

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : **Architecture**

Spécialité : **Architecture**

Option : Architecture, Environnement et Technologies

Présenté par : **Hannachi Chems Eddine**

**Thème : Optimisation des ambiances lumineuse dans la conception d'un
Planétarium à Ali Mendjli (Constantine)**

Sous la direction de : Mr. Meddour Larbi

Juin 2022

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents, leur patience et leur amour m'ont donné la force de mener ce travail de recherche. Les mots ne suffiront pas pour décrire l'amour que je vous porte. À ma sœur et à mon frère pour leurs aides et encouragements.

Remerciements

Je remercie DIEU le tout puissant pour m'avoir donné toute cette force et ce courage pour
Faire aboutir ce mémoire.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur de mémoire, Mr. Meddour
Larbi. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les
personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes
réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes
recherches.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie ma sœur, et
mon frère, pour leurs encouragements.

Enfin, je remercie mes amis et collègue de classe qui ont toujours été là pour moi. Leur
soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Table des matières:

Introduction générale.....	I
Introduction :.....	II
Problématique :	II
Hypothèse :.....	III
Objectif :.....	III
Méthodologie de recherche :.....	III
Structure du mémoire :.....	III
Chapitre - I - : Écologie, conception bioclimatique et confort visuel	1
I.1. L'écologie :	2
I.1.1. Définition :.....	2
I.1.2. Définition de l'architecture écologique :.....	2
I.1.3. Les principes d'architecture écologique selon l'ONU :.....	2
I.1.3.1. Environnement intérieur sain :	2
I.1.3.2. Efficacité des ressources :	3
I.1.3.3. Matériaux écologiquement bénins :	3
I.1.3.4. Forme environnementale :.....	3
I.1.3.5. Une architecture écologique avec design conciliant :	3
I.2. Le développement durable :.....	4
I.2.1. Définition du terme :	4
I.2.2. Historique du concept :	4
I.2.3. Les piliers du développement durable :.....	5
I.2.3.1. La dimension environnementale :	5
I.2.3.2. La dimension sociale :.....	5
I.2.3.3. La dimension économique :	5
I.3. L'architecture bioclimatique :.....	5
I.3.1. Définition :	5

I.3.2.	Méthodologie de conception :	5
I.3.3.	Intérêts de l'architecture bioclimatique :	8
I.4.	La conception bioclimatique :	8
I.4.1.	Fonctionnement de la conception bioclimatique :	9
I.4.2.	Les techniques pour concevoir un bâtiment bioclimatique :	10
I.4.2.1.	Les stratégies d'éclairage naturel à travers une conception bioclimatique :	10
I.4.2.1.1.	Les ouvertures en façade :	10
I.4.2.1.2.	L'orientation et l'inclinaison des ouvertures :	11
I.4.2.1.3.	La position des ouvertures :	11
I.4.2.1.4.	La forme et la dimension des ouvertures :	12
I.4.2.1.5.	Dispositifs de distribution de la lumière naturelle	12
I.4.2.2.	Les dalles actives :	16
I.4.2.3.	Les façades et toitures végétalisées :	16
I.4.2.4.	Les protections solaires :	16
I.4.2.5.	Les protections solaires fixes :	17
I.4.2.6.	Les protections solaires mobiles :	20
I.4.2.7.	Les puits canadiens et provençaux :	22
I.5.	Le confort :	23
I.5.1.	Définition du confort :	23
I.5.2.	Les différents types de confort :	23
I.5.2.1.	Le confort hygrothermique :	24
I.5.2.2.	Le confort visuel :	25
I.5.2.3.	Les paramètres du confort visuel :	26
I.5.2.3.1.	Définitions :	26
I.5.2.3.2.	Principales sources d'inconfort visuel :	26
I.5.2.3.3.	Facteur de lumière de jour (FLJ) :	26
I.5.2.4.	Le confort acoustique :	27

I.5.2.5.	Confort olfactif (Qualité de l'air) :	28
	Conclusion:.....	28
	Chapitre - II - : musées, muséographie et planétariums	30
	Introduction:	31
II.1.	Les musées :	31
II.1.1.	Définition :	31
II.1.2.	Développement historique des musées :	32
II.1.2.1.	La préhistoire :	32
II.1.2.2.	La Grèce antique :	32
II.1.2.3.	Au 16° siècle :	32
II.1.2.4.	Au 17° siècle :	32
II.1.2.5.	Le 18° siècle :	32
II.1.2.6.	Le 19° siècle :	32
II.1.2.7.	L'évolution actuelle des musées :	33
II.1.3.	Les différents types de musées:.....	33
II.1.4.	Les fonctions d'un musée :.....	33
II.2.	La muséographie :	34
II.2.1.1.	L'éclairage d'exposition :.....	34
II.2.2.	L'éclairage et les musées :	35
II.2.2.1.	Qualité d'observation :	35
II.2.2.1.1.	Niveau d'éclairage disponible :.....	35
II.2.2.2.	Rendu des couleurs :	35
II.2.3.	L'éclairage comme moyen d'expression :	36
II.2.3.1.	Les ambiances Lumineuse :	38
II.3.	Les planétariums :	39
II.3.1.	Définition :	39
II.3.2.	Historique :	40

II.3.3.	Technique d'exposition dans l'espace « planétariums » :	40
II.3.3.1.	Megastar (Ohira Tech) :	40
II.3.3.2.	Murs vidéo LCD :	41
II.3.3.3.	Projecteur vidéo :	41
II.4.	Les musées et l'ère de l'art digital et de l'exposition interactive :	42
II.4.1.	Définition de l'art digital :	42
II.4.2.	Historique :	42
II.4.3.	Caractéristiques des arts numériques :	42
Chapitre - III - : L'état de l'art		44
Introduction:		45
III.1.	Analyse des exemples :	45
III.1.1.	Shangei Astronomy museum :	45
III.1.1.1.	Situation :	46
III.1.1.2.	Accessibilité au site :	46
III.1.1.3.	Orientation du site + Projet :	46
III.1.1.4.	Analyse de l'intérieur :	47
III.1.1.5.	Synthèse :	47
III.1.2.	Musée des sciences et de la technologie du Canada :	48
III.1.2.1.	Situation et accessibilité :	48
III.1.2.2.	Analyse de l'intérieur :	49
III.1.2.3.	Synthèse :	50
III.1.3.	Planétarium de Vaulx-en-Velin :	50
III.1.3.1.	Situation et accessibilité et orientation :	51
III.1.3.2.	Analyse de l'intérieur :	52
III.1.3.2.1.	La salle immersive (planétarium) :	52
III.1.3.2.2.	L'Agora :	52
III.1.3.2.3.	L'exposition permanente :	53

III.1.3.2.4.	Les expositions temporaires :	54
III.1.3.2.5.	Le Jardin astronomique et l’observatoire :	54
III.1.3.2.6.	La salle hors-sac (espace détente) :	54
III.1.3.2.7.	Accueil et boutique :	55
III.1.4.	California Museum of Sciences :	55
III.1.4.1.	Analyse du site :	56
III.1.4.2.	Analyse de l’intérieur :	56
III.1.4.2.1.	Foret pluvial :	57
III.1.4.2.2.	Planétarium :	57
III.1.4.2.3.	Plaza :	58
III.1.4.2.4.	Lobby + (Aquarium) :	58
III.1.4.2.5.	Salle d’exposition :	59
III.1.4.3.	Détails écologiques et stratégie durable :	59
Conclusion :		60
Chapitre - IV - : analyse du cas d’étude		62
Introduction :		63
IV.1.	Analyse du site :	63
IV.1.1.	Contexte géographique : situation et les limites de la ville d’Ali Mendjli :.....	63
IV.1.2.	Distribution d’unités autour du terrain :	64
IV.1.3.	Accessibilité :	65
IV.1.4.	Environnement immédiat :	65
IV.1.5.	Orientation :	65
IV.1.6.	Climatologie :	66
IV.1.7.	Topographie :	67
IV.1.8.	Ombre projeté présent dans le terrain (21/06) :	68
IV.1.8.1.	Habitat collectif coté EST :	68
IV.1.8.2.	AADL :	68

IV.1.8.3.	Ombre projeté présent dans le terrain (21/12) :.....	69
IV.2.	Programmation :	69
IV.2.1.	Le programme retenu :	69
IV.2.2.	L’organigramme :.....	70
IV.3.	Genèse et démarche de projet :	70
IV.3.1.	Les axes principaux :.....	70
IV.3.2.	Schéma de principe :	71
IV.3.3.	Esquisse :.....	71
IV.4.	La simulation de l’éclairage naturel :	71
IV.4.1.	Les logiciels :	71
IV.4.2.	Archiwizzard :.....	72
IV.4.3.	Cas d’étude :.....	73
IV.4.3.1.	Modélisation :.....	73
IV.4.3.2.	Le choix de l’espace a simulé :	73
IV.4.3.3.	Réglage des paramètres :.....	74
IV.4.3.4.	Réglage des matériaux et d’autres paramètres :.....	74
IV.4.3.4.1.	Configurations des baies :	74
IV.4.3.4.2.	Configurations des parois :.....	74
IV.4.3.5.	Résultat et Interprétation :	75
IV.4.4.	Besoins énergétique (du projet complet) :.....	77
IV.4.5.	Carte d’éclairage :	78
IV.4.6.	Tache solaires :.....	79
IV.4.7.	Performance des panneaux solaires photovoltaïques :.....	79
	Conclusion générale:	81
	Bibliographie:.....	83
	Résumé:.....	87

Liste des figures :

Figure 1 : Disposition conseillée des pièces.....	7
Figure 2: Apport de lumière naturelle par second jour	12
Figure 3: Les sheds et lanterneaux	13
Figure 4: Les atriums/patios et puits de lumière	14
Figure 5 : Les étagères à lumières	15
Figure 6: Les conduits à lumière	15
Figure 7: La végétation	17
Figure 8: Brise-soleil horizontaux extérieurs	17
Figure 9: Brise-soleil verticaux extérieurs	18
Figure 10: Résille extérieure	19
Figure 11: Stores à lames horizontales.....	20
Figure 12: Stores en toile	21
Figure 13: Stores réfléchissants ou à réorientation	21
Figure 14 : Stores à projection en toile	22
Figure 15 : Graphe psychométrique simplifié à une pression totale de 1'atmosphère	24
Figure 16 : Les paramètres du confort visuel	26
Figure 17: Facteurs de pollution suivant le niveau hygrothermique	28
Figure 18: Groupe de rendu,	36
Figure 19: Processus sémiotique de la construction d'une ambiance lumineuse.....	37
Figure 20 : Typologie des éclairages localisés : éclairage dirigé, éclairage focalisé et éclairage cadré (.....	37
Figure 21: Shangei Astronomy museum	45
Figure 22: les 3 formes initiales structurant le projet.....	45
Figure 23 : situation et environnement immédiat.....	46
Figure 24: situation et environnement immédiat.....	46
Figure 25:Les voies, Accessibilités et Rond-Point au près du projet.....	46
Figure 26: les vents dominant	46
Figure 27: "Walking in the solar system".	47
Figure 28: Une réplique de l'étude de Galileo.....	47
Figure 29: La torsion de l'espace et du temps est visualisée.	47
Figure 30: l'entrée principale.....	48
Figure 31: Concevoir le son	48

Figure 32: situation du projet selon la ville d'Ottawa.....	49
Figure 33: Environnement immédiat.....	49
Figure 34: Les voies, Accessibilités et Rond-Point au près du projet.....	49
Figure 35: Distribution spatial du musée	49
Figure 36: concevoir le son	49
Figure 37: salle s'exposition	50
Figure 38: La Boutique	50
Figure 39 : L'accueil.....	50
Figure 40: salle d'exposition.....	50
Figure 41: entré principales.....	51
Figure 42: L'espace planétarium du projet	51
Figure 43: situation du projet selon la ville.....	51
Figure 44: situation du projet selon le quartier	51
Figure 45: Orientation du projet.....	52
Figure 46: situation du planétarium dans le plan	52
Figure 47: l'intérieur du planétarium	52
Figure 48: l'agora.....	53
Figure 49: l'emplacement de l'agora selon le plan	53
Figure 50: l'emplacement des expositions permanentes selon le plan	53
Figure 51: Histoire d'Univers, du Big bang au grain de sable	53
Figure 53: Histoire d'Univers, du Big bang au grain de sable	53
Figure 53: Histoire d'Univers, du Big bang au grain de sable	53
Figure 54: Expositions Temporaires	54
Figure 55: l'emplacement des expositions temporaires selon le plan.....	54
Figure 56: l'emplacement de l'observatoire	54
Figure 57: le jardin astronomique vu de nuit	54
Figure 58: l'emplacement de la salle de détente selon le plan.....	55
Figure 59: l'espace détente	55
Figure 60 : l'emplacement de l'accueil selon le plan	55
Figure 61: l'accueil	55
Figure 62: l'espace foret pluvial	55
Figure 63: California Museum of Sciences	55
Figure 64: situation du projet selon la ville.....	56
Figure 65: les accès	56

Figure 66: coupe longitudinal du musée	56
Figure 67: le plan du musée	56
Figure 68: coupe sur l'espace	57
Figure 69: l'emplacement de l'espace selon le plan.....	57
Figure 70: vue de l'extérieur de l'espace	57
Figure 71: l'emplacement de l'espace selon le plan.....	57
Figure 72 : coupe sur l'espace	57
Figure 73: vue de l'intérieur de l'espace	57
Figure 74: l'emplacement de l'espace selon le plan.....	58
Figure 75: coupe sur l'espace	58
Figure 76: vue de l'espace	58
Figure 77: l'emplacement de l'espace selon le plan.....	58
Figure 78: L'espace vu d'intérieur	58
Figure 79: vu de l'espace depuis l'intérieur	59
Figure 80: vu de l'espace depuis l'intérieur	59
Figure 81: l'emplacement de l'espace selon le plan.....	59
Figure 82 : stratégie durable appliqué dans le projet.....	60
Figure 83: division de la ville en unité	63
Figure 84: La route W31 (jeune) et la route N79 (bleu)	63
Figure 85: les 2 axes principaux structurant la ville.....	64
Figure 86: Distribution des Equipements autour du terrain	64
Figure 87: Distribution des unités autour du terrain	64
Figure 88: l'accessibilité du terrain.....	65
Figure 89: Distribution des équipements autour du terrain	65
Figure 90: l'orientation du terrain avec les vents dominants	65
Figure 91 : Temperature en 2021	66
Figure 92 : Précipitation en 2021	67
Figure 93: Coupe A-A.....	67
Figure 94: Coupe A-A et Coupe B-B	67
Figure 95: Coupe B-B	67
Figure 96: l'ombre projeté de l'habitat collectif sur le terrain	68
Figure 97 l'ombre projeté de l'AADL sur le terrain	69
Figure 98: organigramme spatial.....	70
Figure 99: les axes structurant le terrain	70

Figure 100: simulation d'un trou noir	71
Figure 101: l'emplacement des 3 trous noirs	71
Figure 102: résultat final	71
Figure 103: première esquisse.....	71
Figure 104: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 décembre à 15h.....	78
Figure 105: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 décembre à 12h.....	78
Figure 106: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 décembre à 9h.....	78
Figure 107: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Mars à 9h.....	78
Figure 108 carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Mars à 15h.....	78
Figure 109: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Mars à 12h.....	78
Figure 110 carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Juin à 15h	78
Figure 111 carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Juin à 12h	78
Figure 112 carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Juin à 9h	78
Figure 113: Exposition solaire de la façade SUD	79
Figure 114: Exposition solaire de la façade NORD.....	79
Figure 115 : Exposition solaire dans le premier étage	79

Liste des photos :

Photo 1 : l'emplacement de l'habitat collectif selon le terrain	68
Photo 2 : l'emplacement l'AADL selon le terrain	68

Liste des tableaux :

Tableau 1: Avantages, inconvénients et mise en œuvre du second jour	13
Tableau 2: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des sheds et lanterneaux	14
Tableau 3: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des atriums/patios et puits de lumière.	14
Tableau 4: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des étages de lumières.....	15
Tableau 5: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des conduits de lumière	16
Tableau 6: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des végétations.	17
Tableau 7: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Brise-soleil horizontaux extérieurs	18
Tableau 8: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Brise-soleil verticaux extérieurs	19
Tableau 9: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Résilles extérieures	19
Tableau 10: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores à lames verticales	20
Tableau 11: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores en toile	21

Tableau 12: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores réfléchissants ou à réorientation	22
Tableau 13: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores à projection en toile	22
Tableau 14: Principales caractéristiques du confort des usagers dans un bâtiment	24
Tableau 15: Niveau d'éclairage minimum recommandé par activité	25
Tableau 16 : Programme du musée de shangei, Musée des sciences et de la technologie du Canada, Planétarium de Vaulx-en-Velin et le programme de l'Académie des sciences de Californie (de gauche à droite)	60
Tableau 17 : Temperature en 2021	66
Tableau 18 : Précipitation en 2021	66
Tableau 19: le programme retenu	69

Sigles et abréviations :

LCD : Liquid-crystal display

LED : Diode électroluminescente

ONU : Organisation des Nations Unies

CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

EnR : Énergie renouvelable

ICEB : L'institut pour la conception écoresponsable du bâti

HVAC : Climatisation à haute vitesse

FLJ : facteur lumière jour

IRC : Indice rendu de couleur

L'ICOM : Conseil international des musées

Introduction générale

Introduction :

L'un des problèmes majeurs auxquels la planète est actuellement confrontée est la diminution des réserves de combustibles fossiles et les dommages irréversibles causés par leur combustion¹. Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre qui augmente la température de la planète, causant des dommages irrévocables à notre environnement. En réduisant au maximum notre consommation d'énergie, nous pouvons limiter l'impact des dommages environnementaux causés par la combustion d'énergies fossiles. Cependant, comme dans le cas de la régulation thermique et de l'éclairage naturel, lorsqu'ils combinent plusieurs domaines différents et que ces domaines interagissent entre eux, les conséquences de la modification d'un paramètre dans un domaine peuvent affecter le comportement du bâtiment dans l'autre domaine. Avec les avancées impressionnantes réalisées dans le domaine de l'électronique ces dernières années, des économies d'énergie sont désormais possibles dans le domaine de l'éclairage des immeubles. Malgré le fait que l'éclairage artificiel peut consommer 20 à 60 % de l'électricité totale du bâtiment, Cependant, on peut facilement calculer qu'à l'échelle d'un pays, ces diminutions de consommation peuvent être très importantes², Ces solutions fonctionnent avec les nouvelles technologies apparues ces dernières années du fait de l'essor de la domotique.³

Problématique :

Une variété d'activités quotidiennes ne pouvait être éclairée que par la lumière naturelle pendant des siècles. Le Corbusier affirme dans son ouvrage *Vers une architecture* (1923) que les éléments architecturaux sont la lumière et l'ombre, le mur et l'espace. Les planétariums ne sort pas de cette citation d'où un projet comme celui-ci accueille différentes activités d'exposition sur mur amovible avec des vidéos projecteurs, des affichages interactifs, les ambiances lumineuse, des murs vidéo LCD et sans oublier l'espace planétarium lui-même avec ses différentes méthodes de projection, sans oublier que tous ce doit répondre au condition du confort visuel pour que les usagers de l'espace ne souffrent pas d'inconfort optique, cependant d'après ce qui est dit les planétariums doivent répondre au exigence du confort visuel et sans

¹ L'épuisement des ressources. (2022, 4 février). Consulté le 15/03/2022, à l'adresse <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/l-epuisement-des-ressources>

² Bodart, M. (2002). Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique. *Louvain: Faculté des Sciences Appliquées Unité d'Architecture, Université Catholique de Louvain.*

³ Leclercq, M., Anthierens, C., Bideaux, E., & Flambard, L. (2007). Régulation du confort visuel dans une pièce: analyse pour la mise en oeuvre. *Proceedings of 2ndes journées doctorales du Groupe de Recherche Modélisation, Analyse, Commande des systemes Complexes*, 9-11.

Introduction Générale

oublier la coloration écologique du projet qui doit être écologique en attribuant une conception architecturale passive bioclimatique et en utilisant les technologies moderne d'amélioration de qualités des espaces intérieurs en générales et les espaces d'exposition précisément

La question principale qui se pose :

- Comment maîtriser les ambiances lumineuses dans les planétariums dans la ville d'Ali Mendjli ?

Hypothèse :

- Une démarche de conception passive (bioclimatique) permet d'offrir la meilleure ambiance lumineuse intérieure tout en maîtrisant la consommation énergétique.

Objectif :

- Montrer la pertinence du concept bioclimatique dans la durabilité des planétariums
- Contribuer à la mise en œuvre d'une catégorie de musée en Algérie

Méthodologie de recherche :

Ma recherche commence par une stratégie qui comprend une approche théorique qui tente de montrer certaines caractéristiques théoriques de la conception bioclimatique, de la lumière naturelle dans les bâtiments et des besoins d'éclairage naturel dans l'espace du musée. La technique empirique sera utilisée dans la deuxième étape de cette approche lors de l'analyse d'exemples et de simulations de confort visuel et de conditions d'éclairage naturel à l'aide du logiciel Archiwizzard.

Structure du mémoire :

Ma recherche commence par un chapitre d'introduction générale qui résume le domaine de recherche, propose la formulation du problème, et les hypothèses. Il discute de la technique et identifie les objectifs de la recherche.

Mon mémoire de recherche est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre est une étude bibliographique des grands éléments des thèmes importants liés à notre sujet d'étude; il couvrira également les nombreux principes fondamentaux de la conception bioclimatique et de l'éclairage naturel en architecture.

Le deuxième chapitre combine des généralités sur les musées et la muséographie et traitera de la question de l'éclairage dans les musées, en se concentrant sur l'influence de

Introduction Générale

l'éclairage naturel sur la présentation, les planétariums et les techniques d'affichage dans cet espace, ainsi que sur les œuvres numériques.

Le troisième chapitre étudiera les musées actuels, en évaluant les domaines clés de chaque projet, tels que la manière dont les expositions sont organisées, les problèmes rencontrés et les stratégies écologiques utilisées.

Le dernier volet combine l'analyse du terrain (sélection du site), la sélection du programme du musée, la description du projet et finalement, une simulation d'évaluation du confort visuel et des conditions d'éclairage naturel dans la conception proposée à l'aide du logiciel Archiwizard.

Chapitre - I - : Écologie, conception bioclimatique et confort visuel

Introduction :

« Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs », citation de **Mme Gro Harlem Brundtland, Premier Ministre norvégien (1987)**.

L'architecture écologique se réfère à la pratique de concevoir des bâtiments créant des environnements vivants. Ces environnements travaillent pour minimiser l'utilisation humaine des ressources. Cela se reflète à la fois dans les matériaux et les méthodes de construction d'un bâtiment. Il se reflète dans l'utilisation des ressources, telles que le chauffage, l'électricité, l'eau et le traitement des eaux usées.

Le concept de fonctionnement est que les structures ainsi conçues « soutiennent » leurs utilisateurs en fournissant des environnements sains. En plus le concept vise à améliorer la qualité de vie. Ceci est en évitant la production de déchets, afin de préserver la capacité de survie à long terme de l'espèce humaine.

I.1. L'écologie :

I.1.1. Définition :

Science qui étudie les relations entre les êtres vivants (humains, animaux, végétaux) et le milieu organique ou inorganique dans lequel ils vivent ou comme une étude des relations réciproques entre l'homme et son environnement moral, social, économique⁴

I.1.2. Définition de l'architecture écologique :

L'architecture écologique est l'intention de réduire ou d'éliminer complètement les impacts environnementaux négatifs grâce à des conceptions réfléchies.

