérieure du bâtiment, constituée de verres feuilletés de sécurité photovoltaïques, le plus souvent semi-transparent. Son objectif est multiple : augmenter la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment, améliorer l'isolation acoustique, mais également et surtout : utiliser l'effet de serre généré par cet espace tampon. Cette chaleur piégée permettra de réchauffer les pièces et de créer une ventilation naturelle du bâtiment.

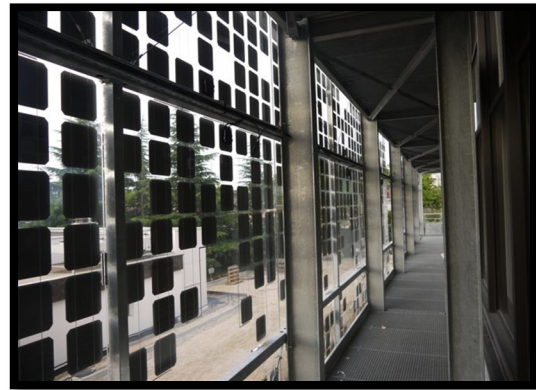


Image n°26 : exemple d'une façade double peau photovoltaïque,

Source : site internet⁴⁵

⁴⁴ <http://www.issol.eu/fr/nos-produits-et-services>

⁴⁵ Ibid

1.3.2.6. Façade Imprimée Photovoltaïque :

Qu'ils soient monolithiques, feuilletés ou assemblés en double ou triple vitrage, tous peuvent intégrer des cellules solaires. Ces cellules peuvent être masquées par une impression réalisée sur la face avant du verre. Cette impression est réalisée en atelier à partir d'une photo par exemple. Tout type de logo ou photo est possible, et a pour but de donner une fonction esthétique à la façade. Les images sont imprimées à l'échelle du pixel afin de les rendre transparentes et de limiter la perte de transmission énergétique.

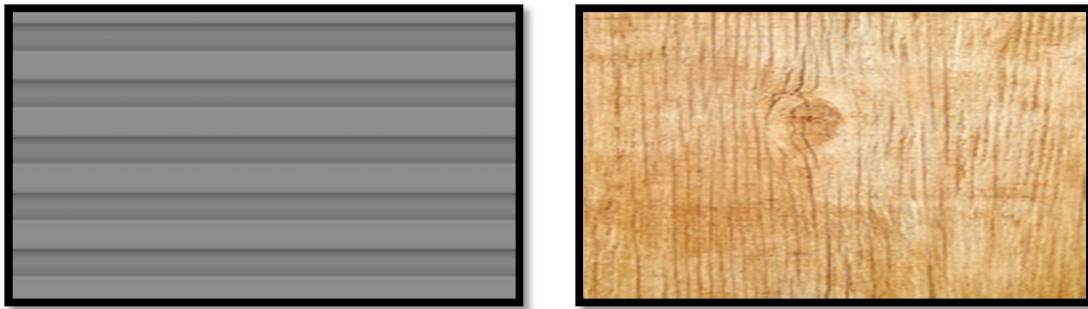


Image n°27 : exemple d'une façade imprimée photovoltaïque

Source : site internet⁴⁶

1.3.2.7. Mur Rideau Photovoltaïque:

Le mur photovoltaïque assure l'habillage extérieur et l'étanchéité à la pluie de la façade, sans participer à sa stabilité. Les verres sont maintenus par une ossature secondaire, étage par étage. Les verres peuvent être monolithiques, feuilletés ou même assemblés en double vitrage. Tous intègrent des cellules solaires.

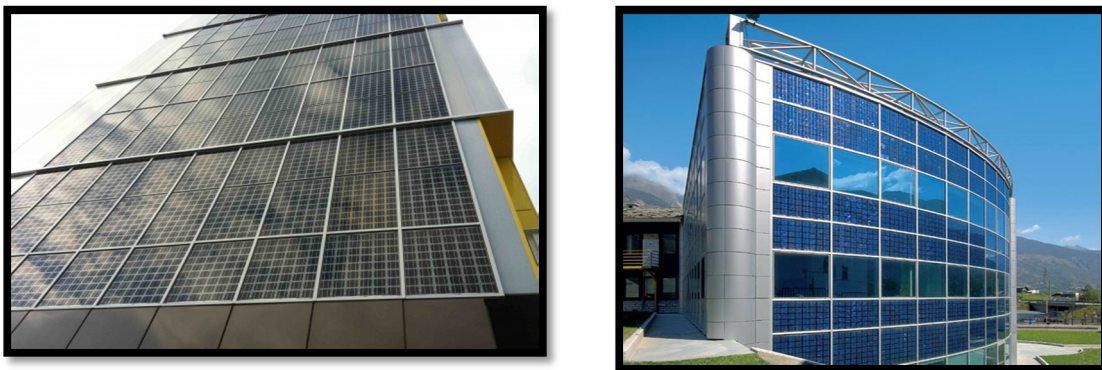


Image n°27 : exemples du mur rideau photovoltaïque.