I.1.3. Les principes d'architecture écologique selon l'ONU :

I.1.3.1. Environnement intérieur sain :

Il convient de garantir que les matériaux de construction et les charpentes ne rejettent pas de substances et de gaz nocifs dans l'environnement intérieur. En fait, il existe également

⁴ ÉCOLOGIE : Définition de ÉCOLOGIE. (s. d.). Consulté le 9 juin 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/%C3%A9cologie>

des mesures supplémentaires pour nettoyer et renouveler l'air intérieur grâce à la filtration et à la plantation.⁵

I.1.3.2. Efficacité des ressources :

Toutes les mesures possibles doivent être prises pour garantir une utilisation minimale de l'énergie et des autres ressources du bâtiment. En plus les systèmes de refroidissement, de chauffage et d'éclairage doivent utiliser des méthodes et des produits économiques. Ces derniers doivent conserver ou éliminer la consommation d'énergie. La consommation d'eau et la production d'eaux usées sont minimisées.⁶

I.1.3.3. Matériaux écologiquement bénins :

Le bois utilisé est sélectionné en fonction de pratiques forestières non destructives. Également d'autres matériaux et produits doivent être considérés en fonction de la production de déchets toxiques de la production. De nombreux praticiens citent un critère supplémentaire : que les coûts environnementaux et sociétaux à long terme de la production des matériaux du bâtiment doivent être pris en compte et se révéler conformes aux objectifs de durabilité.⁷

I.1.3.4. Forme environnementale :

Toutes les mesures possibles doivent être prises pour relier la forme et le plan de la conception au site, à la région et au climat. Alors pour « guérir » et augmenter l'écologie du site il faut prendre en compte quelques mesures. En plus les aménagements doivent être faits pour le recyclage et l'efficacité énergétique. En plus d'autres considérations doivent être prises pour relier la forme du bâtiment à une relation harmonieuse entre les habitants et la nature.⁸

I.1.3.5. Une architecture écologique avec design conciliant :

Toutes les mesures possibles doivent être prises pour établir une relation efficace, durable et élégante entre l'utilisation de la zone, la circulation, la forme du bâtiment, les systèmes mécaniques et la technologie de construction. Les relations symboliques avec

⁵ Ouannes, Z. (2021, août 31). *Tout savoir sur l'architecture écologique*. Architecture Commerciale. Consulté le 9 juin 2022, à l'adresse <https://architecturecommerciale.com/architecture-ecologique-cest-quoi/>

⁶ Ibid.

⁷ Ibid

⁸ Ibid

l'histoire appropriée, la terre et les principes spirituels doivent être recherchées et exprimées. Les bâtiments finis doivent être bien construits, faciles à utiliser et beaux.⁹

I.2. Le développement durable :

I.2.1. Définition du terme :

Le développement durable se définit comme un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

I.2.2. Historique du concept :

L'expression « sustainable development », traduite par développement durable, apparaît dans la littérature scientifique au début des années 1980 (les articles par Vinogradov ou Clausen de 1981), et pour la première fois dans une publication destinée au grand public en 1987 dans le rapport intitulé *Our Common Future* (Notre avenir à tous) de la Commission mondiale pour le développement et l'environnement de l'Organisation des Nations unies rédigé par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland.

Une controverse sémantique portant sur la question de savoir s'il fallait parler de développement durable ou soutenable a existé depuis la deuxième traduction en français où l'éditeur canadien a traduit « sustainable » par le mot français soutenable¹⁰.

Les tenants du terme « durable » plutôt que du mot « soutenable » insistent sur la notion de durabilité définie comme cohérence entre les besoins et les ressources globales de la terre à long terme, plutôt que sur l'idée d'une recherche de la limite jusqu'à laquelle la Terre sera capable de nourrir l'humanité. Cependant, la traduction du terme par soutenable, plutôt que durable, peut s'expliquer aussi par de vieilles traces du mot en langue française. En effet, on trouve le mot soutenir employé dans une optique environnementale dès 1346, dans l'ordonnance de Brunoy, prise par Philippe VI de Valois, sur l'administration des forêts, recommandant de les « soutenir en bon état »¹¹. Ainsi, en matière forestière, la notion de forêt cultivée soumise à

⁹ Ibid

¹⁰ Sachs, I., 1993. *Écodéveloppement*. Paris, Syros, Alternatives économiques.

¹¹ Recueil Isambert, tome 4, p. 523

une exigence de soutenabilité, un renouvellement perpétuel de la ressource, capable d'approvisionner une flotte navale¹², existe en France depuis plus de six siècles.

I.2.3. Les piliers du développement durable :

I.2.3.1. La dimension environnementale :

Le développement des activités humaines doit se faire de façon à ne pas nuire à la capacité de renouvellement des ressources naturelles ou au bon fonctionnement des services éco-systémiques.

I.2.3.2. La dimension sociale :

Le développement harmonieux de la société humaine passe par la cohésion sociale garantissant à tous l'accès à des ressources et services de base (la santé, l'éducation...)

I.2.3.3. La dimension économique :

Le développement économique doit permettre la diminution de l'extrême pauvreté et l'exercice par le plus grand nombre d'une activité économique dignement rémunérée.¹³

I.3. L'architecture bioclimatique :

I.3.1. Définition :

« *L'architecture bioclimatique rétablit l'architecture dans son rapport à l'homme "l'occupant" et au climat extérieur et intérieur "les ambiances" »*¹⁴. L'éco conception consiste à modeler l'apparence et fonctionnement d'environnement complexes, de façon à ce que la composition et les processus contribuent à préserver et, si possible, à accroître l'intégrité des relations écologique d'une région, L'architecture bioclimatique cherche de la meilleure adéquation entre le bâtiment, le climat et ses occupants pour réduire au maximum les besoins énergétique non renouvelable [LIEBARD A. et DE HERDE A., 2005, p.60]

I.3.2. Méthodologie de conception :

La conception bioclimatique consiste à tirer le meilleur profit de l'énergie solaire, abondante et gratuite. En hiver, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. Inversement, en été, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire

¹² [PDF] projet de norme NF P 14-010-1 : Aménagement durable - Quartiers d'affaires, 3.12 page 8 [archive] lesenr.fr, 30 juillet 2012.

¹³ AMDE ; Agence de la transition énergétique, ADME.fr Consulté le 06/03/2022

¹⁴ Alain Liébard et André de Herde, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, 2006

et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment. La conception bioclimatique s'articule autour des trois axes suivants :

I.3.2.1. Capter / se protéger de la chaleur

Dans l'hémisphère nord, en hiver, le soleil se lève au Sud Est et se couche au Sud-Ouest, restant très bas (22° au solstice d'hiver). Seule la façade Sud reçoit un rayonnement non négligeable durant la période d'hiver. Ainsi, en maximisant la surface vitrée au sud, la lumière du soleil est convertie en chaleur (effet de serre), ce qui chauffe le bâtiment de manière passive et gratuite.

Dans l'hémisphère nord, en été, le soleil se lève au Nord Est et se couche au Sud-Ouest, montant très haut (78° au solstice d'été). Cette fois ci, ce sont la toiture, les façades Est (le matin) et Ouest (le soir) qui sont le plus irradiées. Quant à la façade Sud, elle reste fortement irradiée mais l'angle d'incidence des rayons lumineux est élevé. Il convient donc de protéger les surfaces vitrées orientées Sud via des protections solaires horizontales dimensionnées pour bloquer le rayonnement solaire en été. Sur les façades Est et Ouest, les protections solaires horizontales sont d'une efficacité limitée car les rayons solaires ont une incidence moins élevée.

15

Il conviendra d'installer des protections solaires verticales, d'augmenter l'opacité des vitrages (volets, vitrage opaque) ou encore de mettre en place une végétation caduque.

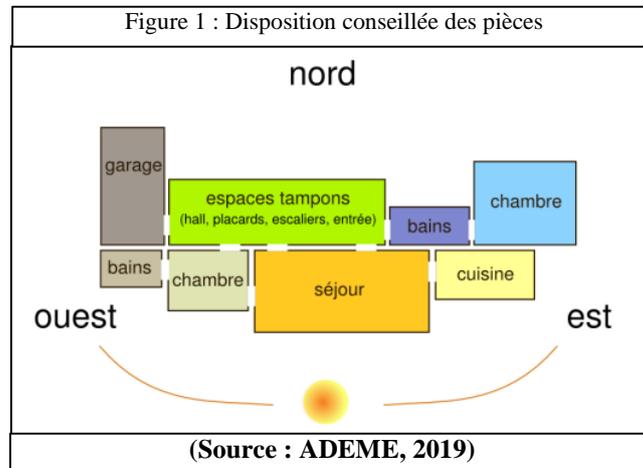
En règle générale, dans l'hémisphère nord, on propose :

Une maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, protégées du soleil estival par des casquettes horizontales,

Une minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord. En effet, les apports solaires sont très faibles et un vitrage sera forcément plus préjudiciable qu'une paroi isolée,

¹⁵ “Les principes de base d'une conception bioclimatique.” e-rt2012.fr. <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/> (consulté le 22 Mars, 2022).

Des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest afin de se protéger des surchauffes estivales. Par exemple, les chambres orientées à l'ouest devront impérativement être protégées du soleil du soir.



I.3.2.2. Transformer, diffuser la chaleur

Une fois le rayonnement solaire capté et transformé en chaleur, celle-ci doit être diffusée et/ou captée. Le bâtiment bioclimatique est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les pièces, diffuser ou évacuer la chaleur via le système de ventilation.

La conversion de la lumière en chaleur se fait principalement au niveau du sol. Naturellement, la chaleur a souvent tendance à s'accumuler vers le haut des locaux par convection et stratification thermique, provoquant un déséquilibre thermique. Afin d'éviter le phénomène de stratification, il conviendra de favoriser les sols foncés, d'utiliser des teintes variables sur les murs selon la priorité entre la diffusion de lumière et la captation de l'énergie solaire (selon le besoin) et de mettre des teintes claires au plafond.¹⁶

Les teintes les plus aptes à convertir la lumière en chaleur et l'absorber sont sombres (idéalement noires) et celles plus aptes à réfléchir la lumière en chaleur sont claires (idéalement blanches).

Il est également à noter que les matériaux mats de surface granuleuse sont plus aptes à capter la lumière et la convertir en chaleur que les surfaces lisses et brillantes (effet miroir).

¹⁶ Ibid

Une réflexion pourra également être faite sur les matériaux utilisés, pouvant donner une impression de chaud ou de froid selon leur effusivité.¹⁷

I.3.2.3. Conserver la chaleur ou la fraîcheur

En hiver, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

En été, c'est la fraîcheur nocturne, captée via une sur-ventilation par exemple, qui doit être stockée dans le bâti afin de limiter les surchauffes pendant le jour.

De manière générale, cette énergie est stockée dans les matériaux lourds de la construction. Afin de maximiser cette inertie, on privilégiera l'isolation par l'extérieur.¹⁸

I.3.3. Intérêts de l'architecture bioclimatique :

Le but de l'architecture bioclimatique est de trouver le meilleur entre la conception et la construction du bâtiment, le climat et l'environnement dans lequel le bâtiment est destiné (ou déjà implanté), et ses habitants et leurs rythmes de vie. Le design s'entend comme la création et la conception d'espaces, la construction incluant les propriétés physiques des matériaux utilisés, et leur mise en œuvre. Par conséquent, l'objectif de l'architecture bioclimatique est de tirer parti des effets bénéfiques du climat tout en offrant une protection contre les impacts négatifs, L'architecture bioclimatique permet de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel.

I.4. La conception bioclimatique :

On décrit la conception bioclimatique lors de l'adaptation de l'architecture du projet aux caractéristiques et particularités du site pour en tirer parti et éviter ses lacunes et ses contraintes. L'objectif principal est d'atteindre le confort d'ambiance souhaité de la manière la plus naturelle possible, avec le moins possible d'outils de construction, d'énergies renouvelables disponibles, de moyens techniques mécanisés et d'énergies hors site. Ces stratégies et technologies de construction visent à maximiser le soleil d'hiver et à le protéger du soleil d'été.¹⁹

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Ibid.

I.4.1. Fonctionnement de la conception bioclimatique :

L'objectif de la conception bioclimatique est d'atteindre des conditions de vie adéquates et agréables ainsi qu'un confort ambiant (température, luminosité, hygrométrie, etc.). Comment ? De la manière la plus naturelle possible, en mettant en œuvre avant tout des moyens architecturaux tels que l'orientation du bâtiment, les énergies renouvelables disponibles sur place et en utilisant le moins d'énergie possible à l'extérieur du lieu.²⁰

Dans le cadre de la conception bioclimatique, les six éléments clés à prendre en compte sur le bâti sont :

- Trouver les bons compromis entre la luminosité naturelle, l'éblouissement et le confort thermique en hiver comme en été.
- Laisser à l'occupant la possibilité de reprendre la main sur la lumière artificielle.
- Assurer le confort d'été en évitant les climatisations puissantes.
- Trouver des solutions de protection solaire permettant d'éviter les surchauffes d'été tout en laissant pénétrer la lumière dans le bâtiment et en favorisant les apports gratuits en hiver.
- Assurer l'étanchéité à l'air.
- Optimiser l'inertie thermique à l'aide d'outils de simulation thermique dynamique.²¹

Concernant la mise en œuvre, six éléments clés sont également à prendre en compte :

- ✓ **Émission** : elle doit rester maîtrisable par l'utilisateur.
- ✓ **Production** : veiller à la compatibilité avec le niveau de température des émetteurs ; faire attention au surdimensionnement.
- ✓ **Régulation** : anticiper les surchauffes, envisager systématiquement la régulation terminale qui seule prend en compte les apports internes. Sa manipulation doit rester compréhensible par tous.
- ✓ **Ventilation** : évaluer attentivement les gains par rapport aux pertes (coûts de maintenance, conjonction avec le chauffage, etc.).

²⁰ *Comment bien reconnaître un type de musée ?* (s. d.), passeurs de mémoires. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.passeursdememoires.fr/quels-sont-les-differents-types-de-musee/>

²¹ Ibid.

- ✓ **Consommation des auxiliaires** : le CCTP doit être précis et accompagné d'un effort pédagogique sur le chantier.
- ✓ **EnR** : être vigilant sur la complexité des schémas.

I.4.2. Les techniques pour concevoir un bâtiment bioclimatique :

I.4.2.1. Les stratégies d'éclairage naturel à travers une conception bioclimatique :

Avant d'aborder la conception en éclairage naturel d'un bâtiment, il s'agit de comprendre quelles sont les possibilités qui lui seront offertes par les contraintes et exigences diverses. Celles-ci peuvent être d'ordre contextuel et géographique (latitude du site, masques environnants), programmatiques (exigences des démarches environnementales ou des réglementations) ou d'usage (type de bâtiment et d'utilisateurs).

Valoriser l'éclairage naturel dans la conception architecturale bioclimatique permet d'assurer un confort visuel satisfaisant tout en réalisant des économies d'énergie. La réussite d'un tel objectif découle d'un paramétrage précis entre :

- Besoins et possibilités d'éclairage naturel d'un bâtiment ;
- Dispositifs d'éclairage naturel et électrique ;
- Besoin en chauffage et rafraîchissement

Ce paramétrage est effectué au moment de la conception, mais il peut également être effectué en interagissant avec l'utilisateur. Par la régulation, la protection solaire ou l'aménagement intérieur.²²

I.4.2.1.1. Les ouvertures en façade :

Même s'il n'est pas le plus efficace, la baie vitrée en façade est le moyen le plus simple et le plus répandu d'apporter de la lumière naturelle à l'intérieur d'un local. Cependant, une grande surface de vitrage sur une façade ne permet pas à elle seule de définir si l'éclairage naturel sera optimisé. En complément, il convient d'en paramétrer précisément

- L'orientation et l'inclinaison,
- La position,

²² Bio-Tech. (2014, mars). l'institut pour la conception écoresponsable du bâti (l'ICEB)., à l'adresse https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide_bio_tech_eclairage_naturel.pdf , Consulté le 8 juin 2022

- La forme et les dimensions,
- Les matériaux de transmission,
- Le type de menuiserie.

I.4.2.1.2. L'orientation et l'inclinaison des ouvertures :

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

- Les ouvertures en toiture sont celles qui peuvent apporter le plus de lumière naturelle pour une même surface et les orientations Nord sont les plus défavorisées.
- La dynamique de la lumière naturelle (niveau d'éclairage et température de couleur) est plus faible au nord qu'au sud, ce qui peut être ressenti de façon différente selon les individus,
- L'éblouissement est plus facile à gérer au sud qu'à l'est et à l'ouest où le soleil est plus bas sur l'horizon, ce qui permet de conserver plus longtemps la vue sur l'extérieur,
- L'orientation nord simplifie la problématique de la gestion des protections dans les espaces partagés mais la faible pénétration de rayonnement solaire direct peut être perçue par certains individus comme frustrante,
- Les baies horizontales en toiture peuvent générer des surchauffes importantes. Pour y remédier, des protections solaires extérieures peuvent être préconisées, celles-ci diminuent cependant les apports de lumière naturelle.

I.4.2.1.3. La position des ouvertures :

La position des ouvertures sur la façade aura un impact sur la répartition de la lumière naturelle dans le local qu'elles éclairent. Les impostes permettent à la lumière naturelle d'entrer plus en profondeur dans un local. En revanche, les ouvertures situées en dessous de la hauteur du plan utile auront peu d'impact sur la quantité de lumière qu'il recevra. On observe également qu'une zone d'ombre est créée sous l'allège dans le cas d'ouvertures trop hautes.²³

²³ Ibid

I.4.2.1.4. La forme et la dimension des ouvertures :

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

- une fenêtre large à la place de plusieurs petites fenêtres étroites afin de limiter une succession de contrastes forts,
- à surface vitrée égale, on choisira une forme de baie et une position sur le mur qui offre, dans la mesure du possible, une vue sur le sol extérieur, le paysage et le ciel.

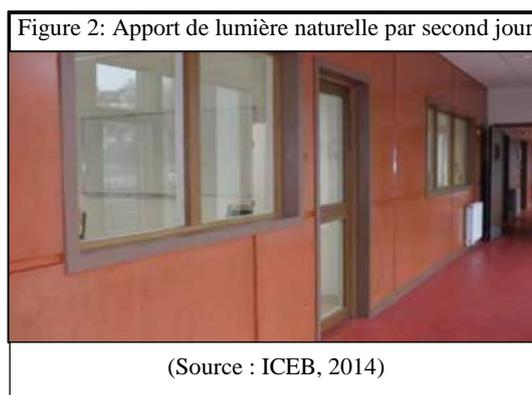
De plus, les baies de grande dimension auront une proportion de cadre moins importante, ce qui limite les déperditions thermiques et augmente l'apport de lumière naturelle, la menuiserie pouvant représenter jusqu'à 25 % de la surface de l'ouverture en cas de baies étroites.²⁴

I.4.2.1.5. Dispositifs de distribution de la lumière naturelle

Il existe un certain nombre de dispositifs techniques et architecturaux qui permettent d'apporter ou de redistribuer la lumière naturelle dans un local, en voici une liste non exhaustive.

❖ Le second jour :

Apport de lumière naturelle par une ouverture donnant sur un espace bénéficiant de lumière du jour directement depuis l'extérieur.



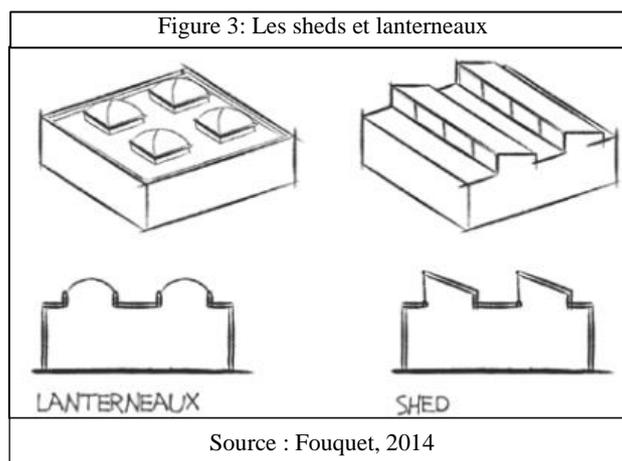
²⁴ Ibid

Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Permet de créer une impression de lumière naturelle dans un local privé de premier jour et de le faire bénéficier de la dynamique de la lumière naturelle.	N'offre pas (ou rarement) de vue sur l'extérieur. Ne permet pas d'obtenir des niveaux d'éclairement suffisants pour effectuer une tâche visuelle.	Dispositif adapté aux locaux à occupation passagère comme par exemple les circulations ou les espaces reprographie. Ou encore locaux avec premier jour éclairés en fond de pièce par une circulation adjacente.

Tableau 1: Avantages, inconvénients et mise en œuvre du second jour (Source : ICEB, 2014)

❖ **Les sheds et lanterneaux :**

Apport de lumière naturelle zénithale par une ouverture donnant sur l'extérieur.



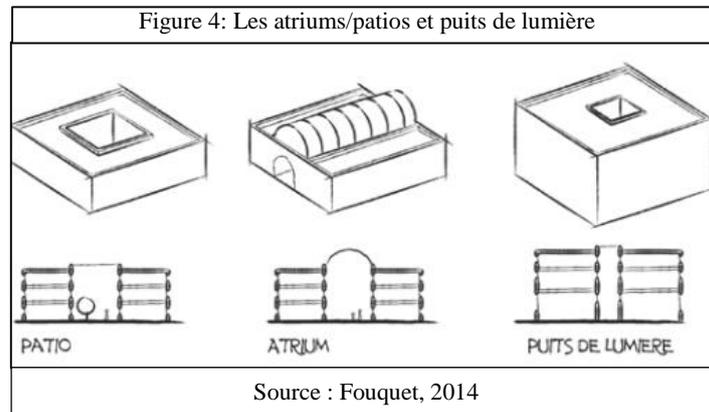
Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
À surface égale, les prises de jour horizontales permettent d'offrir deux fois plus de lumière qu'une fenêtre verticale. Bon moyen d'améliorer l'uniformité en fond de pièce ou d'apporter de la lumière naturelle dans	N'offrent pas de vue sur l'extérieur. Des déperditions et surchauffes peuvent être générées. Il conviendra de choisir un facteur solaire adapté, notamment par une protection solaire extérieure. Possibilité d'éblouissement par le soleil direct au travers	Pour les sheds, veiller à orienter l'ouverture au nord pour ne pas laisser pénétrer le rayonnement solaire direct. Choisir un coefficient de réflexion lumineuse le plus élevé possible pour les costières des lanterneaux.

les circulations du dernier niveau d'un bâtiment.	des lanterneaux si le vitrage n'est pas diffusant.	
---	--	--

Tableau 2: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des sheds et lanterneaux (Source : ICEB, 2014)

❖ **Les atriums/patios et puits de lumière :**

Apport de lumière naturelle par un volume extrudé plus ou moins grand au cœur d'un bâtiment.