Source : site internet⁴⁷

⁴⁶ <http://www.issol.eu/fr/nos-produits-et-services>

⁴⁷ Ibid

1.3.3. Hors bâtiment :

3.3.3.1. Capteur au sol :

Lorsque le terrain le permet, on peut utiliser la topographie pour implanter les capteurs sur la pente. Il est essentiel de respecter au maximum le terrain naturel et d'éviter tout mouvement artificiel gênant. Dans certains cas favorables, les capteurs peuvent être posés sur talus.



Image n°28: exemple Les capteurs sont disposés à l'extérieur de la maison

Il est alors nécessaire de les protéger des salissures qui pourraient diminuer leur rendement.

Source : site internet⁴⁸

L'intérêt est de simplifier la pose et d'obtenir l'angle d'inclinaison choisi pour le capteur. Cette solution est envisageable sur un talus de jardin ou sur une terrasse au pied de la maison. Le paysage environnant peut influencer sur le rendement des capteurs après d'éventuelles poussées de la végétation lui causant des masques.

3.3.3.2 Sur une dépendance :

Les capteurs solaires peuvent trouver leur place naturellement comme composants des annexes de l'habitation et qui devront être proches du bâtiment principal (serres, garages, abris...).



Image n°29: exemple d'installation des capteurs solaires sur une dépendance.

Source : site internet⁴⁹

⁴⁸ <http://www.photovoltaique.info>

⁴⁹ Ibid

2. Rendement et rentabilité :

$$\text{Capacité de PV : } C_{pv} = \frac{G_f \cdot I_r}{G_s}$$

$$\text{Nombre de PV : } N_{pv} = \frac{C_{pv}}{P_{pv}}$$

$$\text{Dimensionnement des batteries : } C = \frac{(N_j \cdot E_j)}{(d_p \cdot v \cdot n)}$$

N_j : nombre de jours d'autonomie désire (j). (2jours)

D_p : coefficient de décharge profonde (pourcentage de décharge en fin d'autonomie)

D_p : 0,8 pour les batteries solaires.

D_p : 0,6 pour les batteries industrielles.

D_p : 0,5 pour les batteries de voiture.⁵⁰

Conclusion

La tendance actuelle se tourne vers des énergies moins polluantes, plus respectueuses de l'environnement et moins coûteuses. Les installations solaires photovoltaïques offrent une solution écologique en utilisant cette source intarissable, gratuite et naturelle qu'est le soleil. Les capteurs solaires constituent des éléments déterminants pour atteindre les critères des bâtiments à énergie positive, plus simplement, ils contribuent à la réduction de la facture énergétique des bâtiments.

⁵⁰ Halloufi.w, 2017, l'intégration de l'énergie solaire dans le bâtiment séminaire, université de Jijel, département d'architecture,

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

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.

Pour bien concevoir l'éclairage naturel d'une construction, il est essentiel de se poser les bonnes questions au bon moment. Et à travers les études qu'on fait on a conclu que :

- ✓ Valoriser l'éclairage naturel dans la conception architecturale permet d'assurer un confort visuel satisfaisant tout en réalisant des économies d'énergie.
- ✓ Déterminé à un certain équilibre entre les deux poids de la balance Confort visuel et préservation dans les musées.
- ✓ 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.

L'exploitation de l'énergie solaire dans les bâtiments publics fait appel à des méthodes et des outils solaires tantôt utilisées par des architectes tantôt par les ingénieurs, ces méthodes sont nombreux et pratique pour les concepteurs à plusieurs stades du processus du projet.

A travers les exemples qu'on a étudié on a conclu que :

- ✓ L'intégration du photovoltaïque dans la toiture donne des meilleurs résultats que dans les façades.
- ✓ L'architecte c'est le 1^{er} maillon qu'il faudrait intégrer les principes du photovoltaïque dès les premières phases de la conception.
- ✓ Il faut se donner du temps pour faire un bon audit énergétique pour bien dimensionner les surfaces photovoltaïques.
- ✓ Il faut penser aux capteurs solaires comme des composants du bâti et non seulement des éléments techniques rapportés ' Une réflexion globale est donc indispensable pour faire une conception architecturale solaire, un véritable atout technique, architectural et environnemental'

CONCLUSION GENERALE

✓ L'implantation de ces panneaux exige une orientation, positionnement, inclinaison bien précise selon le site : L'orientation la plus optimale est recommandé après les études est celle de plein sud, même au sud -est et sud -ouest sont aussi favorable et peuvent donnée des résultats suffisants.

BIBLIOGRAPHIE :

Les ouvrages :

- Liebard .A & De Herde .A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique
- (concevoir, édifier, et aménager avec le développement durable), édition le moniteur, France, 2005.
- BODART, M. DE HERDE A., (1999). guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel, Ministère de la région de WALONNE, Belgique.
- Dr filix a.peuser ,karl herinz demmers et martin schanauss, installation solaire thermique (conception et mise en œuvre) ,édition le moniteur , France, 2005.
- Merlin. P et Traisment. J, énergie, environnement et urbanisme, édition presse universitaire de France ,1996 .P, 63.
- Pierre .m et Traisment.J, énergie, environnement et urbanisme, édition presse universitaire de France ,1996.
- Roulet, Y. (2005). Différentes utilisations l'énergie solaire et intégration des capteurs solaires, 34.

Rapports :

- Guide des énergies renouvelables, République algérienne démocratique et populaire ,ministère de l'nergie et des mines édition 2007
- Guide régional pour l'intégration architecturale des capteurs solaires, France 2008
- Potentiel des énergies renouvelables, Saïd Noureddine, centre de développement des énergies renouvelable CDER, alger2011
- Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, le ministère de l'énergie et des mines ,2011
- Programme national de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2030, Atelier « le Fonds des Technologies Propres pour le développement du solaire CSP » juin 2012

Séminaires :

- Halloufi.w, 2017, l'intégration de l'énergie solaire dans le bâtiment, séminaire, université de Jijel, département d'architecture, 2017

Mémoires de Magister:

- Bendekkiche, S. 2017. Optimisation de l'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse. Thèse de Magister,.p.48

- Daich, S. 2011, Simulation et optimisation du système light shelf sous les conditions climatique spécifiques. Thèse de magister, Université de Biskra, p.80
- L'impacte de l'éclairage naturel sur le confort visuel des espaces d'exposition dans les musées. Memoire . Constantine, Departement D'architecture.P ,84.
- Benamra .M : « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale » Thèse magistère 215 P promotion 2013.
- Matallah ,Z.2016 ,magistere en architecture.etude des effets de l'orientation sur le confort visul dans salles de cours avec eclairage naturel lateral.P27-28
- Meddour .S 2008,impact de l'eclairage zenithal sur la presentation et la preservation des œuvres d'art dans les musees « cas du musée cirta de constantine », (mémoire de magistère).
- L'impacte de l'éclairage naturel sur le confort visuel des espaces d'exposition dans les musées. Memoire . Constantine, Departement D'architecture.P ,84.
- Talal .S « Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie » 376P ,promotion 2007
- ZEMMOURI. N, (1987). Daylight optimasation for energy conservation in building: with reference to Algeria, University of bath. School of architecture and building engineering.

PDF :

- Paule.B epfl-enac 2007
- Beséme, O. 2011.Architecture et la lumière. [Document électronique]. France.p.5.
- Bouvier, F. (1981). Eclairage naturel. pdf . Paris.p6.
- CLhauve.P & Deribere. M. (1968). L'éclairage naturel et artificiel dans le bâtiment. pdf . Paris: Eyrolles.p61.
- cluster-meca.fr/telechargements/articles_a/1484844286.cimu.ile.seguin_gb.pdf(2007-08).
- http://www.energie-solaire.com/jt_files/jt_files_filename.pdf
- http://www.issol.eu/wp-content/uploads/2016/03/Project_Datasheets.pdf.
- http://www.raee.org/docs/formation_solaire_cnfpt/1asder,capteurs_marche.pdf .P,12.
- http://www.raee.org/docs/FORMATION_SOLAIRE_CNFPT/1ASDER_capteurs_marche.pdf.
- http://www.energie-solaire.com/jt_files/jt_files_filename_0042_1312836919.pdf
- https://www.vs.ch/NavigData/DS_331/M16558/fr/EntrezDansLEreSolaire.pdf
- L'éclairage naturel 2ème partie : Stratégies et prédétermination Suzel BALEZ L5C .3.