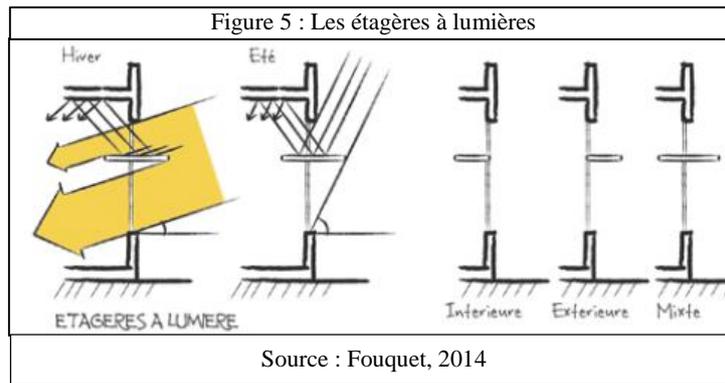


Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
La création d'un atrium/patio au centre d'un bâtiment peut être une solution adaptée dans le cas d'une construction à la géométrie compacte (i.e. carrée).	N'offre pas ou peu de vue sur l'extérieur. L'apport de lumière naturelle chute rapidement d'un étage à l'autre (diminution rapide de la composante directe). Peut poser des problèmes de vis-à-vis et d'intimité.	Préférer cette solution pour des bâtiments peu élevés ou veiller à ce que la largeur du patio/ atrium soit supérieure à la hauteur du bâtiment Veiller à choisir un coefficient de réflexion lumineuse élevé pour les parois et le sol. Préférer un patio ouvert à un atrium fermé qui pourra diminuer jusqu'à 30 % la quantité de lumière naturelle

Tableau 3: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des atriums/patios et puits de lumière. (Source : ICEB, 2014)

❖ **Les étagères à lumières :**

Dispositif permettant de rediriger la lumière naturelle en fond de pièce à l'aide d'un plan réfléchissant positionné sur une baie (généralement un tiers de la hauteur de la fenêtre sous le linteau) et perpendiculairement (ou légèrement incliné) à celle-ci.

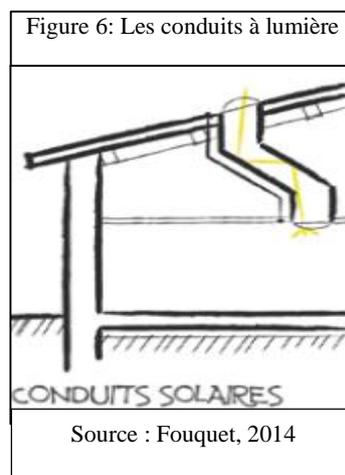


Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Diminue les niveaux d'éclairage élevés à proximité de la fenêtre et améliore donc l'uniformité. Permet d'apporter de la lumière naturelle en fond de pièce. Peut servir de brise-soleil en été sur une façade sud. Permet de bénéficier des apports solaires en hiver sur une façade sud.	Dans le cas d'une étagère à lumière couplée à un brise-soleil, les performances du système peuvent chuter rapidement si un entretien et un nettoyage régulier ne sont pas effectués	Préférer la mise en place de ce système sur une façade sud.

Tableau 4: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des étagères de lumières (Source : ICEB, 2014)

❖ **Les conduits à lumière :**

Tube en matériau ultra réfléchissant (classiquement de l'aluminium) qui collecte la lumière en toiture et la conduit dans le bâtiment.



Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Permet d'apporter de la lumière naturelle dans des locaux défavorisés ou en fond de pièce. Un système performant pourra apporter de la lumière naturelle à travers plusieurs étages.	Le rendement peut chuter rapidement si le tube est long. Des déperditions thermiques et problèmes d'étanchéité à l'air peuvent apparaître si la mise en œuvre n'est pas soignée.	Maximiser le coefficient de réflexion lumineuse des parois du tube (supérieur à 0,95) pour une efficacité maximale. Veiller à une bonne isolation thermique sur toute la longueur. Pour un rendement efficace (> 50 %), il est conseillé de choisir un ratio longueur/ diamètre inférieur à 10.

Tableau 5: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des conduits de lumière (Source : ICEB, 2014)

I.4.2.2. Les dalles actives :

Le principe consiste à faire circuler de l'air extérieur ou de l'eau dans les planchers de l'immeuble afin de refroidir la masse thermique du bâtiment.

I.4.2.3. Les façades et toitures végétalisées :

Elles permettent d'améliorer le confort d'été tout en contribuant aux exigences urbanistiques de végétalisation de parcelle

I.4.2.4. Les protections solaires :

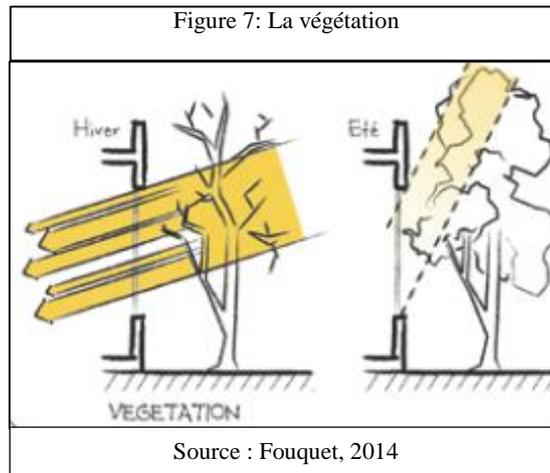
Les protections solaires peuvent prendre de multiples formes, elles répondent généralement aux objectifs suivants :

- La limitation de l'éblouissement ;
- La diminution des surchauffes ;
- La préservation de l'intimité des occupants ;
- L'occultation des locaux ;
- Le parti architectural ;
- L'augmentation du pouvoir isolant.

On distingue deux familles de protections solaires : **les protections fixes et mobiles.**

I.4.2.5. Les protections solaires fixes :

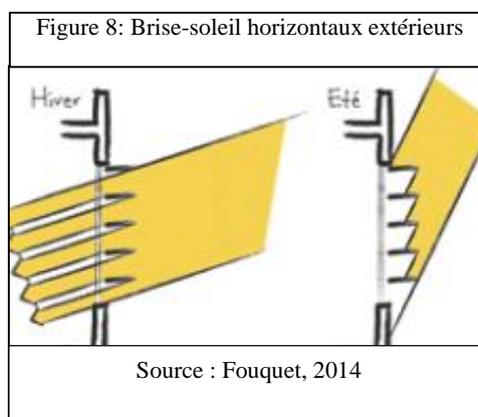
❖ **La végétation :**



Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Pour les niveaux bas d'un bâtiment, une végétation à feuilles caduques peut bloquer le rayonnement solaire direct au printemps et en été et le laisser passer en hiver de manière à bénéficier des apports solaires. Faible coût de mise en œuvre.	Des végétaux trop denses peuvent diminuer l'éclairage naturel de manière drastique en été, incitant les usagers à utiliser l'éclairage électrique. Les étages hauts sont moins bien protégés.	Veiller au bon dimensionnement et positionnement des végétaux pour ne pas trop assombrir le local en été. Élagage régulier à prévoir

Tableau 6: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des végétations. (Source : ICEB, 2014)

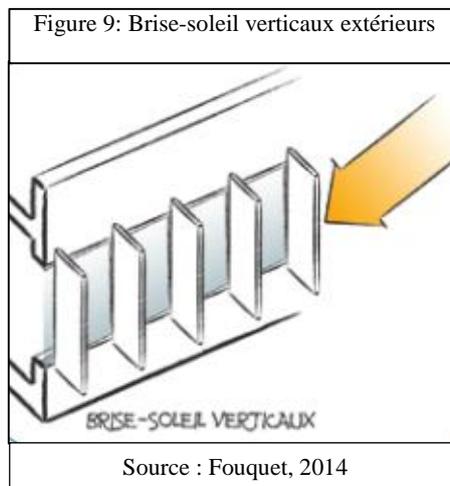
❖ **Brise-soleil horizontaux extérieurs :**



Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
<p>Si l'orientation est franche (plein sud) et que le système est bien dimensionné, il permet de bloquer la pénétration du rayonnement solaire direct au printemps et en été pour éviter les surchauffes.</p> <p>Permet également de bénéficier des apports solaires en période d'automne et d'hiver.</p>	<p>Diminue la composante diffuse de la lumière naturelle. Éclairagements médiocres sous des conditions de ciel couvert.</p> <p>Parti architectural fort.</p>	<p>Ne préconiser que pour une orientation sud.</p> <p>Peut-être couplé avec un système d'étagère à lumière.</p> <p>Une protection solaire mobile intérieure est recommandée en complément pour prévenir la gêne potentielle due à la pénétration du rayonnement solaire direct en automne et en hiver et les situations d'éblouissement</p>

Tableau 7: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Brise-soleil horizontaux extérieurs (Source : ICEB, 2014)

❖ **Brise-soleil verticaux extérieurs :**

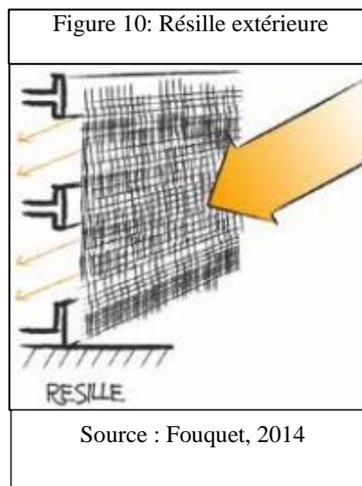


Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
<p>Permet de réduire considérablement la pénétration du rayonnement solaire direct.</p>	<p>Fort impact sur l'éclairage naturel et la vue sur l'extérieur. Éclairagements médiocres sous des conditions de ciel couvert.</p> <p>Selon la position des usagers</p>	<p>A préconiser sur les façades est et ouest uniquement.</p> <p>S'assurer de la bonne inclinaison et du bon dimensionnement des lames en fonction de l'orientation</p>

	à l'intérieur, la vue sur l'extérieur peut être très réduite, à moins d'utiliser des panneaux perforés. Parti architectural fort.	de la façade pour un maximum d'efficacité. À éviter dans les locaux à occupation permanente.
--	---	--

Tableau 8: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Brise-soleil verticaux extérieurs (Source : ICEB, 2014)

❖ **Résille extérieure :**

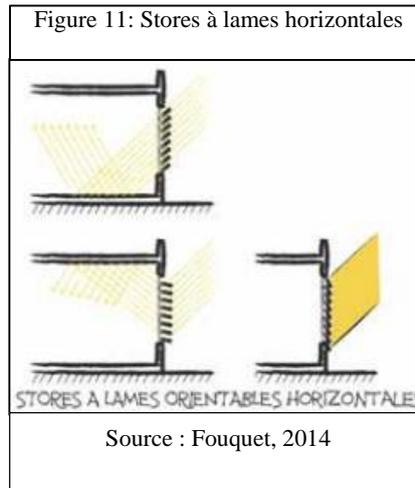


Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
En fonction du pourcentage de perforation, le système peut permettre de bloquer le rayonnement solaire direct tout en conservant une vue sur l'extérieur.	Si la protection solaire est forte, l'éclairage naturel sera considérablement réduit dans le local. Dispositif fixe qui ne permet pas de bénéficier de la dynamique de la lumière naturelle. Éclairages médiocres sous des conditions de ciel couvert. Parti architectural fort.	Plus adapté à des façades largement vitrées. À éviter dans les locaux à occupation permanente.

Tableau 9: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Résilles extérieures (Source : ICEB, 2014)

I.4.2.6. Les protections solaires mobiles :

❖ Stores à lames horizontales :



Les stores à lames peuvent être positionnés à l'extérieur, à l'intérieur ou encore dans la lame d'air d'un double ou triple vitrage. Avantages communs à ces trois solutions :

- Permettent de bloquer le rayonnement solaire direct tout en conservant une vue sur l'extérieur si les lames sont bien orientées,
- Transmission et distribution lumineuse variable qui permet de bénéficier de la dynamique de la lumière naturelle.

Il est important de noter qu'un store à lames sombres laissera pénétrer jusqu'à deux fois moins de lumière naturelle qu'un store à lames claires.

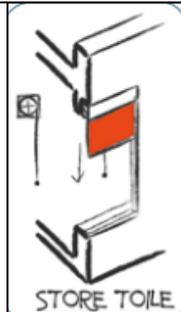
❖ Stores à lames verticales :

Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Si bien orientés, peuvent permettre de bloquer le rayonnement solaire direct tout en conservant une vue sur l'extérieur.	Efficacité limitée contre les apports solaire car localisés à l'intérieur.	Préférable pour des orientations est et ouest.

Tableau 10: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores à lames verticales (Source : ICEB, 2014)

❖ **Stores en toile :**

Figure 12: Stores en toile



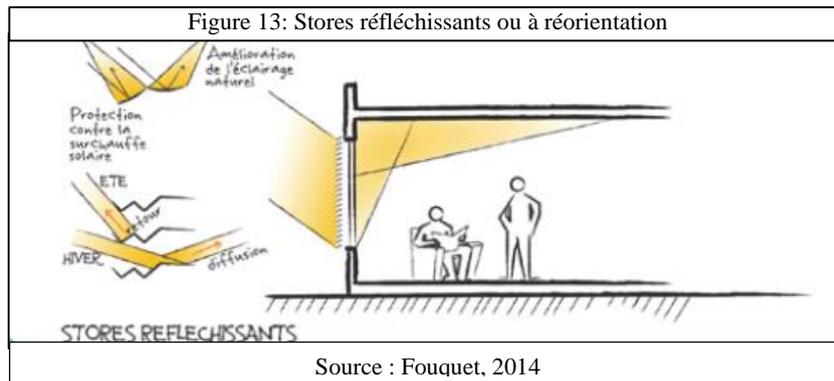
Source : Fouquet, 2014

Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Différents degrés de perforation sont disponibles. La vue vers l'extérieur est conservée lorsqu'ils sont fermés. Efficaces contre les apports solaires si positionnés à l'extérieur.	Ventilation naturelle peu efficace lorsqu'ils sont fermés. Sensibles aux intempéries si positionnés à l'extérieur	Maintenance régulière requise. Éviter les couleurs franches pour ne pas modifier la température de couleur de la lumière naturelle entrant dans le local.

Tableau 11: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores en toile (Source : ICEB, 2014)

❖ **Stores réfléchissants ou à réorientation :**

Figure 13: Stores réfléchissants ou à réorientation



Source : Fouquet, 2014

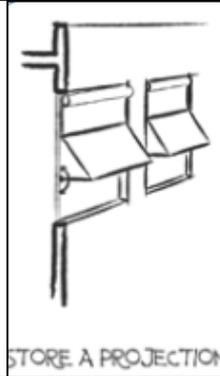
Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Optique soignée qui permet d'optimiser l'éclairage naturel en toute saison	Système coûteux	Une mise en œuvre et maintenance par des spécialistes peut être nécessaire. Utilisation

		différente en fonction de l'orientation de la façade.
--	--	---

Tableau 12: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores réfléchissants ou à réorientation (Source : ICEB, 2014)

❖ **Stores à projection en toile :**

Figure 14 : Stores à projection en toile



Source : Fouquet, 2014

Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Permet de bénéficier d'une protection solaire efficace tout en conservant une vue sur l'extérieur. Permet un bon éclairage naturel notamment grâce aux réflexions sur le sol extérieur. Offre une ventilation naturelle efficace.	Sensible aux intempéries.	Similaire aux stores en toile extérieurs

Tableau 13: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des Stores à projection en toile (Source : ICEB, 2014)

I.4.2.7. Les puits canadiens et provençaux :

Cette technique permet de préchauffer ou de pré-refroidir l'air neuf d'un système de ventilation mécanique par l'intermédiaire d'un conduit d'amenée d'air enfoui à quelques mètres dans le sol.

I.5. Le confort :

I.5.1. Définition du confort :

Larousse Français définit le confort comme un Ensemble des commodités, des agréments qui produit le bien-être matériel ; bien-être en résultant.²⁵

Mais de façons plus technique le confort est la résultante de la sensation de bien-être sur le plan physique et mental. Le confort se distingue par les sens tels que la sensation de froid ou de chaleur, le sens olfactif (odeurs), le sens auditif (le bruit), et la vision (couleurs, équipements ou non, ...).²⁶

I.5.2. Les différents types de confort :

Le confort des usagers a quatre dimensions : hygrothermique, visuel, acoustique et la qualité de l'air. Selon le climat, la situation géographique, la région et les coutumes culturelles, par définition, les sentiments subjectifs de confort peuvent varier considérablement. Pour répondre au mieux aux attentes des utilisateurs, les concepteurs de projets doivent Avoir une idée claire de la zone de confort optimale qu'ils attendent du bâtiment en conception. Des recherches ont été menées dans la plupart des régions du monde pour mieux comprendre ce concept en fonction du contexte local et de ses diverses dimensions.²⁷

Le Tableau 1 synthétise les caractéristiques de la notion de confort et des types d'actions possibles.

Éléments	Confort hygrothermique		Confort visuel	Confort acoustique	Confort olfactif (Qualité de l'air)		
	Chaleur	Froid	Lumière	Bruits	Humide	sec	qualité
Gestion naturelle	Éviter et expulser les	Capter et retenir les	Contrôle de la lumière naturelle et de	Isolation, absorption,	Ventilation naturelle et poussée	Cheminée perse	Contrôle des infiltrations,

²⁵ Dictionnaire Larousse Français

²⁶ climamaison.com (consulté le 22 Mars 2022).

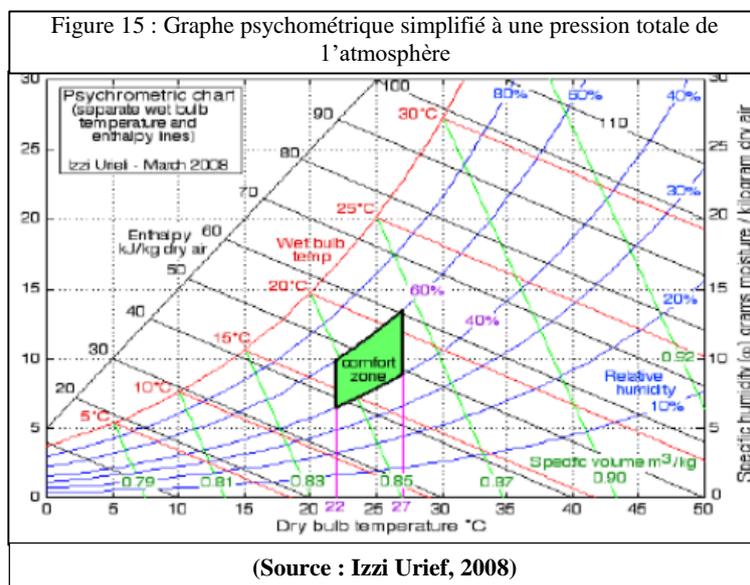
²⁷ L'agence belge de développement. "MANUEL DE BONNES PRATIQUES ARCHITECTURALES Éco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments." enabel.be. https://www.enabel.be/sites/default/files/manuel_eco-construction_fr.pdf (consulté le 22 Mars 2022).

	calories	calories	la réflexion des parois	réverbération des parois et mobilier	cheminée solaire, puits provençal		ventilation contrôlée
Gestion mécanique	HVAC	Chauffage	Lumière artificielle	Panneaux amovibles	Déshumidificateur	Brumisateur	Extraction/pulsion mécanique avec filtres
Minimum	18-21°C		100 à 300Lux suivant les activités	Fonction de la durée d'exposition et du local : <40dB(A) pour un bureau	40%		Renouvellement min. de 2 volumes/heure
Maximum	22 à 27°C°		300 à 750Lux suivant les activités Éblouissement	< 60dB(A) pour une salle de réunion	60%		Pour 26°C, vitesse max de l'air 0.20m/s

Tableau 14: Principales caractéristiques du confort des usagers dans un bâtiment
(Source : L'agence belge de développement)

I.5.2.1. Le confort hygrothermique :

Le confort hygrothermique traduit la nécessité de dissiper le pouvoir métabolique de l'organisme. Humain grâce à l'échange de chaleur latente par évaporation de l'eau dans



l'atmosphère. Il correspond à la plage de températures et de teneur en eau autour de laquelle l'organisme humains se trouve agréable.²⁸

I.5.2.2. Le confort visuel :

Le confort visuel fait référence au flux lumineux nécessaire pour assurer une vision optimale dans un intérieur. Il implique différents aspects, dont la luminance²⁹ et l'intensité lumineuse³⁰. Pour permettre aux personnes d'exécuter leurs activités dans un intérieur sans fatigue visuelle excessive, un éclairage adéquat doit être assuré de façon constante et sans éblouissement. L'éclairage peut être fourni par la lumière du jour, l'éclairage artificiel ou une combinaison des deux ; le concept d'efficacité énergétique, privilégiant la première option. La lumière naturelle est composée des rayons directs du soleil et d'une lumière diffuse et stable venant du ciel. L'éclairage naturel a également des contraintes. Il change constamment d'intensité et de couleur et peut parfois éblouir. De plus, la pénétration directe des rayons du soleil au travers du vitrage dans un bâtiment induit un apport calorifique pouvant devenir problématique en période chaude.³¹

Type d'espace	Éclairage (Lux)
Bureau	300
Couloir	50
Escalier	100
Sanitaires	100

Tableau 15: Niveau d'éclairage minimum recommandé par activité

(Source : L'agence belge de développement)

²⁸ Ibid,

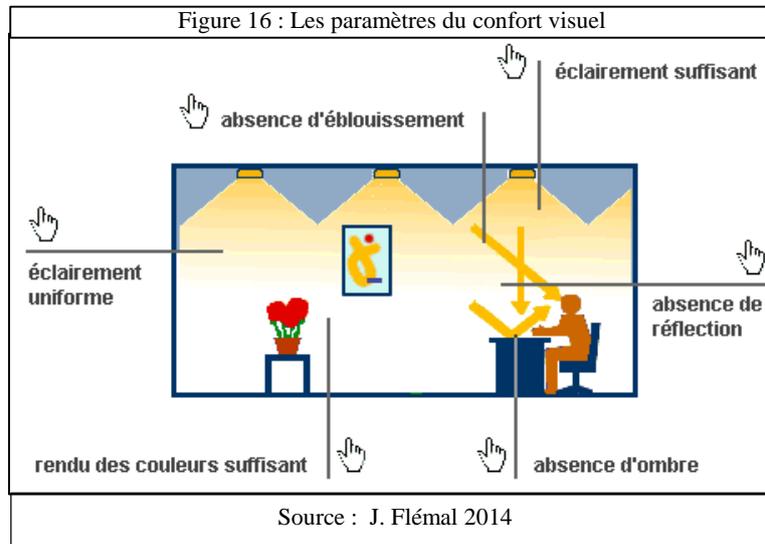
²⁹ La luminance est la seule grandeur réellement perçue par l'œil humain. Elle est directement liée à l'éclairage rétinien et correspond à la sensation visuelle de luminosité créée par une source ou par une surface éclairée. Elle représente le rapport entre l'intensité de la source dans une direction donnée et la surface apparente de cette source.

³⁰ L'intensité lumineuse est une grandeur physique qui correspond, en photométrie, à l'éclat perçu par l'œil humain d'une source lumineuse ponctuelle. Elle est une unité de mesure exprimée en candela (cd) permettant de caractériser un point lumineux. Tout comme les autres grandeurs photométriques, elle dépend directement de la perception humaine : c'est donc une grandeur perceptive.

³¹ *L'éclairage naturel des bâtiments-guide : Confort visuel.* (s. d.). Architecture et Climat. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse https://sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_confort.htm#ancr01

I.5.2.3. Les paramètres du confort visuel :

Le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la distribution et à la qualité de la lumière. 6 critères principaux sont à respecter :



Il n'existe en effet pas de solution universelle au problème du confort visuel car celui-ci sera influencé par le type de tâche, la configuration du lieu, et les différences individuelles

I.5.2.3.1. Définitions :

- **Le flux lumineux** est le rayonnement émis par une source lumineuse dans toutes les directions (en Lumen)
- **L'éclairement** (en Lux) est l'effet produit par le flux lumineux provenant d'une source lumineuse sur une surface.
- **La luminance** (en candelas par m²) caractérise le flux lumineux quittant une surface vers l'œil de l'observateur.