- le “ vade-mecum de la conservation preventive ”, 2006, pdf.
- Magali .B, 7 mars 2013 , Assurer le confort visuel UCL – Architecture & Climat.
- Manuel de conservation des documents d’archives 2003.
- MUDRI, L. (2002, Novembre). De l’hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable:. pdf . Ecole d’architecture de Paris- Belleville, Paris ,p 1-3.
- Roussillon.A , Direction de la Communication de la Région Languedoc-.P,47.
- RUBERG., W. (1988). RSB 88 : Facteurs de performance des fenêtres. pdf . canada. (RUBERG., 1988, p. Page consultée le 12 octobre 2004.
- Shigeru Ban Architects Europe - Jean de Gastines Architectes - Perspective Morph_PasserellePDF.
- Zumtobel. Guide pratique de l’éclairage. [Document électronique]. France. p.9.

Site internet :

- http://conseils-thermiques.org/contenu/panneau_solaire_thermique.php
- <http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/>
- <http://fr.wikipedia.org>.
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur_solaire_thermique
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Panneau_solaire
- <http://outilssolaires.com/installation/chauffe-eau-solaire/integration-capteurs+a89.html>
- <http://www.cel.fr/fr/solutions/solaire-thermique>
- <http://www.clipsol.com/lenergie-solaire/tout-lhistorique/le-capteur-solaire.html?page=3>
- <http://www.clipsol.com/lenergie-solaire/tout-lhistorique/lenergie-solaire.html?page=3>
- <http://www.clipsol.com/lenergie-solaire/tout-lhistorique/le-panneau-solaire.html?page=3>
- <http://www.clipsol.com/lenergie-solaire/tout-lhistorique/le-panneau-solaire.html,page,3>
- <http://www.edfenr.com/le-photovoltaique/types-de-panneaux-solaires-n798-1.aspx>
- http://www.eedeurope.com/product.php.id_produc
- http://www.eldjazaircom.dz/index.php?id_rubrique=347&id_article=4176
- <http://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/chimie-production-hydrogene>
- http://www.gmpv.ffbatiment.fr/Files/pub/Fede_N95/US_TEXTES_DE_REFERENC
- <http://www.guideoran.com/nouvelles-oran/220-aeroport-international-ahmed-benbella-la-nouvelle-aerogare-receptionnee-debut-2018.html>.

- <http://www.issol.eu/fr/nos-produits-et-services>
- http://www.leconews.com/fr/actualites/nationale/energie/projet-algero-allemand-pour-l-energie-solaire-16-10-2012-160224_289.php
- <http://www.murs-photovoltaiques.com>
- [http://www.soliwind.com/nouvel-aeroport-international-ahmed-ben-bella-oran/#after_section_1.](http://www.soliwind.com/nouvel-aeroport-international-ahmed-ben-bella-oran/#after_section_1)
- <http://www.trouvetamosquee.fr/8une-mosquee-au-kosovo-le-monotlithe-kosovar-auto-regenerant46>
- <https://dualsun.fr/2014/12/quelle-inclinaison-et-quelle-orientation-du-panneau-solaire-choisir>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Carreau_du_Temple
- <https://jlyh.wordpress.com/2010/01/03/le-panneau-solaire-photovoltaique-la-cellule-photovoltaique>
- <https://portail.cder.dz/spip.php?article2128>
- <https://www.infohightech.com/smartflower-le-panneau-solaire-en-forme-de-tournesol/>
- <https://www.maison.com/decoration/eclairage/focus-sur-eclairage-direct-econome-6049/>
- <https://www.pinterest.com/pin/538883911652171440/>
- <https://www.pinterest.com/pin/538883911652171440/>
- <https://www.pratique.fr/pourquoi-opter-pour-le-chauffe-eau-solaire-individuel.html>
- <https://www.usinenouvelle.com/article/le-premier-panneau-photovoltaique-completement-transparent>
- ttp://fr.wikipedia.org/wiki/Panneau_solaire
- www.photovoltaiqueinfo.com

ملخص

الضوء هو أحد المواد الأساسية في أي تصميم معماري، فهو يحوز على أولوية في برامج الهندسة المعمارية المعاصرة، بحيث لا يدخل الضوء فقط لغرض الحصول على الإضاءة، ولكنه أيضا وسيلة يمكننا من خلق جو لطيف، 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 في داخل أي مساحة للمعرض، تكون القيمة الكبيرة من الأعمال من أجل تحقيق الظروف الجيدة لعرض الأعمال الفنية التي يحتوي عليها. بحيث كل مساحة يجب أن تسعى لتحقيق هذا الهدف سواء بواسطة الإضاءة الطبيعية أو الاصطناعي ولتحقيق ذلك تحتاج إلى الطاقة .