I.5.2.3.2. Principales sources d'inconfort visuel :

- **Éblouissement** : trop fort contraste de luminance dans le champ visuel
- **Éclairement insuffisant** : source de fatigue
- Variation trop rapide de l'intensité d'éclairage
- **Mauvais rendu des couleurs** : spectre de la lumière inadapté

I.5.2.3.3. Facteur de lumière de jour (FLJ) :

Le FLJ mesure le rapport entre l'éclairement intérieur reçu sur le plan de travail et l'éclairement extérieur sur une surface horizontale (l'indicateur le plus répandu d'appréciation de la qualité de l'éclairage naturel d'un local) . Il s'exprime en %. On recommande des valeurs

de FLJ minimum de référence dans tout bâtiment en fonction de son utilisation. Les valeurs recommandées au fond des locaux sont :

- Usines : 5%
- Bureau : 2%
- Salles de cours : 2%
- Salle d'hôpital : 1%

L'éclairage naturel (et donc le FLJ) est constitué de trois composantes :

- ✓ Composante directe du ciel : éclairage provenant directement de la partie visible du ciel
- ✓ Composante réfléchie extérieure : éclairage parvenant au point par réflexion sur les façades extérieures
- ✓ Composante réfléchie intérieure : éclairage parvenant au point par réflexion sur les faces intérieure.³²

I.5.2.4. Le confort acoustique :

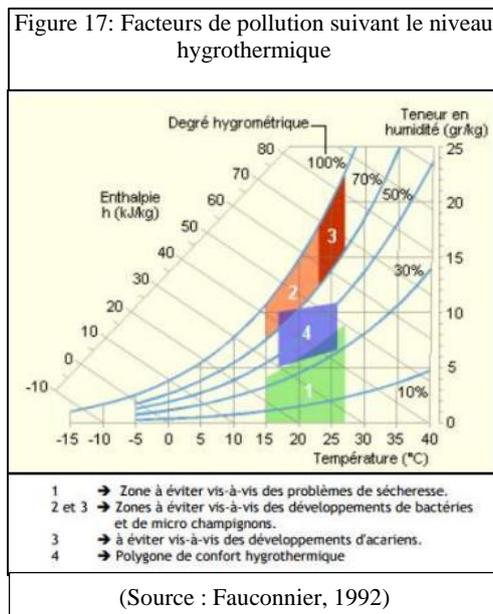
L'oreille humaine est sensible à des pressions variant du seuil de l'audition (0,00002 Pa) au seuil de la douleur (20 Pa). Elle perçoit les sons dont la fréquence fluctue entre 20Hz (les sons graves), à 20 000Hz (les sons aigus). Le confort acoustique vise à limiter les bruits parasites générés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment dans les limites acceptables tout en privilégiant une bonne transmission des sons sans distorsion. Pour offrir un confort acoustique optimal, il convient de contrôler la transmission du bruit au travers de l'enveloppe du bâtiment et entre les différents locaux, tout en permettant une diffusion sans parasite des sons dans l'espace donné. Il s'agit pour cela d'intervenir sur les trois types de transmission – directe, parasite et latérale – ainsi que les différents types de bruits. Pour ce faire, il est possible de jouer sur la qualité des matériaux de construction, soit leur degré d'isolation, d'absorption et de réverbération, et leur épaisseur.

³² *Le confort Visuel*. (2012, 4 mars). mysti2d. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <http://www.mysti2d.net/legarros/AC/07/Le%20confort%20visuel/Le%20confort%20Visuel.html?Documentsdesynthse.html>

I.5.2.5. Confort olfactif (Qualité de l'air) :

L'air que l'on respire dans les lieux clos peut avoir des effets sur le confort de l'utilisateur et sa santé, allant de la simple gêne (odeurs, irritation des yeux et de la peau) jusqu'au développement de pathologies comme les allergies respiratoires. Cette question est d'autant plus prégnante pour les personnes sensibles et fragiles, dont les enfants, les personnes âgées ou malades. Les polluants de l'air intérieur sont nombreux. Ils peuvent être de nature chimique, physique ou biologique, et peuvent être listés comme suit :

- ✓ La vapeur d'eau
- ✓ Les moisissures
- ✓ Les acariens
- ✓ Le CO₂
- ✓ Les composés organiques volatils³³



Conclusion:

Les composantes de confort dont nous souhaitons bénéficier dans l'architecture bioclimatique sont la chaleur en hiver, la fraîcheur en été, la lumière, etc. L'architecture bioclimatique tente de répondre aux besoins de confort des occupants en utilisant passivement

³³ MANUEL DE BONNES PRATIQUES ARCHITECTURALES éco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments -. (s. d.). docplayer. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://docplayer.fr/53796381-Manuel-manuel-de-bonnes-pratiques-architecturales-eco-construction-et-efficacite-energetique-dans-les-batiments.html>

les éléments du « climat » : soleil, vents, relief, végétation, etc. "Construire avec le climat" permet de réaliser d'importantes économies sur les coûts de chauffage et d'éclairage de la maison. En tenant compte des techniques et concepts architecturaux bioclimatiques, l'objectif est d'intégrer les relations bâties (au sens large) avec les moyens d'assurer le chauffage, le refroidissement et l'apport de lumière naturelle. Elle souhaite concevoir des lieux de vie en harmonie avec leur environnement.

L'objectif est donc de réduire l'impact énergétique des bâtiments sur toute leur durée de vie, tout en optimisant leur viabilité économique, le confort, mais également la sécurité et la santé des occupants.

Chapitre - II - : musées, muséographie et planétariums

Introduction:

Les musées se sont agrandis et ont été reconstruits de manière significative au cours des dernières décennies pour mieux servir une population toujours croissante. Après une période faste due à l'augmentation du nombre de visiteurs et compte tenu d'un environnement extrêmement concurrentiel, la tendance est aujourd'hui à la promotion du musée en améliorant sans cesse son attractivité ; rénovation de salles, aménagement de services et de commerces, politique d'expositions temporaires, organisation de conférences et d'animations nocturnes. On constate ainsi que l'éclairage est systématiquement intégré comme élément clé de ce programme d'animation et de modernisation. Initialement destiné à être purement fonctionnel, il est devenu un vecteur de promotion de l'architecture, d'exposition de collections et d'outil de communication. [Roger Narboni, 2007]

Il existe des recommandations et des réglementations en matière d'éclairage qui indiquent des niveaux d'éclairage minimaux pour chaque activité en fonction d'une tâche visuelle spécifique, ou dans le cas des musées, les règles existantes font référence à des niveaux d'éclairage maximaux pour la conservation de la plupart des œuvres. Dans certaines circonstances, les niveaux d'éclairage requis pour maintenir un confort visuel adéquat sont bien supérieurs au seuil crucial pour la sécurité au travail.

II.1. Les musées :

II.1.1. Définition :

« (1765 ; museum, 1746). Mod. Etablissement dans lequel sont rassemblées et classées des collections d'objets présentant un intérêt historique, technique, scientifique, artistique, en vue de leur conservation et de leur présentation au public » (ROBERT, 1996), d'une autre façon « Un musée est une institution permanente sans but lucratif au service de la société et de son développement, ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation. »³⁴, On peut ainsi définir, de manière plus large et plus objective, le musée comme « une institution muséale permanente qui préserve des collections de “documents corporels” et produit de la connaissance à partir de ceux-ci » (van Mensch, 1992).

³⁴ Statuts de l'ICOM, adoptés par la 22e Assemblée générale de l'ICOM (Vienne, Autriche, 24 août 2007).

Schärer définit quant à lui le musée comme « un lieu où des choses et les valeurs qui s'y attachent sont sauvegardées et étudiées, ainsi que communiquées en tant que signes pour interpréter des faits absents » (Schärer, 2007),

II.1.2. Développement historique des musées :

À quoi sert le musée ? Conservation des collections, du patrimoine mais aussi éducation, La notion de classement (de taxinomie) liée à la collection et à la présentation révèle d'un système de pensée

II.1.2.1. La préhistoire :

Dès les temps de la préhistoire on trouve des collections d'objets rares ou quotidiens mais ils ne s'agissent pas de collections assaisonnant de préoccupations liées au moment.

II.1.2.2. La Grèce antique :

À cette période hellénistique apparaît le goût pour la collection d'objets fétiches ; souci de conservation d'objets témoins du passé et ceci dans un but éducatif. Se constituent ainsi des pinacothèques (images, peintures) et des glyptothèques (objets gravés) de grande importance. La civilisation romaine conforte cet esprit de collection en ajoutant l'idée des butins de guerre pour enrichir les collections.

II.1.2.3. Au 16^e siècle :

C'est l'Église naissante qui va assumer le rôle de conservatoire d'objets culturels durant tout le moyen âge. Le terme de Musée dans son sens moderne est appliqué aux collections des Médicis à la Renaissance. C'est souvent un quartier ou une ville qui devient musée vivant dans cette période.

II.1.2.4. Au 17^e siècle :

De partout en Europe vont se développer ces cabinets, ces collections prestigieuses et ainsi vont naître la galerie des Offices, Il faudra attendre la Révolution de 1789 pour que le Louvre ouvre ses portes au grand public et que les Musées acquièrent une vocation publique.

II.1.2.5. Le 18^e siècle :

Sera celui des classements des collections et de leur étude scientifique

II.1.2.6. Le 19^e siècle :

Est celui des grandes découvertes archéologiques menées par les grandes puissances coloniales. Les Musées vont enrichir leurs collections et servent d'image de marque des nations. C'est l'ère des grands pillages.

II.1.2.7. L'évolution actuelle des musées :

L'évolution culturelle pousse les musées à être autre chose que des lieux de conservation et de présentation d'objets ; Il y a de nouveaux produits culturels en jeu : - restauration - animation - vente - conférences - spectacles - centre de documentation. Le musée est certes le lieu privilégié d'échange entre un objet et un spectateur mais il faut tenir compte des modalités de cet échange et donc mettre en œuvre les instruments nécessaires à l'échange.³⁵

II.1.3. Les différents types de musées:

Pour déterminer un type de musée précis, sachez d'abord qu'il en existe 9 grandes catégories. En effet, il y a les musées des beaux-arts, ceux des arts décoratifs et simples musées d'art. Pour ceux passionnés par l'archéologie, il existe également des musées d'archéologie. Les types qui sont centrés sur l'histoire sont notamment les musées d'histoire et d'histoire naturelle. Si vous êtes passionné par l'étude, ce sont les musées des sciences, musées des techniques ou encore d'éthologie pour étudier l'origine d'un peuple qui vous attireront. Un musée peut aussi être classé selon deux autres types. Il y a les écomusées qui possèdent les caractéristiques d'un atelier et d'un musée, et les musées imaginaires qui regroupent tout type d'œuvres d'art.³⁶

II.1.4. Les fonctions d'un musée :

On reconnaît un type de musée à sa fonction. Les caractéristiques les plus importantes d'un musée sont, en premier lieu, la collection, la préservation et la présentation d'objets d'intérêt. En matière de collecte, le principe est simple. En fait, le collecteur n'aura qu'à trier les objets qu'il considère comme ayant une valeur supérieure. S'il trouve deux objets du même type, c'est à lui de choisir le meilleur. Il doit garder l'objet en question, puis l'exposer dans un lieu d'exposition "le musée". Sans oublier que l'exposition ne doit pas être utilisée pour collecter des fonds, mais pour transmettre aux autres les connaissances que le collectionneur a acquises avec

³⁵ *Les musées : historique et évolution.* (s. d.). Académie nice. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/dsden06/eac/wp-content/uploads/sites/5/2018/02/les-muses-historique-et-evolution.pdf>

³⁶ *Comment bien reconnaître un type de musée ?* (s. d.). passeurs de mémoires. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.passeursdememoires.fr/quels-sont-les-differents-types-de-musee/>

l'étude de l'objet. Un musée est gouverné par deux disciplines : **la muséologie**, c'est-à-dire l'étude, et **la muséographie** dédiée à l'apparence.

II.2. La muséographie :

Pour un musée, lieu public de plaisir, de savoir, d'interrogation, l'éclairage est un élément important tout autant comme facteur d'interprétation, que du confort et du bien-être des visiteurs, sans oublier son action de dégradation sur un grand nombre de matériaux. Ces différents aspects sont repris dans les articles qui suivent.

La muséographie définit les tâches de conception intellectuelle et technique d'une exposition, qu'elle soit en art ou dans d'autres disciplines (sciences, histoire naturelle, technologie, histoire humaine, ethnographie, etc.). Les muséographes sont responsables des programmes d'exposition qui définissent le contenu, les objets à exposer, le but de l'exposition, les groupes cibles, les conditions de conservation et la cohérence des itinéraires établis. Les muséographes assurent la médiation et coordonnent les différents interlocuteurs impliqués dans le projet d'exposition. Il est en principe du côté de la maîtrise d'ouvrage, puisqu'il aide à définir la commande ; le scénographe, lui, intervient comme directeur artistique et maîtrise d'œuvre pour concevoir et assurer le suivi de la réalisation de l'exposition. On parle couramment de muséographie et de muséographe, bien qu'étymologiquement ces termes signifient « description, descripteur d'un musée » ; il serait plus exact de parler d'« expographie » et d'« expographe », voire de scénographe, car une exposition est une mise en scène qui n'a pas forcément lieu dans un musée, mais peut être réalisée ailleurs, dans une bibliothèque, un centre d'exposition, une médiathèque, une entreprise, une collectivité, voire en plein air.³⁷

II.2.1.1. L'éclairage d'exposition :

Cet autre média de la (re)présentation, l'éclairage, a depuis longtemps acquis au théâtre une place dans l'élaboration de la mise en scène à travers ses effets, ses accentuations et sa dynamique, il n'en est pas de même, et de loin, dans le monde de l'exposition. De la non prise en compte au bon moment de l'éclairage comme élément intrinsèque de la muséographie, résultent de graves déconvenues sur la compréhension du contenu, le confort visuel et la

³⁷ Wikipedia contributors. (2022, 27 janvier). *Muséographie*.. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mus%C3%A9ographie>

satisfaction des visiteurs ainsi que sur la conservation des collections. Tout ceci nous amène à définir l'éclairage d'exposition comme la mise en œuvre de la lumière, d'une manière expressive, avec la volonté de communiquer tout en conservant au mieux l'intégrité matérielle des objets présentés.

Il faut donc considérer le traitement de la lumière en muséographie comme :

- un moyen d'expression
- un élément d'ergonomie
- mais aussi, un facteur de dégradation.

II.2.2. L'éclairage et les musées :

II.2.2.1. Qualité d'observation :

II.2.2.1.1. Niveau d'éclairage disponible :

La lumière est l'un des facteurs les plus importants de la détérioration d'une collection. Cette détérioration est due aux trois facteurs suivants.

- Une collection de types.
- Composition spectrale de la source lumineuse.
- Éclairage et temps d'exposition. [**Muséofiches, 1993**]

L'éclairage caractérise la quantité de lumière reçue par une surface, un mur ou un objet. Des niveaux d'éclairage minimaux sont nécessaires pour une vision claire et sans fatigue. Par conséquent, lorsque l'éclairage est faible, il devient difficile de faire la distinction entre les détails de l'objet et le texte en minuscules.

Gardez à l'esprit qu'un éclairage excessif peut également causer de l'inconfort. Il est important d'adapter l'éclairage au type d'espace et aux activités qui s'y déroulent.

II.2.2.2. Rendu des couleurs :

Le rendu des couleurs est un facteur important à prendre en compte pour l'éclairage de musées et de galeries. L'indice de rendu des couleurs (Ra) donne une indication générale de la capacité de rendu d'une source de lumière. Un IRC de 100 est le meilleur, il équivaut à un éclairage naturel, tandis qu'un IRC de 80 est considéré comme bon. Le but de tout conservateur est de parvenir à ce que l'objet qu'il expose semble aussi « naturel » que possible lorsqu'il est éclairé. Les LED créent traditionnellement une lumière blanche en combinant une lumière bleue avec un phosphore jaune, ce qui les rend plus propices à l'éclairage du bleu que du rouge dans

le spectre de couleurs. Il peut en résulter des rouges délavés ou des couleurs de peau fades. Pour éviter cela, il convient d'utiliser des LED dont l'IRC est supérieur à 90 dans les musées et les galeries, afin de garantir des rouges vifs et éclatants.³⁸

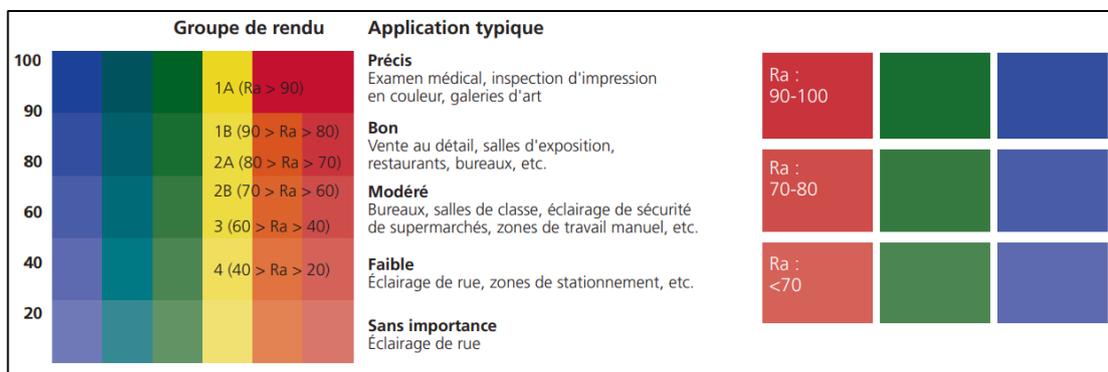


Figure 18: Groupe de rendu,

(Source : Éclairage pour musées et galeries)

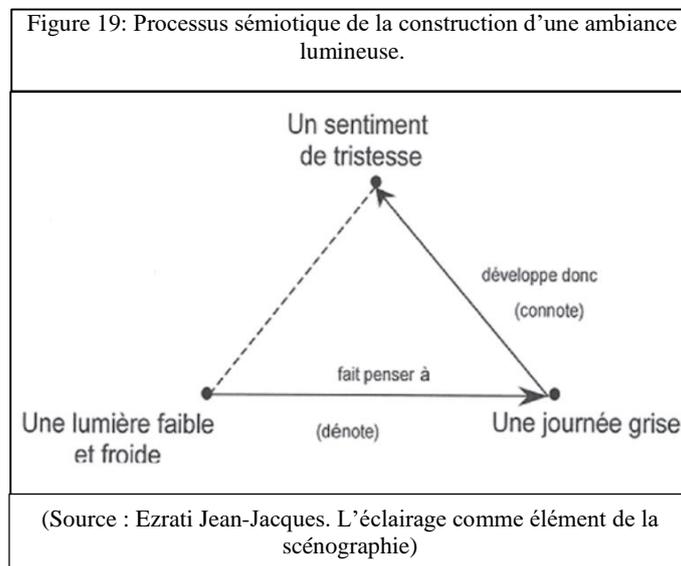
II.2.3. L'éclairage comme moyen d'expression :

« *La forme n'existe qu'à travers la lumière et notre perception du monde en dépend totalement* » D'après Claude Monet.

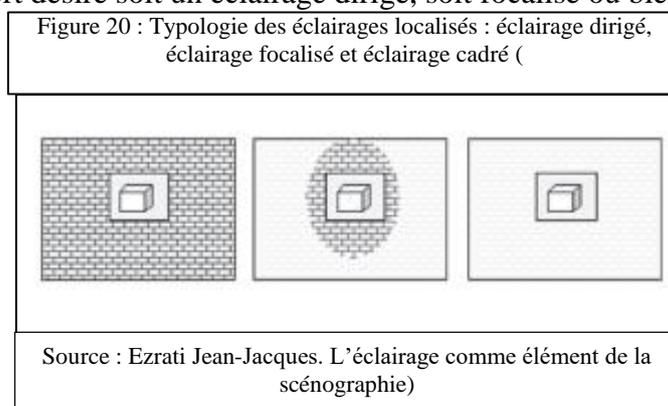
L'éclairage d'exposition, comme moyen d'expression, est donneur de sens. C'est un signe, c'est-à-dire une chose construite, visible, qui nous fera penser à une autre chose, un sentiment par exemple. On peut donc considérer un ensemble de variables lumineuses – la chroma, l'intensité lumineuse, la direction, l'étendue, la forme, le mouvement, etc. – qui, combinées entre elles, formeront des unités significatives – appelons les photèmes – de ce langage. Dans le cas d'un éclairage général, la scénographie peut souhaiter, par exemple, la création d'une ambiance lugubre et triste afin que le visiteur se retrouve dans une atmosphère grisâtre d'une journée d'hiver, résultat d'un ciel nuageux qui laisse passer peu de lumière. Cette ambiance sera réalisée artificiellement par l'éclairagiste avec la combinaison d'une lumière

³⁸ Feilo Sylvania. (s. d.). *ÉCLAIRAGE POUR MUSÉES ET GALERIES*. sylvania lighting. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.sylvania-lighting.com/documents/documents/Feilo%20Sylvania%20-%20Mus%C3%A9es%20et%20galeries%20-%20Brochure%20-%20France.PDF>

froide, faible et diffuse. Il n'y a plus qu'à espérer que le percepteur d'un tel éclairage fasse la liaison avec cette journée d'hiver, et ressente, lui aussi, le sentiment de tristesse évoqué. Dans le cas d'un l'éclairage localisé, ou d'accentuation sur un objet en deux ou trois dimensions, l'éclairage permettra de travailler sur l'axe contexte/décontextualisation par le rapport qu'il



pourra exister entre le fond et l'objet, c'est-à-dire son degré de contraste. On choisira en fonction de ce rapport désiré soit un éclairage dirigé, soit focalisé ou bien encore cadré. Rapport qu'il pourra exister entre le fond et l'objet, c'est-à-dire son degré de contraste. On choisira en fonction de ce rapport désiré soit un éclairage dirigé, soit focalisé ou bien encore cadré.³⁹



Dans le premier cas, un éclairage dirigé liera dans un même contexte l'objet – une affiche publicitaire, une toile impressionniste, un tableau médiéval... – avec le fond – un mur blanc, un mur en briques rouges, un panneau de bois... L'influence de la nature du fond vue

³⁹ Ezrati, J. (2018, 18 avril). *L'éclairage comme élément de la scénographie*. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse https://www.persee.fr/doc/pumus_1766-2923_2010_num_16_1_1578

conjointement avec l'objet est importante, l'acte est significatif. Tout aussi significatif, mais porteur d'un sens différent, est le second cas, celui d'un éclairage focalisé. L'accent est mis sur l'objet, le fond perdra de son importance, il sera moins influent. Par contre le dernier cas, l'éclairage cadré, la négation même de l'environnement, donnera un effet très fort à cette absence, à ce contraste maximal, par une décontextualisation imposée. Ce contraste très fort peut aussi nous permettre de diminuer l'éclairage de manière significative, ce qui est souvent nécessaire pour des raisons de bonne gestion des conditions de conservation des objets exposés comme nous le développeront plus loin. Nous ne verrons pas de la même manière « une Vierge à l'enfant » tableau du XV^e siècle, sur un mur d'un blanc immaculé ou sur un mur en pierres de taille, avec un éclairage dirigé, Illustration I : Processus sémiotique de la construction d'une ambiance lumineuse. Illustration II : Typologie des éclairages localisés : éclairage dirigé, éclairage focalisé et éclairage cadré. 254 Cahier C U L T U R E & M U S É E S N ° 1 6 car nous ne voyons pas uniquement ce que nous voyons mais aussi ce que nous savons, fruit de notre éducation et de notre expérience. La pierre de taille évoque plus facilement l'église ou un bâtiment d'époque, le mur blanc nous renvoie au musée contemporain et crée ainsi une distance plus grande avec l'œuvre. Si tel n'est pas le cas, on privilégiera un autre type d'éclairage localisé.⁴⁰

II.2.3.1. Les ambiances Lumineuse :

Pour Narboni, une ambiance lumineuse est défini comme « le résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace et un usage » dans un espace lorsque la lumière et une activité se regroupent, il donne une ambiance lumineuse, ce dernier est; un élément subjectif n'est pas quantifiable et dépend de la sensation de chaque individu⁴¹. C'est aussi le résultat d'une interaction entre L'individu, un usage, une lumière naturelle et un espace. Les deux principaux paramètres d'ambiance lumineuse sont la quantité et la qualité de la lumière⁴².

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ DAICH, Safa. Simulation et optimisation du système light shelf sous les conditions climatique spécifiques. Mémoire de magister Université de Biskra 2011.p.82

⁴² BENDEKKICH, Selma. Optimisation de L'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse. Mémoire de Magister, 2017 .p.45 46.

Partant du fait qu'il est indispensable de tenir compte des implications sensorielles, symboliques et psychologiques de la lumière, et en se basant sur la luminosité d'un espace et le rapport entre la lumière et l'ombre, on peut distinguer trois catégories fondamentales d'ambiances lumineuses [Gallas, 2008] :

- La pénombre : comme étant un dialogue entre l'ombre et une lumière solide qui la transperce par endroits.
- L'ambiance luminescente qui se caractérise par une clarté ambiante, une omniprésence d'une lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout. L'ambiance inondée se caractérise par une exaltation de la lumière embrassant tout l'espace ; il se trouve qu'il y a trop plein d'une lumière envahissante et parfois écrasante.

Ainsi, il devient possible de définir une ambiance dynamique, une ambiance calme et feutrée, une ambiance qui pourrait être triste (sans le vouloir), monotone, etc... Toutefois, chacun de ces types d'ambiances recouvre une grande variété de manières d'admettre la lumière et une multitude de qualités de lumières. Et comme toute ambiance physique, il faut considérer l'ambiance lumineuse sous deux approches. La première est une approche spatiale par le fait d'établir des variations lors de déplacements, en réalisant une carte d'ambiance sur tout l'espace à étudier. La deuxième est une approche temporelle en s'assurant de la reproductibilité des mesures, à condition de prendre compte des conséquences qui peuvent être générées par les cycles journaliers ou saisonniers [Chaabouni et al, 2008].

II.3. Les planétariums :

II.3.1. Définition :

Le Conseil international des musées (ICOM)⁴³ reconnaît depuis 1989 les centres de culture scientifiques ainsi que les planétariums comme répondant à sa définition du musée. Le XXe siècle a vu en effet se créer de nouveaux établissements à vocation scientifique n'ayant pas (ou peu) de collections tels que le Palais de la découverte et la Cité des sciences à Paris, en France, ou encore l'Exploratorium à San Francisco, aux États-Unis. Toutes ces institutions constituent des organismes à but non lucratif ayant pour point commun d'être des lieux

⁴³ L'ICOM (Conseil international des musées ou International Council of Museums) est une organisation non gouvernementale (ONG) en relation formelle d'association avec l'UNESCO.

d'éducation et de diffusion consacrés à la culture, au patrimoine et à la science en direction du grand public⁴⁴

Aujourd'hui, le mot planétarium peut désigner plusieurs choses. Il peut s'agir d'un appareil de projection spécial conçu pour recréer à l'intérieur l'apparence des étoiles et des planètes. Elle peut également s'appliquer à la pièce abritant un tel appareil ou au bâtiment contenant cette pièce.

II.3.2. Historique :

Les projecteurs de planétarium modernes remontent aux années 1920 lorsque le premier appareil de ce type a été conçu par le Dr Walther Bauersfeld et construit par la société Carl Zeiss pour le Deutsches Museum de Munich. Stimulé par le programme spatial, le "taux de création de nouveaux planétariums a culminé à la fin des années 60 et au début des années 70, mais s'est poursuivi vigoureusement dans les années 80 et au début des années 90". Ces dernières années, la conception de nouveaux planétariums a été marquée par des changements radicaux et des améliorations dans la technologie des planétariums.⁴⁵

Aujourd'hui, les nouvelles frontières de l'exploration humaine se situent bien au-delà de la Terre, s'étendent à travers notre système solaire, à travers l'espace interstellaire et atteignent des galaxies à des milliards d'années-lumière. Les planétariums modernes peuvent être des vaisseaux spatiaux simulés, dotés de guides touristiques compétents afin que le citoyen ordinaire puisse explorer les merveilles de l'univers.

II.3.3. Technique d'exposition dans l'espace « planétariums » :

II.3.3.1. Megastar (Ohira Tech) :

MEGASTAR-III est le dernier projecteur d'étoiles optique conçu pour les grands dômes. Il est compatible avec le système MEGASTAR-FUSION et possède le plus grand nombre de projecteurs d'étoiles brillantes de la série MEGASTAR (135 projecteurs indépendants).

⁴⁴ GUICHARD, Jack et Jean-Louis MARTINAND. Médiatique des sciences. Paris : Presses universitaires de France, 2000, p. 248.

⁴⁵ Cloutier, M. (2016, 7 décembre). *Le projecteur Dow au Planétarium de Montréal*. Open Edition Journals. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://journals.openedition.org/cm/2388#:~:text=C'est%20en%201923%20que,le%20Soleil%20et%20les%20plan%C3%A8tes>.

Semblable à MEGASTAR-IIA dans son architecture de base, il est facilité par trois couches de projecteurs crépusculaires environnants, se synchronisant automatiquement avec le coucher et le lever du soleil. La LED est sélectionnée comme source lumineuse principale. 135 étoiles brillantes peuvent être contrôlées indépendamment permettant un fondu en douceur marche/arrêt. La combinaison avec le MEGASTAR-FUSION permet d'éteindre automatiquement les étoiles se chevauchant avec une image numérique. MEGASTAR-III offre la beauté du ciel étoilé optique et est parfait pour une utilisation simultanée avec un système numérique, ce qui permet une représentation spatiale réaliste et polyvalente.⁴⁶

II.3.3.2. Murs vidéo LCD :

Un mur vidéo (également appelé mur d'affichage) est une grande surface de visualisation composée de plusieurs écrans. À l'origine, ils se composaient de plusieurs téléviseurs ou moniteurs rapprochés. L'objectif était de le faire apparaître comme une grande surface d'affichage. Le problème était cependant le grand cadre (ou lunette) qui entourait la surface d'affichage utile de chaque téléviseur. Cela a complètement détruit l'effet d'une seule toile et ruiné la performance visuelle. Par conséquent, de nouvelles technologies ont été introduites pour minimiser «l'espace de pixels morts» entre les différents écrans. Les solutions de murs d'affichage d'aujourd'hui utilisent généralement des panneaux LCD en mosaïque, des cubes de rétroprojection ou des dalles LED directes.⁴⁷

II.3.3.3. Projecteur vidéo :

Est une technologie de projection pour une grande variété de marchés. Les projecteurs d'installation DLP super silencieux sont parfaitement adaptés pour une utilisation dans les salles de réunion et les salles de conférence, ou les musées et les parcs à thème. Les projecteurs robustes pour grandes salles offrent une excellente luminosité pour les auditoriums, les événements, les spectacles et les projets de mappage de projection.

⁴⁶ Ohira Tech Ltd. (s. d.). *MEGASTAR-III*. MEGASTAR Official Site. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.megastar.jp/en/products/megastar-3/>

⁴⁷ BARCO. (2022). *Murs vidéo LCD*. Barco.com. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.barco.com/en/products/lcd-video-walls>

II.4. Les musées et l'ère de l'art digital et de l'exposition interactive :

II.4.1. Définition de l'art digital :

On peut définir les arts numériques par contraste avec les Beaux-Arts, avec la création « classique » et formelle, analogique et manufacturée : peinture, sculpture... De plus en plus, les pratiques artistiques sont indissociables des progrès technologiques et informatiques qui révolutionnent le monde dans lequel elles se forment. Mieux encore, la technique – jusqu'alors accessoire dans le façonnement d'une œuvre – sort de son simple rôle d'outil, de procédure, pour devenir le matériau, mais aussi l'esthétique, le symbolique, quand ce n'est pas le caractère même de l'œuvre.⁴⁸

II.4.2. Historique :

Les arts numériques actent le passage de l'analogique au numérique qui caractérise la fin du 20e siècle : un changement de paradigme artistique qui ne surgit pas ex nihilo et l'arrivée de la micro-informatique grand public dans les années

Dans un premier temps, c'est la création visuelle – image de d'une œuvre d'art numérique. De fait, on peut aussi faire remonter la filiation des arts numériques aux balbutiements de la musique électronique et du cinéma spécifiques aux arts numériques. D'autres formes artistiques (les collages, par exemple). Reste que c'est bien l'art vidéo qui fait figure d'ancêtre des arts numériques, par les moyens mis en œuvre, par l'intention aussi dans pour en faire une œuvre d'art.

Au-delà, les arts numériques sous toutes Quelques dates marquantes jalonnent l'histoire des arts numériques, notamment le festival new-yorkais 9 Evenings: Theatre and contiennent toutes les composantes de l'art numérique actuel. Autre étape est la création en 1973 du centre Ars Electronica à Linz,

II.4.3. Caractéristiques des arts numériques :

L'utilisation du numérique comme support artistique implique que, depuis sa production jusqu'à sa présentation, l'œuvre n'utilise que la plateforme numérique et qu'elle présente et

⁴⁸ L. Diouf, A.Vincent, A.Worms. (2013, septembre). *CRISP dossier 81 : les arts numériques : Espace Multimédia Gantner*. Espace Multimedia Gantner. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.espacemultimediantner.cg90.net/fr/publication/crisp-dossier-81-les-arts-numeriques/>

explore ses potentialités intrinsèques. Le digital est, entre autres, interactif, participatif, dynamique et personnalisable selon les désirs du sponsor, et ces caractéristiques génèrent une esthétique spéciale. Il existe 3 types d'art numérique : Art interactif, Art génératif, Art immersif.

Conclusion :

Il est essentiel dans un éclairage de conserver les œuvres transmises aux générations futures dans la meilleure forme possible. Afin de considérer l'éclairage dans le cadre d'une exposition, il est nécessaire de considérer la sensibilité des objets présentés à la lumière, les caractéristiques des sources lumineuses utilisées et les techniques d'éclairage utilisées dans un musée et aussi le rendu de couleur. L'utilisation de la lumière naturelle et artificielle nécessite l'utilisation de certains matériaux pour protéger les objets.

La lumière (artificielle et naturelle) est un élément qui doit bien être maîtrisé pour répondre aux exigences d'un projet tel que le planétarium (technique et type d'exposition ...)

Chapitre - III - : État de l'art

Introduction:

La conception spécifie un état (le projet) et un processus (le chemin qui donne accès au projet), ce dernier nécessitant la manipulation d'ensembles de données divers et disparates. Par conséquent, nous pensons que la compréhension du processus de projet architectural, ainsi que des nombreuses phases opérationnelles qui le composent, est essentielle. Cela permet en effet d'appréhender les démarches des concepteurs quant à l'intégration des enjeux de performance énergétique et de confort visuel dans le processus de projet architectural.

Tout au long de cette partie, nous examinerons des échantillons pour élaborer des principes (constructifs, méthode et types d'exposition « ambiances lumineuse » ou écologiques) et dessiner les programmes de surface étudiés.

III.1. Analyse des exemples :

III.1.1. Shangei Astronomy museum :

« En s'inspirant de principes astronomiques, notre stratégie de conception fournit une plate-forme pour l'expérience du mouvement orbital et l'utilise comme référence métaphorique et générateur de forme », Explique Ennead Architects.



La Sphère abrite le théâtre du planétarium, qui est à moitié immergé dans le bâtiment. Avec un support peu visible, il évoque une illusion d'apesanteur ou d'anti-gravité. La forme sphérique pure fait référence aux formes primordiales de notre univers et, comme l'orientation que nous donnons de notre position par rapport au soleil ou à la lune, devient un point de référence omniprésent pour le visiteur, Situé dans une **vaste zone verte**, le terrain du musée comprend une multitude de bâtiments et de programmes, notamment des expositions temporaires et permanentes, **un télescope solaire de 78 pieds, un observatoire, un**



planétarium optique, La programmation du Musée mettra en vedette des environnements immersifs, des artefacts et des instruments d'exploration spatiale, ainsi qu'une exposition éducative.

III.1.1.1. Situation :

Le projet se situe près de chaque une des Projets à forte densité de population (habitat, parc), et en plus proche de la gare routière qui facilite l'accès rapide au musée

Figure 23 : situation et environnement immédiat



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

Figure 24: situation et environnement immédiat



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

III.1.1.2. Accessibilité au site :

Un musée comme celui-ci avec une grande importance (national comme international) et au milieu de la densité de la population a besoin d'une vaste, multiple, routes et accessibilités pour éviter toutes sortes embouteillage.

Figure 25: Les voies, Accessibilités et Rond-Point au près du projet



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

III.1.1.3. Orientation du site + Projet :

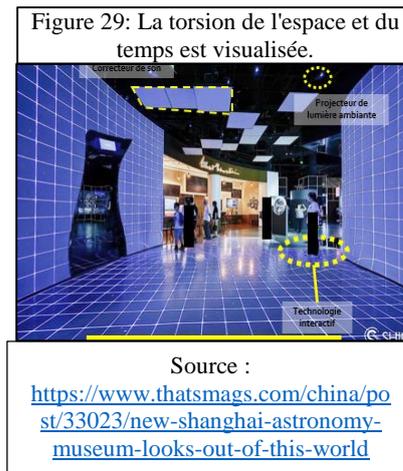
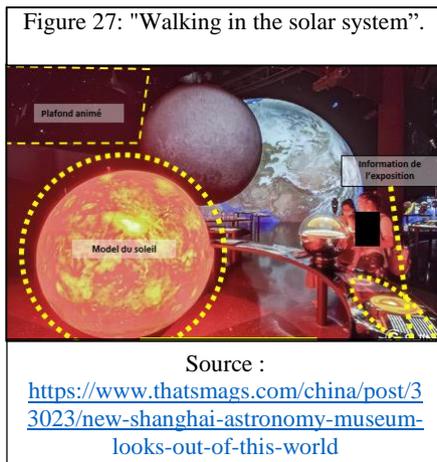
Le site est exposé au vent dominant et au rayon de soleil direct 365j par ans

Figure 26: les vents dominant



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

III.1.1.4. Analyse de l'intérieur :



III.1.1.5. Synthèse :

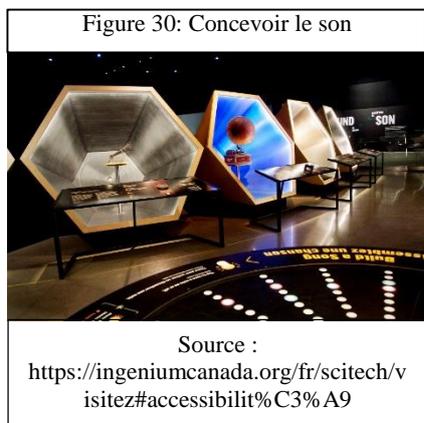
Le projet analysé est le plus grand musée d'astronomie au monde, il consiste 62 espaces fonctionnels divisé dans 3 étages + 1 mezzanine + planétarium + sous-sols, l'espace articulateur du projet est le **hall**, éclairé avec l'éclairage naturelle zénithale

- **Les entités** : (Salle d'exposition, planétarium, salle technique et maintenance, boutique, Personnel, administration)
- **L'accessibilité** : Ce type de projet a une nécessité d'avoir une très bonne accessibilité (mécanique, piétonne et pourquoi pas ferroviaire)
- **Moments de pointe** : Le projet a une spatialité où il y a des moments de pointe (des visites guidées, des groupes d'écoliers visiteurs)
- **les matériaux** : principale utilise est l'acier (charpente métallique spécial), les ouvertures dans les façades sont minimisé
- **Terrain** : Avoir un terrain dégagé pour minimiser l'embouteillage de la circulation piétonne, même pour le flux mécanique
- **Parking** : L'espace parking automobile est réduit dans ce type de projet
- **Situation** : Le projet est principalement situé près du centre-ville ou une route principale passe auprès de l'édifice
- **Hauteur** : le besoin d'une hauteur de plafond importante
- **Ventilation** : Principalement artificiel
- **Circulation** : Minimisation de la circulation horizontal en couloir et opté pour une circulation vaste et libre, circulation verticale à travers les pentes (absence des escaliers)

- **Confort visuel et ambiances lumineuse** : le projet s'appuie sur l'utilisation de la lumière artificiel de façon totale dans les salles d'expositions par contre dans les espaces de circulation ils ont opté pour la l'éclairage naturelle (l'éclairage zénithale)

III.1.2. Musée des sciences et de la technologie du Canada :

Musée des sciences et de la technologie du Canada (anglais : Canada Science and Technology Museum) est un musée national canadien situé à Ottawa au Canada sur le boulevard Saint-Laurent au sud de l'Autoroute 417. Le rôle du musée est d'aider les visiteurs à comprendre l'histoire scientifique et technologique du Canada.⁴⁹



III.1.2.1. Situation et accessibilité :

Le projet est situé à Ottawa au Canada sur le boulevard Saint-Laurent au sud de l'Autoroute 417. L'accès au site pour ce projet est mis sous forme d'un système décroissant

⁴⁹ Wikipedia contributors. (2021, 26 décembre). *Musée des sciences et de la technologie du Canada*. Wikipédia. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse https://fr.wikipedia.org/wiki/Mus%C3%A9_des_sciences_et_de_la_technologie_du_Canada

Chapitre - III - : L'état de l'art

(depuis l'autoroute a la route de la ville jusqu'à une impasse pour accéder au site) avec 3 rond-point au près du projet

Figure 33: Les voies, Accessibilités et Rond-Point au près du projet



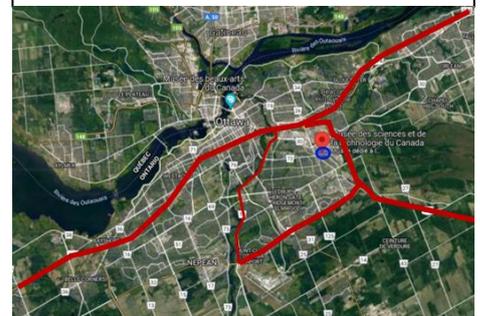
Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

Figure 34: Environnement immédiat



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

Figure 32: situation du projet selon la ville d'Ottawa



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

III.1.2.2. Analyse de l'intérieur :

Figure 35: Distribution spatiale du musée



Source : <https://ingeniumcanada.org/fr/scitech/visitez#accessibilite>

Figure 36: concevoir le son



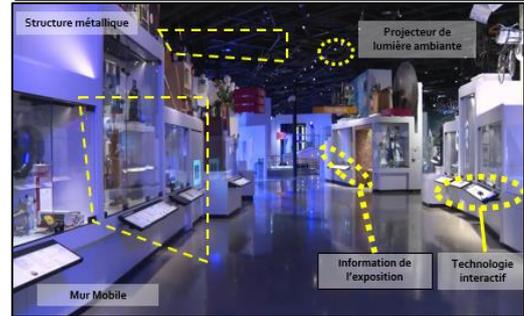
Source : <https://ingeniumcanada.org/fr/scitech/expositions/concevoir-le-son>

Figure 39: salle d'exposition



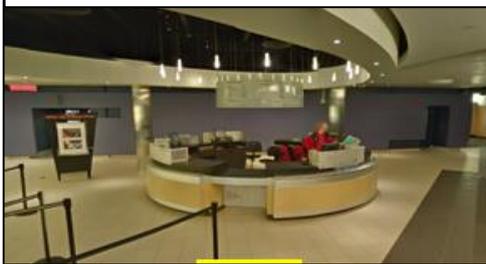
Source : Google Street View réadapté par l'auteur

Figure 37: salle s'exposition



Source : <https://ingeniumcanada.org/fr/scitech/visitez#accessibilit%C3%A9> réadapté par l'auteur

Figure 40 : L'accueil



Source : Google Street View

Figure 38: La Boutique



Source : Google street view réadapté par l'auteur

III.1.2.3. Synthèse :

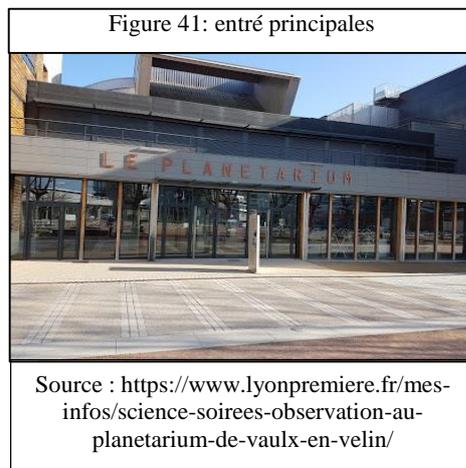
Le projet du musée de science et de technologie du Canada, expose presque toute sorte d'invention ou influence canadienne dans la science, comme démontré dans l'analyse, le projet est divisé en rubrique toutes mise en un seul étage,

- **Les entités** : (salle d'exposition, auditorium, salle d'évènement, cafeteria, boutique, parking)
- **L'accessibilité** : le projet se situe au prêt d'une autoroute amenant à la ville d'Ottawa
- **Exposition** : toutes les expositions au projet sont des expositions mise dans des murs amovibles et déplaçable + des exemples réels comme les locomotives
- **Matériaux et structure** : le projet a une forme de hangar avec charpente métallique qui nous a donnée comme résultat l'absence des poteaux dans l'espace.
- **Confort visuel et ambiances lumineuse** : le projet n'a aucune ouverture vers l'extérieur sauf l'entrée principale, l'éclairage artificiel est dominant

III.1.3. Planétarium de Vaulx-en-Velin :

Le Planétarium de la ville de Vaulx-en-Velin est un équipement culturel scientifique dédié à la vulgarisation des sciences de l'Univers.

« Véritable interface entre le milieu de la recherche et le grand public, le Planétarium est un vecteur de la diffusion des connaissances scientifiques dans les domaines de l'astronomie, l'astrophysique et du spatial. »

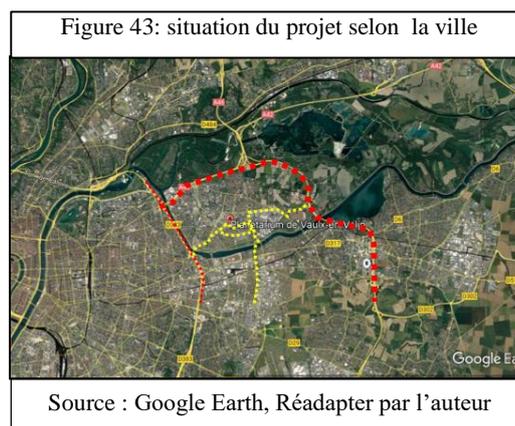
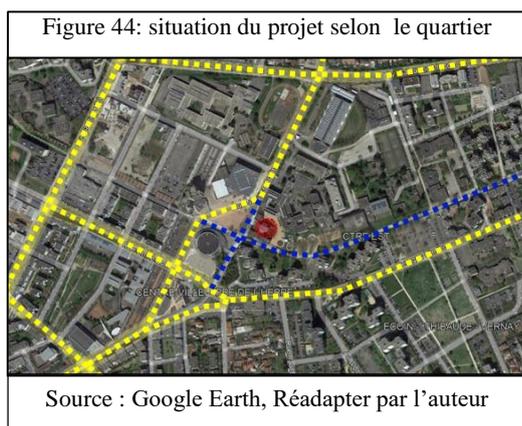


Construit en 1995, cet équipement culturel municipal a progressivement vu croître sa fréquentation notamment après ses travaux d'aménagement en 2013⁵⁰ et accueille désormais un espace d'exposition de 1 200 m².