و من تبعات الاستعمال المفرط لمصادر الطاقة الغير متجددة كإزالة الغابات، ضرا لوفرتها وكذا ثمنها الرخيص ظهر خطر تلوث الهواء جراء انبعاث الغازات السامة خاصة ثاني أكسيد الكربون الذي نتج عنه ما يسمى بالاحتباس الحراري دون أن نسي خطر فرز النفايات النووية المشعة .

وبالتالي فإن البحث عن مصادر الطاقة المتجددة كالرياح و المياه و الشمس اصبح اكثر من ضروري فمثلا استعمال تكنولوجيا الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء مازال يسجل بعض السلبيات من ناحية عدم قدرتها على إنتاج ما يغطي احتياجاتنا نظرا للعوامل المؤثرة (التوجيه و الميل و المعطيات الجوية) ومن ناحية أخرى كونه ذات تكنولوجيا عالمية تتطلب استثمارات كبيرة .

كلمات مفتاحية:

الإضاءة الطبيعية، متحف، الألواح الشمسية، الطاقة الشمسية

Résumé :

Utiliser l'éclairage naturel pour valoriser les œuvres exposées est aujourd'hui une évidence. Cette approche implique une conception particulière car la plupart des œuvres risquent d'être dégradées par les rayons solaires. Dans un musée, la lumière naturelle peut être un atout pour valoriser les œuvres. Elle peut aussi représenter un danger. Pour l'architecte Emmanuel N'ébout : « C'est un sujet essentiel car la lumière révèle les œuvres et l'architecture. Mais avec un impératif : le contrôle de ladite lumière. Car certaines œuvres, comme les tissus, les peintures ou les dessins ne la supportent pas. ».Donc il est nécessaire quelles soient éclairées d'une manière artificielle.

« Il convient de faire en sorte que le distinguo entre lumière artificielle, relais obligatoire lorsque la lumière du jour ne suffit plus, et lumière naturelle soit le plus discret possible », renchérit Emmanuel Nebout. Ce qui implique souvent de faire disparaître la source, artificielle ou naturelle, d'une manière ou d'une autre. L'une ou l'autre peuvent aussi être utilisées en appui ou en complément.

Pour assurer l'éclairage artificiel d'appoint, il faut d'énergie, et comme le bâtiment est l'un des grands Consommateurs d'énergie en Algérie. Cette forme d'énergie faisant largement appel aux combustibles fossiles qui sont des ressources non renouvelables provoquant des effets dévastateurs sur la nature (le réchauffement planétaire, les émissions de CO₂....) se qui expriment la nécessité de réduire la consommation de ce type d'énergie et le recours aux énergies propres respectueuse l'environnement.

Dans cette optique L'Algérie favorise une nouvelle approche en matière d'énergie, une dynamique de l'énergie verte, elle lance un programme ambitieux d'efficacité énergétique et de recours aux énergies renouvelables, Parmi ces énergies ; l'énergie solaire photovoltaïque. Pour répondre aux objectifs de notre recherche et pouvoir tester la validité de nos hypothèses, nous avons fait des études sur l'éclairage naturel et l'énergie photovoltaïque.

Mots clés : l'éclairage naturel, musée, énergies solaires, panneaux photovoltaïque.

Abstract

Using the natural light to worth the exhibited realizations is an evidence to day. this approach requires a particular conception, that roast of the whorls rile to be damage by the solar rays. It a museum, the natural light can be a requirement to worth the works it can abs represent a danger. For the architect EMMANUEL Nebord : “it is an essential topic that the light reveal/endanger the works and the architecture. but with on Impuratif control of this light. That for certain realizations like the tissus , paintings, or the drawings uthick they don't affaire it. ”

so it is necessary that they should be lightened and clarified in a natural manner .

it is advisable that the distinguo with the artificial light should be obligatory when the light of the day is not enovght and the day light can be the most descret possible renchérit emmanuel vebout .this leads to the disappearance of this leads to the disappearance of the natural or the artificial source in a way or an other to, beused as a Support or in a complementary

To ensure the artificial light of extra .we need energy ,and since the building is one of the biggest consumers of energy in Algeria ,this form of energy requires to fossil combustibles which are not renewable cause devastrice effects on the nature (like :the climatic heat and the emission of the Co2),this expresses the necessity of the shortening of the consumption of this type of energy and the use of the clean and respections energy in the nature .

In this optic ,Algeria encourages this Algeria encourages this approche in terms of energy ,a dynamic green energy .it sends an ambistions programme of energetic efficacy and the use of the renewing energy .Among this types ,the solar photovoltaic energy.

To answer our objectives in our research et to be able to test the validity of our objectives in our research et to be able to test the validity of our hypotheses we have done studies on the natural light and the photovoltaic energy .

Keywords: natural lighting, Museum, solar energies, photovoltaic panels