En 2017, un nouveau simulateur numérique 8K ainsi qu'un jardin astronomique muni d'un observatoire viennent parfaire la réputation du Planétarium,

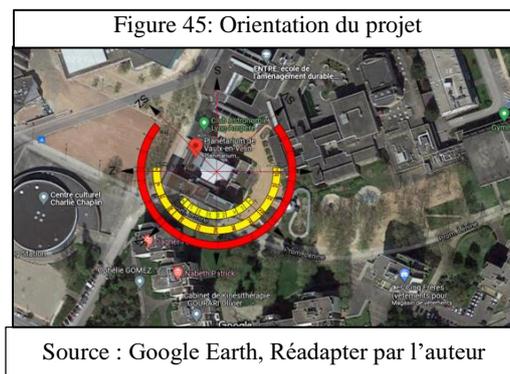
III.1.3.1. Situation et accessibilité et orientation :

Un musée comme celui-ci avec une grande importance (régional et national) et au milieu de la densité de la population a besoin de vaste, multiple, routes et accessibilités pour éviter toutes sortes embouteillage.



⁵⁰ Planétarium de Vaulx-en-Velin. (s. d.). Ville de Lyon. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.lyon.fr/node/29874>

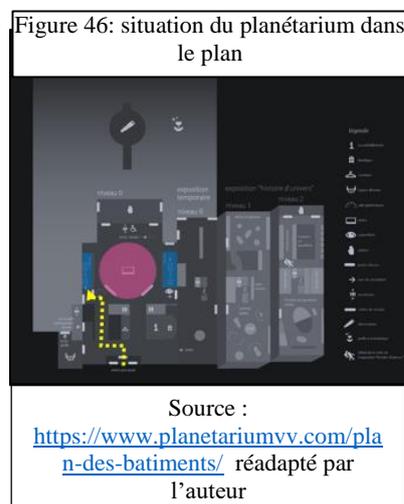
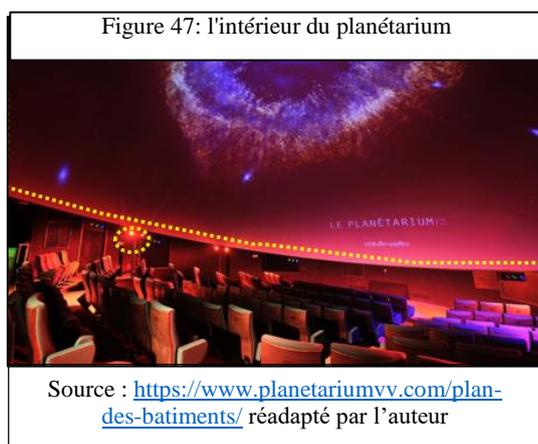
Façade principale orienté vers le Nord-Est, mais la cours extérieur est orienté vers le Sud-Est, tous cela a pour raison que ce type de projet n'a pas besoin d'autant d'ouverture vers l'extérieur et un minimum de lumière naturelle à l'intérieur, Le projet a un bénéfice qui est la disponibilité d'ombre projeté sur le projet mais pas sur le jardin astronomique à cause de l'observatoire



III.1.3.2. Analyse de l'intérieur :

III.1.3.2.1. La salle immersive (planétarium) :

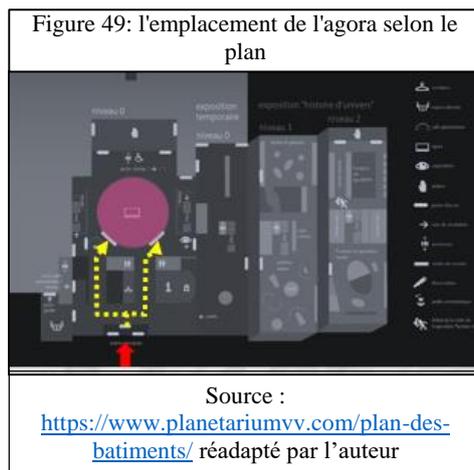
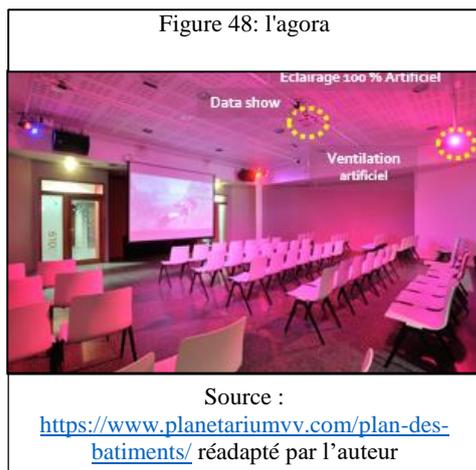
La grande salle de projection est au cœur de l'équipement, proposant des séances d'astronomie toujours plus spectaculaires⁵¹



III.1.3.2.2. L'Agora :

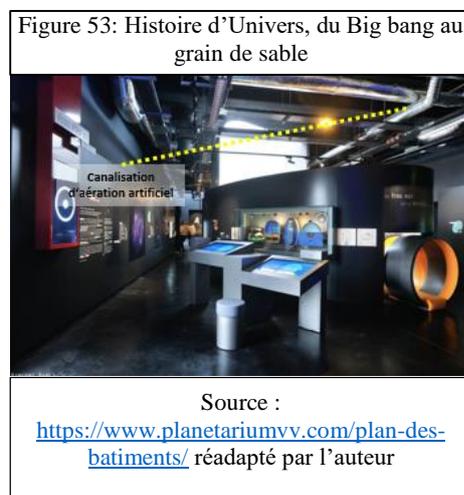
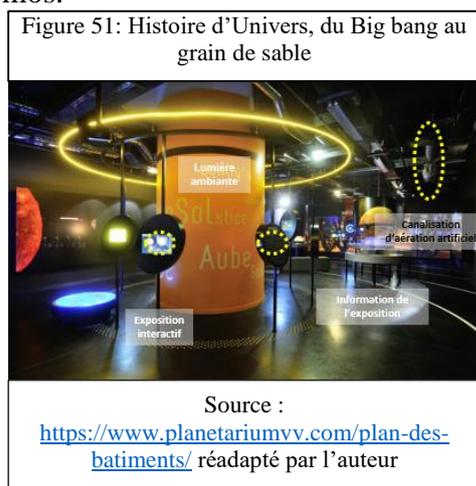
Cette salle de 80 places permet d'accueillir conférences, débats et séminaires, mais aussi de petites formes théâtrales, des animations et des expériences scientifiques.

⁵¹ *Plan des espaces*. (2017, 5 septembre). Planétarium de Vaulx-En-Velin. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.planetariumvv.com/plan-des-batiments/>



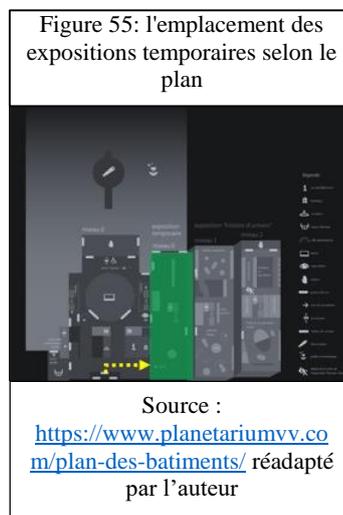
III.1.3.2.3. L'exposition permanente :

Organisée sur 2 niveaux, une exposition permanente de 900 m² est dédiée au récit de l'évolution de l'Univers depuis le Big Bang. Interactive et accessible à tous, cette exposition présente les aventures humaines qui ont permis des avancées majeures dans la découverte du cosmos.



III.1.3.2.4. Les expositions temporaires :

La salle d'exposition temporaire accueille, sur environ 250 m², des expositions scientifiques et techniques traitant de sujets d'actualité, ou encore des travaux d'artistes, en écho à ces thématiques.



III.1.3.2.5. Le Jardin astronomique et l'observatoire :

Le jardin astronomique de 2350 m² permet de se familiariser avec l'astronomie dans un contexte d'activités éducatives et ludiques en extérieur. L'observatoire permet de pour regarder le Soleil en journée et les étoiles/planètes en soirée, et de découvrir les instruments d'observation céleste.



III.1.3.2.6. La salle hors-sac (espace détente) :

D'une capacité d'accueil de 80 personnes, cette nouvelle salle est équipée de distributeurs de boissons et d'en-cas, pour une pause déjeuné ou goûter.

Figure 59: l'espace détente



Source :

<https://www.planetariumvv.com/plan-des-batiments/>

Figure 58: l'emplacement de la salle de détente selon le plan



Source :

<https://www.planetariumv.com/plan-des-batiments/>
réadapté par l'auteur

III.1.3.2.7. Accueil et boutique :

Un accueil convivial et une boutique qui présente des ouvrages et objets permettant de prolonger l'expérience du Planétarium chez soi.

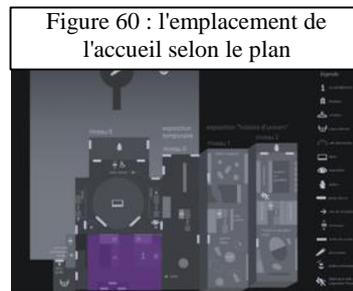
Figure 61: l'accueil



Source :

<https://www.planetariumvv.com/plan-des-batiments/>

Figure 60 : l'emplacement de l'accueil selon le plan



Source :

<https://www.planetariumvv.com/plan-des-batiments/> réadapté par l'auteur

- **Confort visuel et ambiances lumineuse :** la majorité du type d'éclairage dans les salles d'exposition est l'artificiel, le naturelle est utiliser que pour circuler (ouvertures dans les façades)

III.1.4. California Museum of Sciences :

L'Académie des sciences de Californie est certifiée LEED platine et a pour mission d'être le musée le plus vert au monde.

Le toit vivant, qui est également entouré de panneaux solaires, capte l'excès d'eaux

Figure 62: l'espace forêt pluvial



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Figure 63: California Museum of Sciences



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

pluviales, fournit une isolation pour réduire la consommation d'énergie et transforme le dioxyde de carbone en oxygène. Il abrite environ 1,7 million de plantes, ce qui en fait un paradis pour les oiseaux, les insectes et plus encore.

Composé de 11 bâtiments où toutes les fonctions étant disposées autour d'une cour centrale, qui fait office de hall d'entrée et de centre pivot des collections. Ce point de connexion est recouvert d'une verrière concave à structure réticulaire rappelant une toile d'araignée, ouverte au centre. Ce « toit vivant » est recouvert de 1 700 000 plantes autochtones sélectionnées, plantées dans des conteneurs en fibre de coco biodégradables spécialement conçus.

Figure 64: situation du projet selon la ville



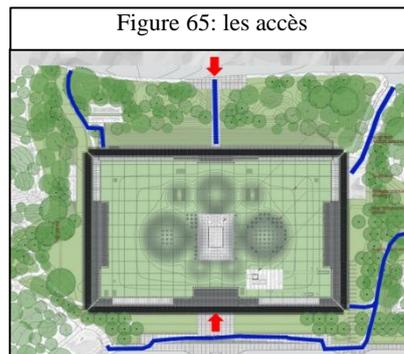
Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

III.1.4.1. Analyse du site :

- Le musée Musée e situe au milieu de l'espace vert de la ville entouré d'habitat individuel
- Le musée a plusieurs accès au site qui lui amène mais une seule qui passent devant l'entrée
- Multiple accès piéton au projet

Remarque : le projet est bien protégé des vents dominants

Figure 65: les accès



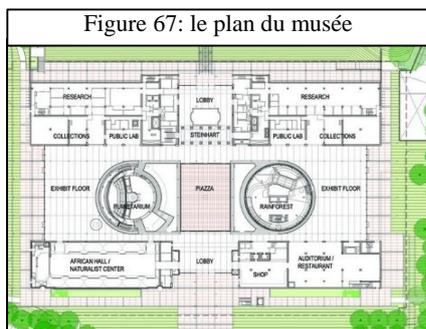
Source :

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Réadapter par l'auteur

III.1.4.2. Analyse de l'intérieur :

Figure 67: le plan du musée

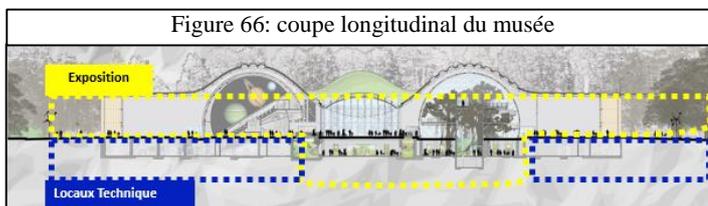


Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Réadapter par l'auteur

Figure 66: coupe longitudinale du musée



Source : <https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Réadapter par l'auteur

Combinant espace **d'exposition, éducation, conservation et recherche sous un même toit**, l'Académie comprend également un musée d'histoire naturelle, un aquarium et un

planétarium, Les formes variées de ces différents éléments s'expriment dans la ligne de toit du bâtiment, qui épouse la forme de ses composants.

III.1.4.2.1. Forêt pluvial :

- ✓ Mise en sorte que cet espace soit le poumon du bâtiment (Fraicheur et épuration de l'air)

Figure 70: vue de l'extérieur de l'espace



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Figure 68: coupe sur l'espace

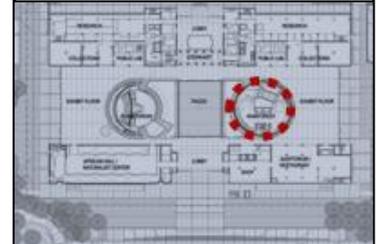


Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Réadapter par l'auteur

Figure 69: l'emplacement de l'espace selon le plan



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

III.1.4.2.2. Planétarium :

- ✓ espace d'exposition astronomique avec un système de projection hybride.

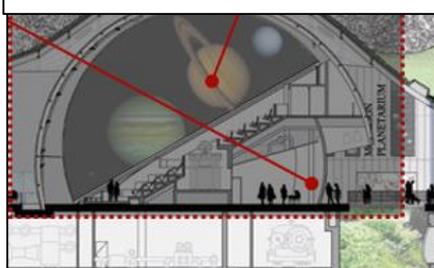
Figure 73: vue de l'intérieur de l'espace



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

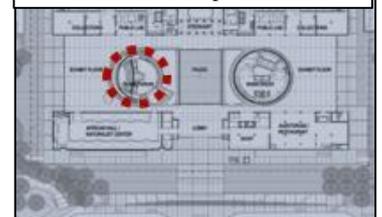
Figure 72 : coupe sur l'espace



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

Figure 71: l'emplacement de l'espace selon le plan



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

III.1.4.2.3. Plaza :

- ✓ Espace dédié pour être un puits de lumière et diminuer l'usage de l'éclairage artificiel (verrière concave à structure réticulaire)

Figure 76: vue de l'espace



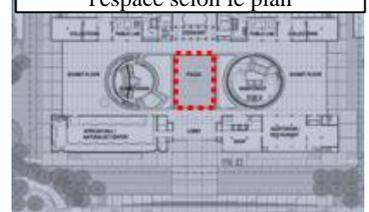
Source
<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Figure 75: coupe sur l'espace



Source
<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Figure 74: l'emplacement de l'espace selon le plan



Source
<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

III.1.4.2.4. Lobby + (Aquarium) :

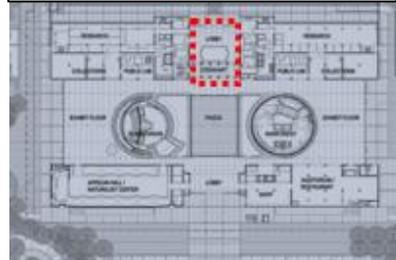
- ✓ Espace dédié pour être un espace de circulation et de dégagement et en même temps d'exposition

Figure 78: L'espace vu d'intérieur



Source
<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

Figure 77: l'emplacement de l'espace selon le plan



Source
<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>
Réadapter par l'auteur

III.1.4.2.5. Salle d'exposition :

- ✓ Espace dédié pour Exposé les modèles scientifique

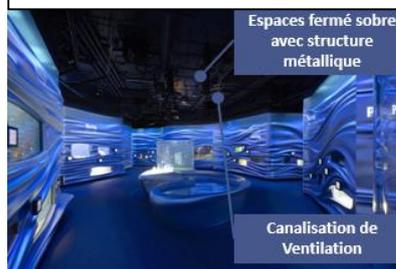
Figure 79: vu de l'espace depuis l'intérieur



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

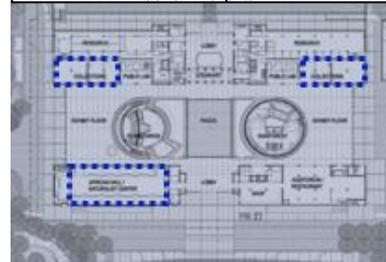
Figure 80: vu de l'espace depuis l'intérieur



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

Figure 81: l'emplacement de l'espace selon le plan



Source

<https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

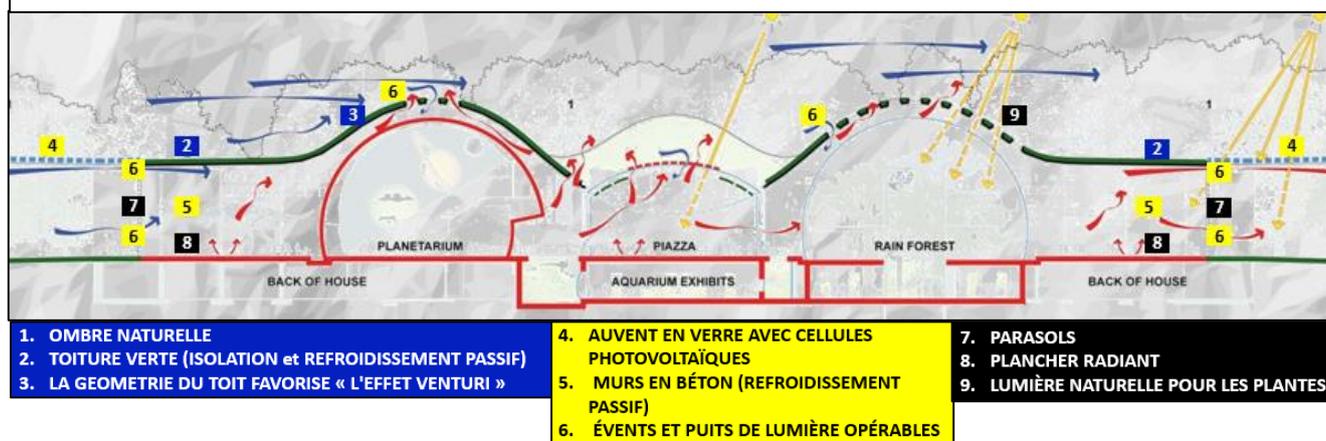
- **Confort visuel et ambiances lumineuse :** la majorité du type d'éclairage dans les salles d'exposition des œuvre scientifique (figure 80) est l'artificiel, le naturelle est utiliser que pour circuler ou dans les salles d'exposition qui ne demande pas d'ambiance lumineuse précise (figure 79), (équilibre entre naturelle et artificiel)

III.1.4.3. Détails écologiques et stratégie durable :

- Les cellules photovoltaïques sont contenues entre les deux panneaux de verre qui forment la verrière transparente autour du périmètre du toit vert ; ils fournissent plus de 5 % de l'électricité nécessaire au musée.
- Le choix des matériaux, le recyclage, le positionnement des espaces par rapport à l'éclairage naturel, la ventilation naturelle, l'utilisation de l'eau, la récupération des eaux pluviales et la production d'énergie

Toutes ces questions de conception sont devenues partie intégrante du projet lui-même, et ont permis au musée d'obtenir Certification LEED platine.

Figure 82 : stratégie durable appliqué dans le projet



Source <https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano> Réadapter par l'auteur

Chine		Canada		France		Californie	
Expo*17	3000	Salle de conférences	519	Les ateliers *3	45	accueil	1800*2
planetarium	270	Vestiaire	120	L'Agora	233	Espaces d'exposition *4	3700*2
Centre commercial des sciences	220	Cafeteria	390	L'exposition permanente	544	« Histoire d'Univers, du Big bang au grain de sable »	1200*2
Billetterie	11	Boutique	245	« Histoire d'Univers, du Big bang au grain de sable »		Auditorium	2100
Zone d'accueil		Scène démo	300	Les expositions temporaires	544	Restaurant	2240
Salon des experts	13	Auditorium	450	Le Jardin astronomique et l'observatoire	3200	Boutique	774
Boutique de cadeaux	66	Salles de classe	440	La salle hors-sac (espace détente)	100	Laboratoire publique*2	560
Restaurant à thème astronomique	251	En plein nature	760	Accueil et boutique	313	Centre de recherche	2100*2
Salon de thé	11	La vapeur	2000	Administration	130	Planétarium	1100
Réception	49	Concevoir le son	980	La salle immersive	230		
Infirmierie	19	Retour aux sources	740				
Salle des gardes	15	Cuisine bizarre +	950				
Vestiaire	15	Les sens et la médecine	700				
Salle de contrôle des incendies, sécurité du bâtiment, contrôle BA	84	Les mondes cachés	348				
Sécurité dans le hall du bureau	27	ZOOM	400				
Transformateurs	304	La technologie prête a porté	564				
Vestiaires du personnel		La technologie du quotidien	394				
Stationnement mécanique	740	Exploratek	175				
Zone de chargement des camions	480	Allée des artefacts	200				
Magasins d'instruments et de collections	900						
Équipements et salles des machines	203						
Bureau exécutif*6	30						
Salle de réunion de presse	30						
Salle de réunion *8	45						
Espace de bureau régulier*3	130						
Salle de copie	7						
Archiver	47						
Salle de presse de l'actualité de l'univers	113						
Salle de service	75						
Salle de gestion	340						
Salle de conférence multifonctionnelle	185						

Tableau 16 : Programme du musée de shangei, Musée des sciences et de la technologie du Canada, Planétarium de Vaulx-en-Velin et le programme de l'Académie des sciences de Californie (de gauche à droite)

Conclusion :

La majorité des concepteurs ne prend pas en considération l'importance de la lumière naturelle et le confort car ce type de musée est beaucoup plus « éclairage artificielle » que « éclairage naturelle »

Il a fallu des années pour réaliser que l'énergie nécessaire à une structure ne se limitait pas à la chaleur pour le chauffage ou à l'électricité pour le refroidissement. L'éclairage naturel a été réhabilité suite à la prise de conscience de son utilité dans le bilan énergétique d'une

structure. Les développements actuels sont davantage axés sur des outils informatiques performants et des tests de modèles sous ciel artificiel. Cependant, on voit émerger des outils informatiques plus simples qui permettent de « dimensionner » les pièces d'apport de lumière.

Chapitre - IV - : analyse du cas d'étude

Introduction :

Le design, en général, et l'architecture en particulier, est un domaine vaste et complexe qui a fait l'objet de plusieurs travaux scientifiques.

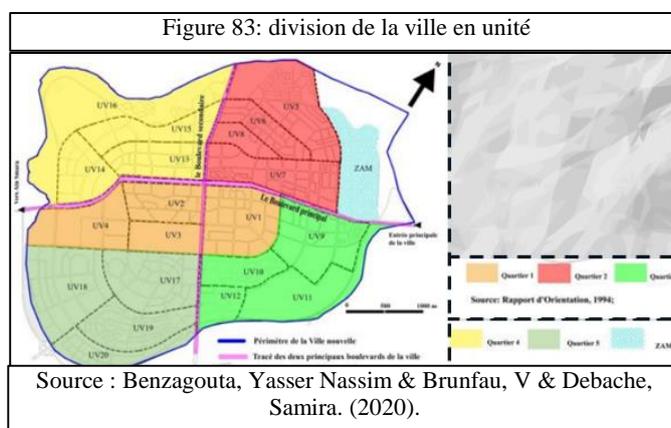
Le design spécifie un état (le projet) et un processus (le chemin qui permet d'accéder au projet), ce dernier nécessitant la manipulation de données nombreuses et diverses. Par conséquent, nous pensons qu'il est essentiel de comprendre le processus de projet architectural ainsi que les nombreuses phases opérationnelles qui le composent. En effet, il permet d'appréhender les pratiques des concepteurs en matière d'intégration des enjeux de performance énergétique et de confort thermique dans le processus de projet architectural.

Dans ce chapitre, nous procéderons à l'analyse d'un domaine d'intervention afin d'en déterminer les contraintes et les possibilités pour intégrer efficacement notre proposition de projet puis on va finaliser e travail avec une simulation dans le logiciel Archiwizard pour confirmer la crédibilité de notre conception surtout dans le domaine du confort visuel.

IV.1. Analyse du site :

IV.1.1. Contexte géographique : situation et les limites de la ville d'Ali Mendjli :

La ville de Ali Mendjli est une commune de la wilaya de Constantine qui se situe à l'est de l'Algérie, la ville se compose de 5 quartier et de 2 axes (boulevard principaux traversant au milieu de la ville, et chaque quartier est composé par des unités séparé par un primaire bien précis.



La route w31 (en jaune) et la route N79 (en bleu) qui amènent à l'aéroport se croisent dans un carrefour auprès de l'entrée de la ville, d'où la route W31 continue traversant le centre de Ali Mendjli jusqu'au périmètre de la ville, c'est pour l'importance de la route qu'elle était mise comme axe structurant de la ville

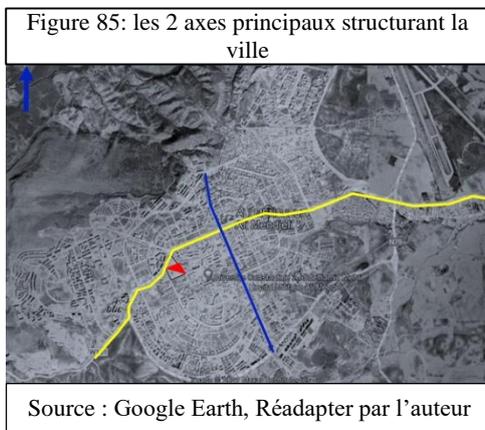
Figure 84: La route W31 (jeune) et la route N79 (bleu)



Source : Google Earth, Réadapter par l'auteur

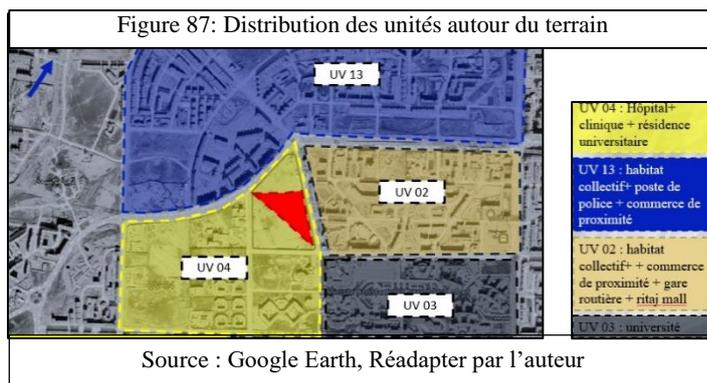
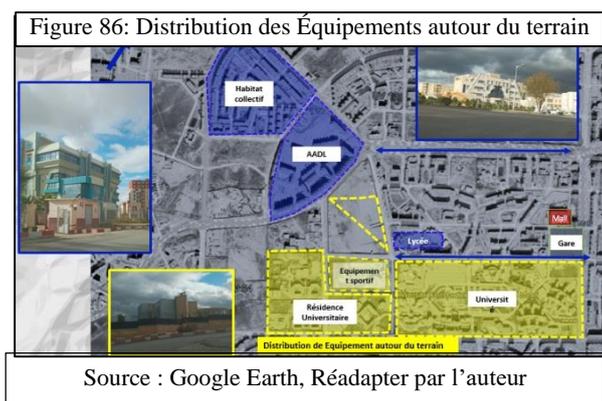
Chapitre - IV - : analyse du cas d'étude

Le deuxième axe structurant (en bleu) de la ville est un long boulevard qui lie la partie nord avec la partie sud et qui croise le premier axe au centre de Ali Mandjli pour créer à la ville un système similaire à l'antiquité (doccumanus et cardos) qui a un très grand flux de circulation mécanique comme piétonne au près du centre-ville.



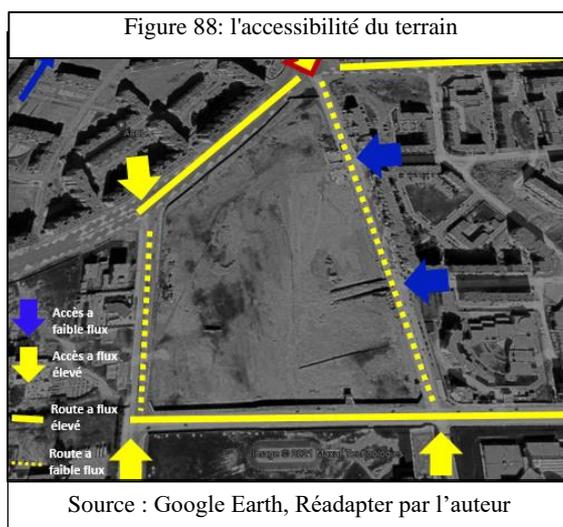
IV.1.2. Distribution d'unités autour du terrain :

Diversité des équipements et domination de l'habitat collectif.

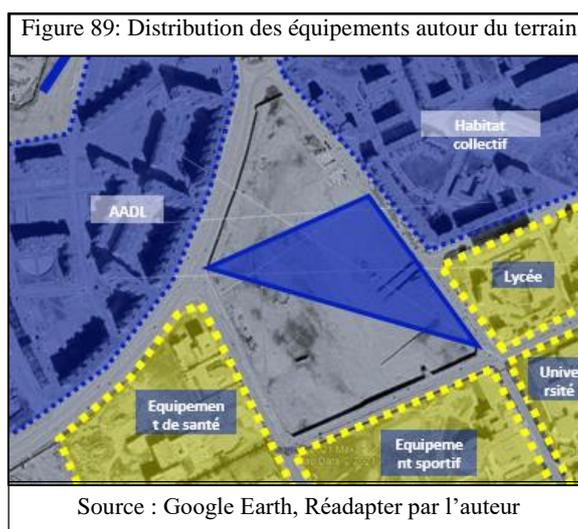


IV.1.3. Accessibilité :

- ✓ La route W31 se trouve au NORD du terrain, on aperçoit un grand flux mécanique passant là-bas mais un flux piéton négligeable, avec 2 accès a grand flux surtout l'accès qui se trouve au rond-point devant le poste de police,
- ✓ Par contre la route SUD est le contraire du NORD, caractérisé par un grand flux piéton et un flux mécanique moyen ou négligeable
- ✓ Finalement les 2 routes EST et OUEST se caractérise par le flux le plus faible (piéton et mécanique), et 2 accès au site du coté EST très faible en terme de flux.

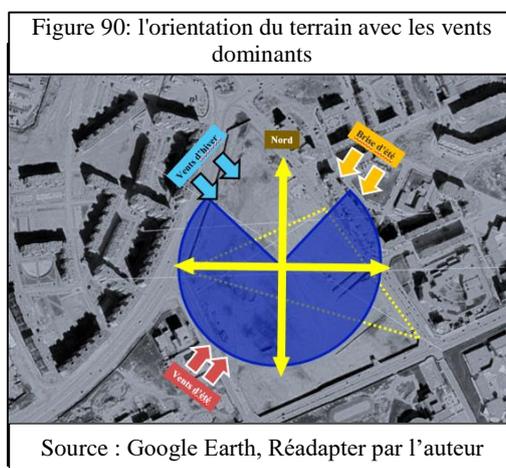


IV.1.4. Environnement immédiat :



IV.1.5. Orientation :

- Absence de protection contre les vents dominants chaud et froid



IV.1.6. Climatologie :

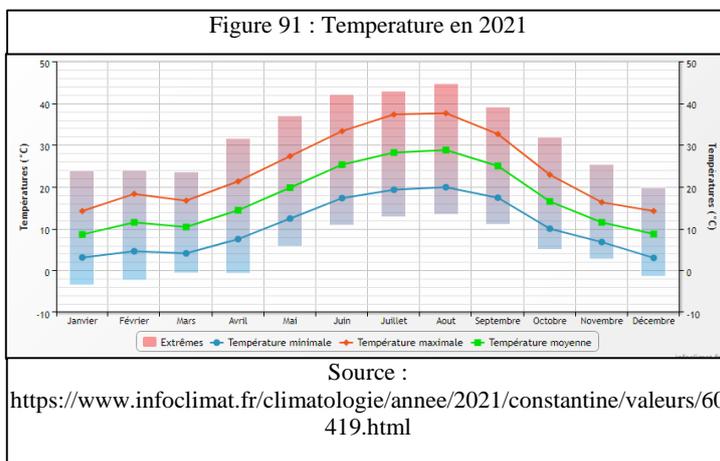
Température :

Climatologie globale	Année 2020												Valeurs climatologiques												Occurrences de phénomènes												Jour par jour												Année 2022 - Année complète
	nov. 2021	fév. 2021	mars 2021	avr. 2021	mai 2021	juin 2021	juil. 2021	août 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dec. 2021	nov. 2021	fév. 2021	mars 2021	avr. 2021	mai 2021	juin 2021	juil. 2021	août 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dec. 2021	nov. 2021	fév. 2021	mars 2021	avr. 2021	mai 2021	juin 2021	juil. 2021	août 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dec. 2021													
Temp. maxi extrême	23,9	24,0	23,6	31,6	37,0	42,1	42,9	44,7	39,1	25,4	19,8	44,7	24,0	23,6	31,6	37,0	42,1	42,9	44,7	39,1	25,4	19,8	44,7	24,0	23,6	31,6	37,0	42,1	42,9	44,7	39,1	25,4	19,8	44,7	24,0	23,6	31,6	37,0	42,1	42,9	44,7	39,1	25,4	19,8	44,7				
Temp. maxi moyennes	14,2	18,3	16,7	21,3	27,3	33,3	37,3	37,6	32,6	22,9	16,3	24,3	18,3	16,7	21,3	27,3	33,3	37,3	37,6	32,6	22,9	16,3	24,3	18,3	16,7	21,3	27,3	33,3	37,3	37,6	32,6	22,9	16,3	24,3	18,3	16,7	21,3	27,3	33,3	37,3	37,6	32,6	22,9	16,3	24,3				
Temp. moyennes	8,6	11,5	10,4	14,4	19,8	25,3	28,2	28,8	25,0	16,5	8,7	17,4	11,5	10,4	14,4	19,8	25,3	28,2	28,8	25,0	16,5	8,7	17,4	11,5	10,4	14,4	19,8	25,3	28,2	28,8	25,0	16,5	8,7	17,4	11,5	10,4	14,4	19,8	25,3	28,2	28,8	25,0	16,5	8,7	17,4				
Temp. mini moyennes	3,1	4,6	4,1	7,5	12,4	17,3	19,3	19,9	17,4	10,0	6,8	10,4	4,6	4,1	7,5	12,4	17,3	19,3	19,9	17,4	10,0	6,8	10,4	4,6	4,1	7,5	12,4	17,3	19,3	19,9	17,4	10,0	6,8	10,4	4,6	4,1	7,5	12,4	17,3	19,3	19,9	17,4	10,0	6,8	10,4				
Temp. mini extrême	-3,5	-2,3	-0,6	-0,7	5,7	10,8	12,8	13,4	11,0	5,0	2,7	3,5	-2,3	-0,6	-0,7	5,7	10,8	12,8	13,4	11,0	5,0	2,7	3,5	-2,3	-0,6	-0,7	5,7	10,8	12,8	13,4	11,0	5,0	2,7	3,5	-2,3	-0,6	-0,7	5,7	10,8	12,8	13,4	11,0	5,0	2,7	3,5				
Temp. maxi minimale	7,3	9,9	7,0	11,9	19,2	26,5	29,2	30,7	25,6	18,0	7,2	7,0	9,9	7,0	11,9	19,2	26,5	29,2	30,7	25,6	18,0	7,2	7,0	9,9	7,0	11,9	19,2	26,5	29,2	30,7	25,6	18,0	7,2	7,0	9,9	7,0	11,9	19,2	26,5	29,2	30,7	25,6	18,0	7,2	7,0				
Temp. mini maximale	14,9	14,3	8,4	12,0	18,5	23,4	25,9	27,5	24,0	16,2	10,0	27,5	14,3	8,4	12,0	18,5	23,4	25,9	27,5	24,0	16,2	10,0	27,5	14,3	8,4	12,0	18,5	23,4	25,9	27,5	24,0	16,2	10,0	27,5	14,3	8,4	12,0	18,5	23,4	25,9	27,5	24,0	16,2	10,0	27,5				
D.U.J (chauffagiste)	294,7	193	243,9	140,4	43,7	11,2	3,4	0,9	6,7	91	290,8	1524,1	193	243,9	140,4	43,7	11,2	3,4	0,9	6,7	91	290,8	1524,1	193	243,9	140,4	43,7	11,2	3,4	0,9	6,7	91	290,8	1524,1	193	243,9	140,4	43,7	11,2	3,4	0,9	6,7	91	290,8	1524,1				
D.U.J (climatien)	3,6	9,4	7,7	33	94,6	230,6	308,9	334,7	218,6	44,5	0,3	1293,3	9,4	7,7	33	94,6	230,6	308,9	334,7	218,6	44,5	0,3	1293,3	9,4	7,7	33	94,6	230,6	308,9	334,7	218,6	44,5	0,3	1293,3	9,4	7,7	33	94,6	230,6	308,9	334,7	218,6	44,5	0,3	1293,3				

Tableau 17 : Température en 2021

Source :

<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2021/constantine/valeurs/60419.html>



Précipitation :

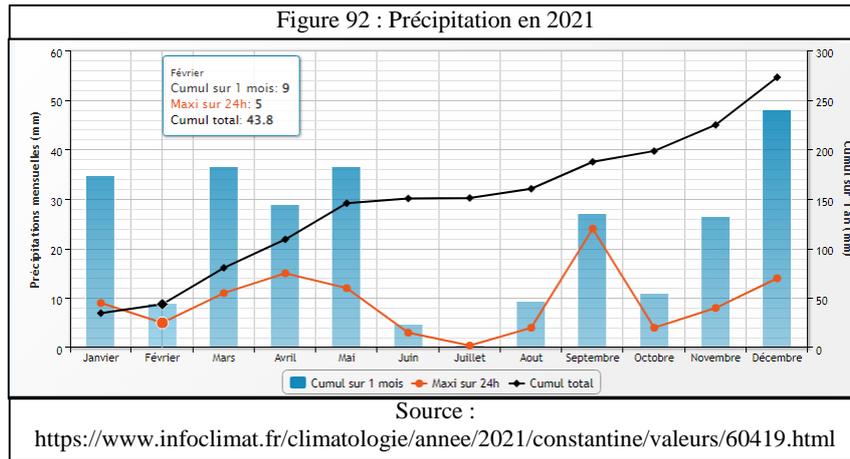
	janv. 2021	fév. 2021	mars 2021	avr. 2021	mai 2021	juin 2021	juil. 2021	août 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dec. 2021	Année complète
Cumul Précips	34,8	9,0	36,6	28,8	36,6	4,8	0,4	9,4	27,0	11,0	26,4	48,0	272,8
Max en 24h de précips	9,0 (le 31)	5,0 (le 1)	11,0 (le 22)	15,0 (le 16)	12,0 (le 6)	3,0 (le 2)	0,4 (le 7)	4,0 (le 31)	24,0 (le 21)	4,0 (le 24)	8,0 (le 9)	14,0 (le 11)	24,0 (le 21/22/23)
Max en 5j de précips	12,0	5,0	25,6	22,4	30,2	4,8	0,4	5,4	26,0	8,2	10,8	27,0	30,2 (mai)
Moyenne ≥ 1 de précips [?]	4,9	3,5	4,0	5,4	7,2	2,0		3,0	9,0	2,5	3,3	6,0	4,6

Tableau 18 : Précipitation en 2021

Source :

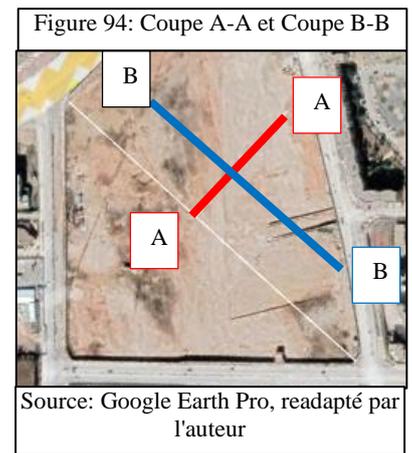
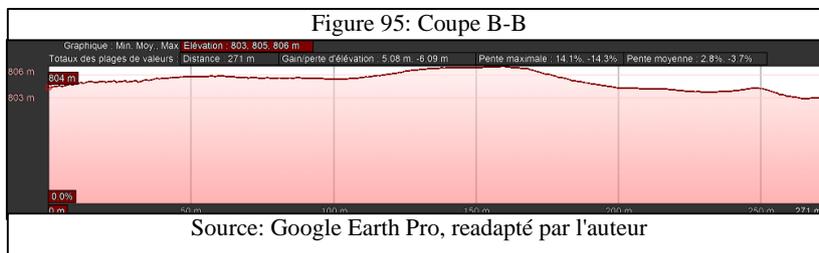
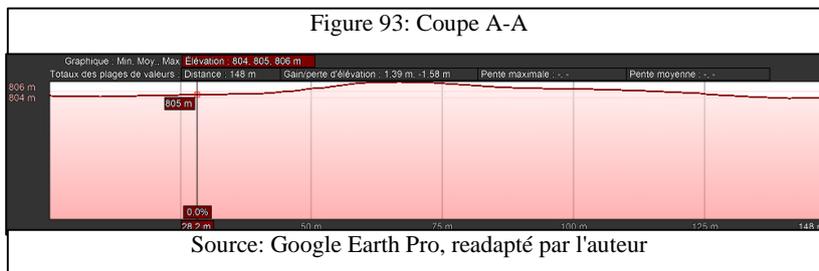
<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2021/constantine/valeurs/60419.html>

Chapitre - IV - : analyse du cas d'étude



IV.1.7. Topographie :

- Terrain quasiment plat, la plus grande différence entre le pont le plus bas et haut est de 3 mètre.



IV.1.8. Ombre projeté présent dans le terrain (21/06) :

IV.1.8.1. Habitat collectif coté EST :

Photo 1 : l'emplacement de l'habitat collectif selon le terrain



Source : L'auteur

Figure 96: l'ombre projeté de l'habitat collectif sur le terrain



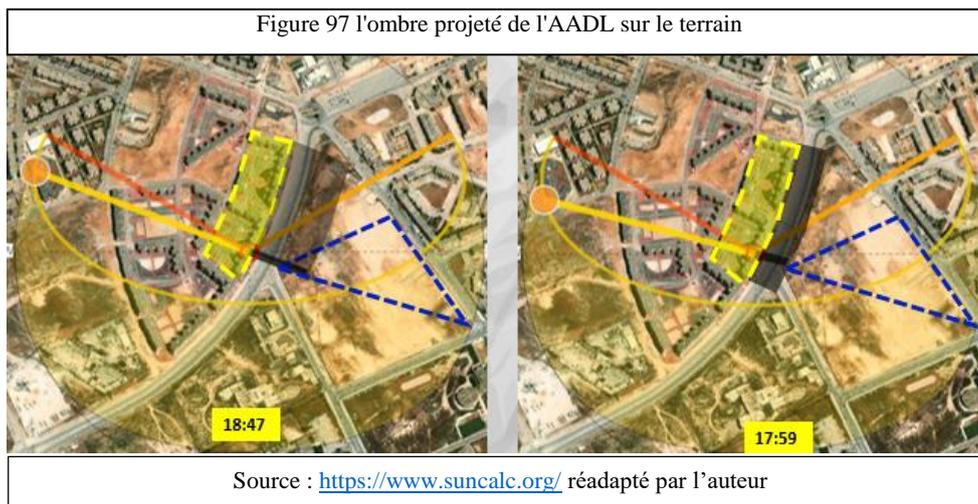
Source : <https://www.suncalc.org/> réadapté par l'auteur

IV.1.8.2. AADL :

Photo 2 : l'emplacement l'AADL selon le terrain



Source : L'auteur



IV.1.8.3. Ombre projeté présent dans le terrain (21/12) :

Absence totale d'ombre projeté sur le terrain dans cette période.

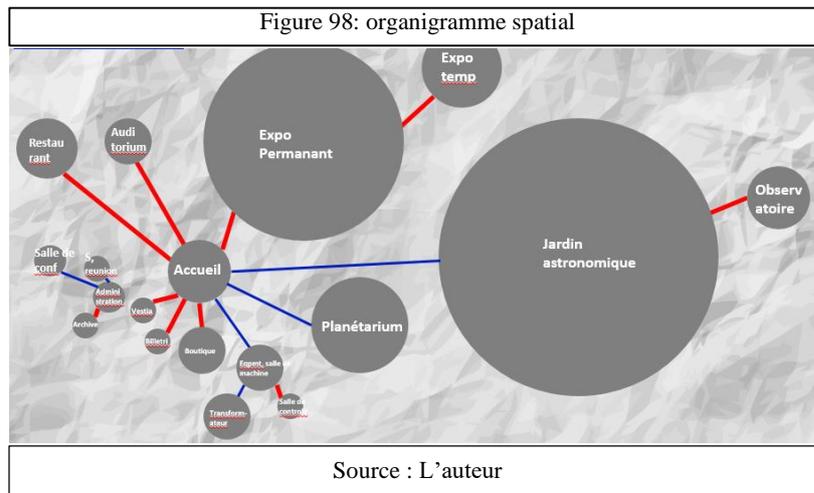
IV.2. Programmation :

IV.2.1. Le programme retenu :

retenu	
accueil	150
Planétarium	250
Vestiaire	25
Auditorium	100
Exposition permanente *3	500
Exposition Temporaire	200
Jardin astronomique extérieur	700
Restaurant à thème astronomique	150
Centre d'observation	50
Boutique	100
Billetterie	10
Salle de contrôle	50
Sécurité dans le hall du bureau	20
Transformateurs	100
Équipements et salles des machines	100
Archiver	10
Administration	80
Petite salle de réunion	30
Salle de conférence	70

Tableau 19: le programme retenu

IV.2.2. L'organigramme :



- ✓ En bleu : relations direct
- ✓ En rouge : relation indirect

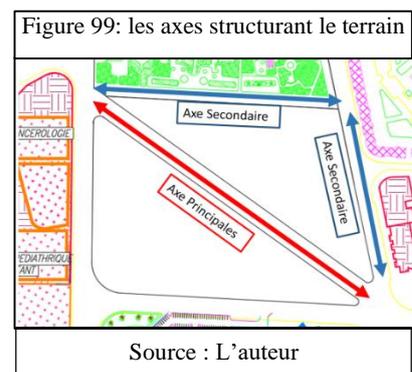
IV.3. Genèse et démarche de projet :

Le projet proposé est un planétarium situé au presque centre de la ville d'Ali Mendjli, principe à suivre :

- Concevoir un musée avec des ambiances lumineuses bien précise.
- Concevoir un musée qui répond au critère de l'architecture écologique.
- Utilisation des matériaux sains et durables.

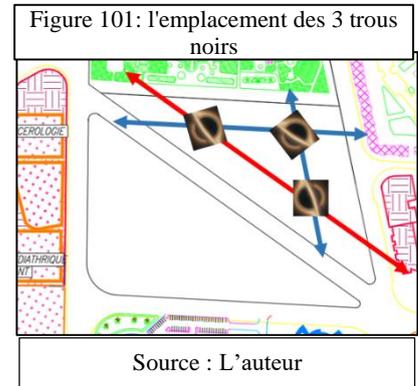
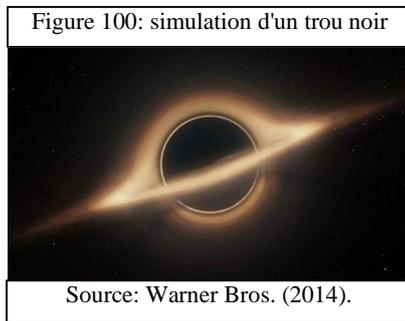
IV.3.1. Les axes principaux :

- ✓ Création d'une route diagonale comme étant un axe majeur pour relier la route principale au nord avec la voie qui amène au mall de la ville



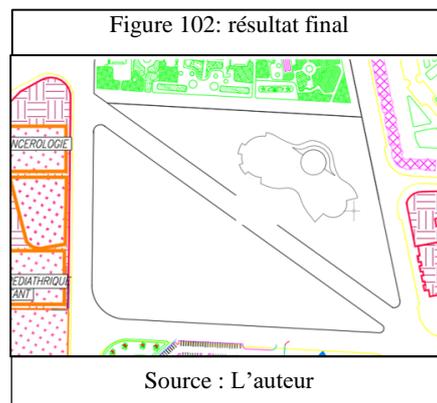
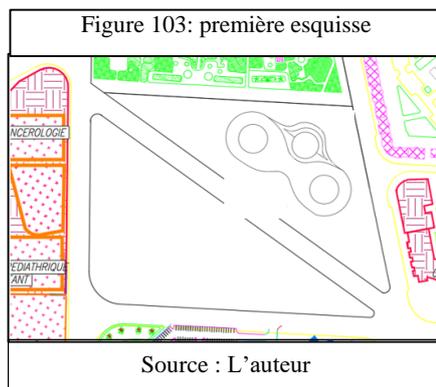
IV.3.2. Schéma de principe :

La méthode de conception est à base métaphorique inspiré des trous noirs.



- ✓ Décaler les 3 axes nous donne 3 intersection entre eux qui définiras l'emplacement des 3 trous noir

IV.3.3. Esquisse :



IV.4. La simulation de l'éclairage naturel :

IV.4.1. Les logiciels :

Ils sont une aide au dessin de la géométrie des pièces (trame...), au dimensionnement des surfaces vitrées, au choix de dispositifs de protections solaires et de revêtements intérieurs proposés par l'architecte et sont couplés (parfois par le biais du même outil) avec la STD pour prendre en compte l'apport d'éclairage naturel dans les consommations et pour l'évaluation du confort d'été. Leur utilisation n'est pas généralisée à l'ensemble des projets mais ces outils se révèlent pertinents :

- pour des bâtiments à usage sensible vis-à-vis de la gestion de l'éclairage naturel (ex : piscine, gymnase...) ou présentant une géométrie particulière (ex : amphithéâtre)
- à des fins pédagogiques auprès du maître d'ouvrage pour justifier certains dispositifs (ex : seconds jours, puits de lumière, etc.)
- pour permettre une aide à la conception pour l'aménagement de certains types de locaux tels que les bureaux, les bibliothèques, les classes...
- pour les projets certifiés (référentiels exigeant la réalisation de calculs d'éclairage naturel).

Parmi ces logiciels on trouve : Geronimo - Dialux – Archiwizzard – Daysim - DIAL+.

IV.4.2. Archiwizzard :

ArchiWIZARD est un logiciel de simulation thermique 3D temps réel, sur la maquette numérique (BIM), en connexion directe avec les CAO architecturales, dès l'esquisse et en phase d'avant-projet, en neuf et en rénovation, ArchiWIZARD informe sur la pertinence et la performance de vos choix architecturaux et techniques pour :

- ✓ Le confort lumineux
- ✓ La thermique
- ✓ La qualité bioclimatique

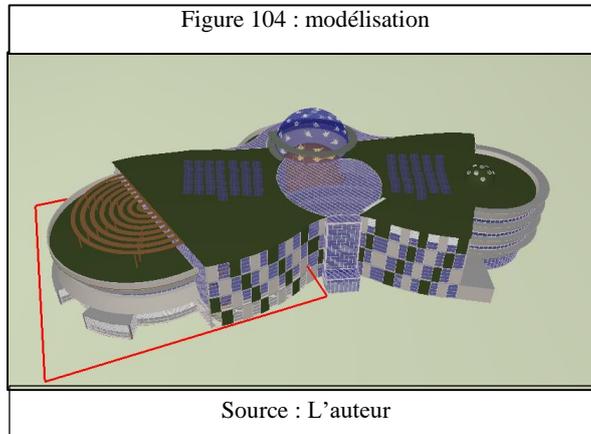
ArchiWIZARD® intègre différents modules de simulation complémentaires basés sur un même modèle énergétique généré automatiquement à partir de la maquette CAO/BIM pour limiter les ressaisies inutiles :

- ✓ Simulation énergétique temps réel pour l'évaluation interactive et rapide de la performance du projet
- ✓ Simulation des apports solaires et lumineux par lancer de rayon ;
- ✓ Calcul réglementaire RT2012 ;
- ✓ Analyse de Cycle de Vie selon la méthodologie « Energie-Carbone » en prévision de la RE2020 ;
- ✓ Simulation Thermique Dynamique avec le moteur EnergyPlus ;
- ✓ Calcul des déperditions et de la charge thermique selon la norme EN 12831 ;
- ✓ Calcul réglementaire RT Existant

IV.4.3. Cas d'étude :

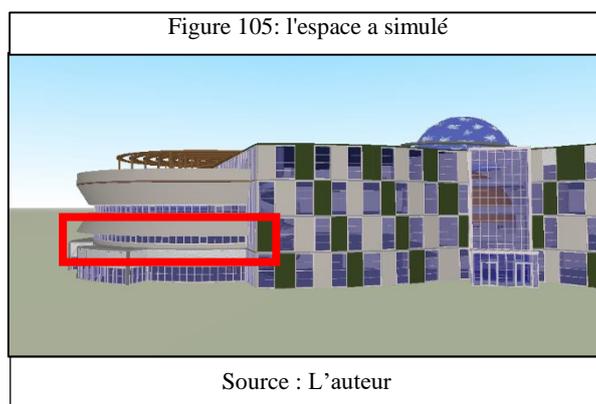
IV.4.3.1. Modélisation :

- ✓ Modélisation du projet grâce au logiciel (Archicad by Graphisoft) puis l'exporté vers l'Archiwizzard



IV.4.3.2. Le choix de l'espace a simulé :

Comme le projet est un type de musée avec des conditions d'éclairage bien précise, opté pour la simulation un espace d'exposition est le meilleur choix (l'espace d'exposition du premier étage orienté Ouest)



IV.4.3.3. Réglage des paramètres :

- ✓ Choisir la localisation du projet (le paramètre le plus proche à la ville de Ali Mendjli est la ville de Nice puis modifier l'altitude a une altitude similaire a la ville d'Ali Menddjli « 800m »)

Veillez choisir la localisation :

France_RT2012

THBCE2012_NICE_H3

Latitude : 43°42' N Longitude : 7°16' E

Altitude station : 0 m Fuseau horaire : GMT +1

- ✓ Choisir l'usage du bâtiment a un type similaire au musée comme « Commerce » (à cause de l'absence du choix 'équipements culturelle').

Usage du batiment : RT 2012

Commerce

IV.4.3.4. Réglage des matériaux et d'autres paramètres :

IV.4.3.4.1. Configurations des baies :

Figure 106: insertion des matériaux

Vitrage : Double vitrage isolation standard

Opaque : Sandwich isolant en aluminium

Protection : Volet roulant PVC 20mm avec coffre

Cadre : Cadre en aluminium très performan

Source : L'auteur

IV.4.3.4.2. Configurations des parois :

Figure 107 : insertion des matériaux

Composition

Épaisseur : 30 cm

Résistance : 0.95 m².K/W

ΔU des ponts thermiques intégrés : 0.000 W/(m².K)

Up indicatif (Rsi + Rse = 0.17) : 0.894 W/(m².K)

Extérieur

Enduit ciment

Béton

Laine minérale

Béton

Plaque de plâtre 13mm

Source : L'auteur

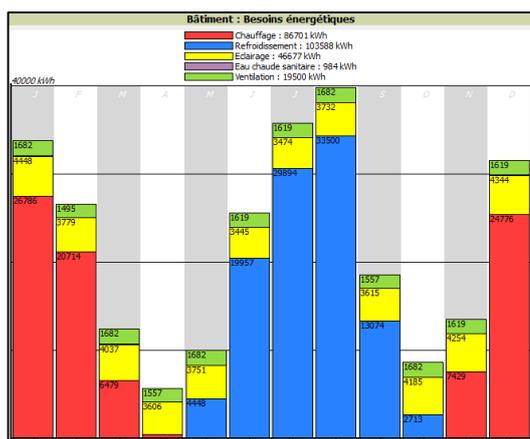
IV.4.3.5. Résultat et Interprétation :

Indicateur	résultat	Commentaire
<p>Compacité de l'enveloppe : Déf : Méthode de calcul : S/V. S : la surface déperditive et V : le volume du bâtiment</p>	 0.7	<p>On considère que ce critère est performant s'il est inférieur à 0,8</p>
<p>Indicateur de performance thermique de l'enveloppe</p>	<p>Le Ubat du bâtiment est comparé à un Ubat calculé avec des performances de parois et de baies de référence proposées par l'observatoire BBC.</p> <p>Ubat</p>	<p>L'indicateur passe au vert si la performance de l'enveloppe est supérieure ou égale à la performance de référence.</p>
<p>Surface de baies au SUD, EST, OUEST, NORD, TOITURE/ Surface de parois déperditives verticales au Sud.</p>	 SUD 13 %  EST 2 %  OUEST 26 %  NORD 4 %  TOITURE 0 %	<p>Le ratio d'orientation s'applique aux baies et aux parois des locaux chauffés donnant sur l'extérieur ou sur un espace tampon solarisé</p>
<p>Ratio de transmission thermique linéique moyen global</p>	<p>Ratio Ψ 0.02 W/(m² SRT.K)</p>	<p>La RT 2012 exige qu'il soit inférieur à 0,28 W/(m² SRT.K). Si cette valeur est supérieure, il faut modifier le mode constructif (isolation par l'extérieur, par exemple) ou utiliser des rupteurs de ponts thermiques.</p>

<p>Valeur du pont thermique moyen de la jonction plancher intermédiaire - façade.</p>	<p style="text-align: center;"> 0.00 W/mK</p>	<p>La RT 2012 exige qu'il soit inférieur à 0,6 W/(m.K). Si cette valeur est supérieure, il faut modifier le mode constructif (isolation par l'extérieur, par exemple) ou utiliser des rupteurs de ponts thermiques.</p>
<p>Besoins annuels de (chauffage, refroidissement, éclairage, eaux chaudes sanitaires dans et ventilations) dans le projet</p>	<p style="text-align: center;">  34  41  18  0  8 </p>	
<p>Taux d'inconfort : Pourcentage de temps avec occupants où la température dépasse la température dite d'inconfort.</p>	<p style="text-align: center;">Taux d'inconfort 0 % Nombre d'heures > 28 °C 11 h</p>	<p>présence d'occupants est définie d'après le scénario d'apports internes de la zone.</p>
<p>La consommation d'éclairage (C) du bâtiment</p> <p>Méthode de calcul : . C [kWh/an] P [kW/(100 lux.m²)] x Surface [m²]x Consigne [lux]x Durée pendant laquelle l'éclairage naturel ne suffit pas [h/an]</p>	<p style="text-align: center;">Consommation 46707 kWh/an</p>	<p>Dépend des scénarios d'éclairage, du système de pilotage, de la consigne d'éclairement des zones et de la puissance électrique totale. Cette dernière est fonction de la puissance installée (P) c'est à dire du type de lampes utilisées</p>
<p>L'autonomie lumineuse du bâtiment :</p>	<p style="text-align: center;"><u>Autonomie lumineuse</u> 21 %</p>	

<p>Est le pourcentage de temps du scénario d'éclairage où l'éclairage naturel suffit à répondre à la consigne d'éclairage.</p>		
<p>Confort lumineux : Pourcentage de temps pendant lequel la consigne d'éclairage est atteinte grâce à l'éclairage naturel et artificiel par rapport à la durée pendant laquelle elle est requise (scénario d'éclairage).</p>	<p>Confort lumineux 41 %</p>	<p>Il dépend de la puissance d'éclairage installée.</p>
<p>Production photovoltaïque</p>	<p>Production 49579 kWh/an</p>	

IV.4.4. Besoins énergétique (du projet complet) :



Source : Auteur

Chapitre - IV - : analyse du cas d'étude

- ✓ On aperçoit un besoin important en matière de chauffage dans les mois d'hiver et un besoin de refroidissement en été, le mois le plus favorable est le mois d'avril, et sans oublier le besoin d'éclairage.

IV.4.5. Carte d'éclairage :

Figure 110: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 décembre à 9h

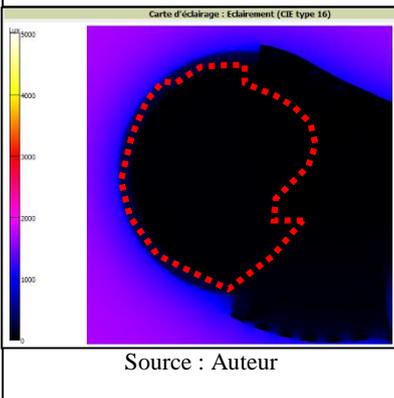


Figure 109: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 décembre à 12h

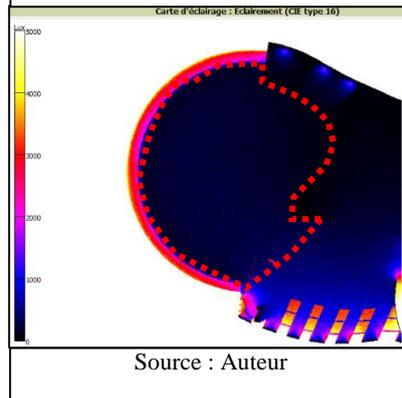


Figure 108: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 décembre à 15h

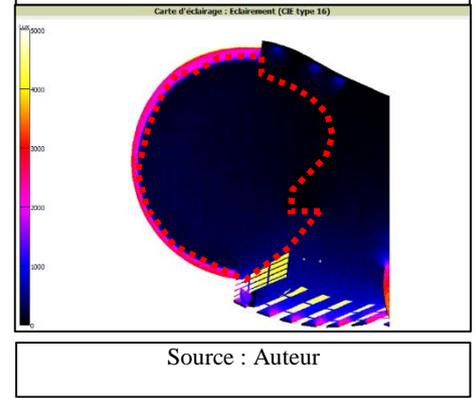


Figure 111: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Mars à 9h

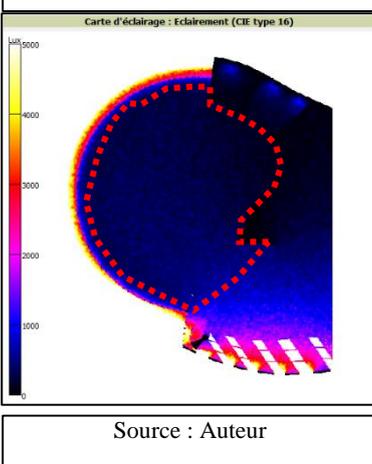


Figure 113: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Mars à 12h

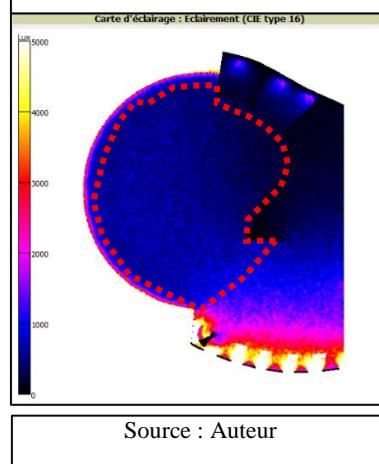


Figure 112: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Mars à 15h

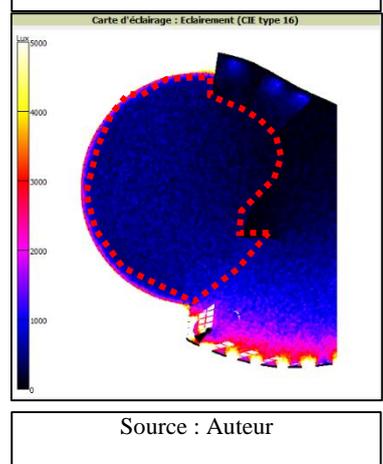


Figure 116: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Juin à 9h

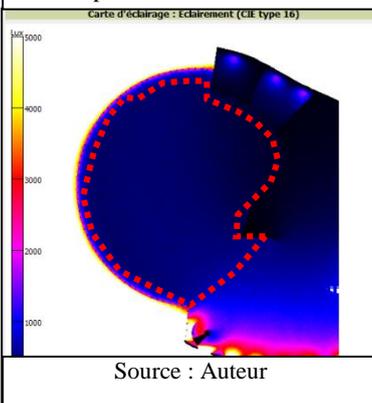


Figure 115: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Juin à 12h

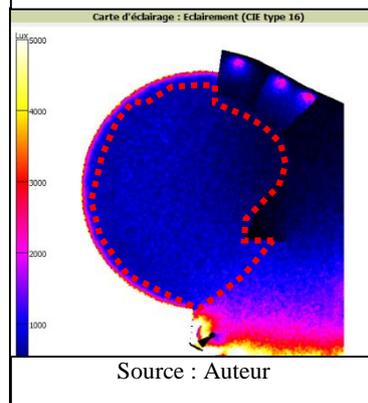
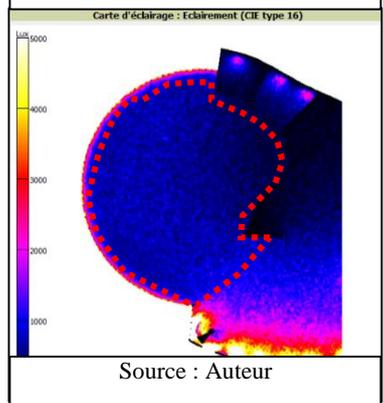


Figure 114: carte d'éclairage de la salle d'exposition Le 21 Juin à 15h



Chapitre - IV - : analyse du cas d'étude

Les cartes d'éclairage obtenu à travers de la simulation de la lumière naturelle montre que la salle étudié présente une moyenne de 500 lux, une moyenne annuelle considéré comme convenable. Le suivi de la qualité lumineuse entre les différents mois de l'année montre que le niveau le plus adapté en matière de confort visuel des mois du solstice d'hiver et l'équinoxe du printemps. On peut constater que notre salle d'exposition est caractérisée par un niveau d'uniformité d'ambiance lumineuse pendant toutes l'année

IV.4.6. Tache solaires :

Figure 118: Exposition solaire de la façade NORD

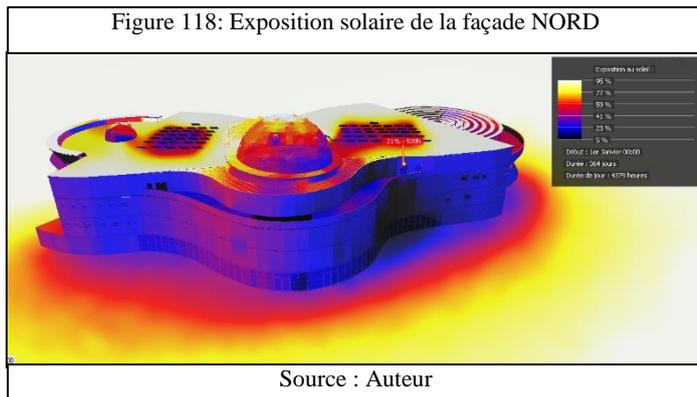


Figure 117: Exposition solaire de la façade SUD

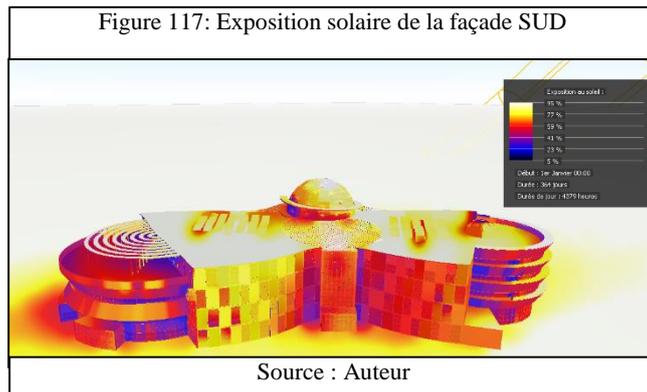
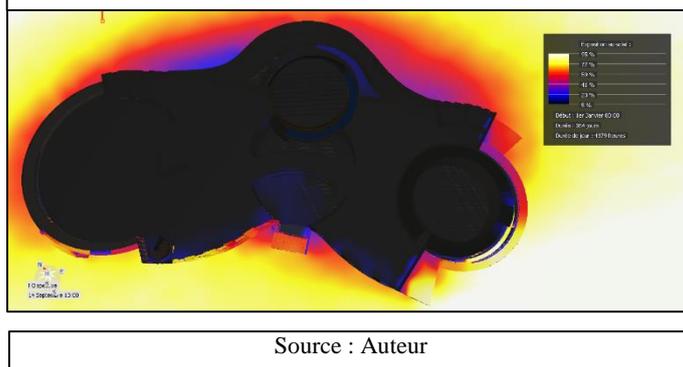


Figure 119 : Exposition solaire dans le premier étage



Le résultat d'une façade orientée SUD nous a fourni une exposition moyenne au soleil de 68 pour cent (3000 heures / 4379 heures) sur l'année, tandis que la façade NORD a une résultante moyenne de 27 pour cent (1201 heures / 4379 heures), par contre le pourcentage d'exposition solaire dans le intérieur est négligeable avec une résultante de 1% (60h/4379h).

IV.4.7. Performance des panneaux solaires photovoltaïques :

La résultante de besoins d'éclairage selon le logiciel nous informe qu'il nécessite plus de 40000 kWh pour avoir une autonomie lumineuse beaucoup plus adéquate et un confort lumineux agréable, donc pour compenser ce besoin, on a intégré dans quelque panneaux des mur rideau

Solaire photovoltaïque : Chiffres clés	
Installation	
Nombre de panneaux	67
Surface totale	295.5 m ²
Puissance crête	41.7 kWc
Onduleur	Onduleur standard
Rendement de l'onduleur	Par défaut
Puissance AC de l'onduleur	33329 W
Réception solaire	
Réception annuelle	451877 kWh
Irradiation annuelle	1529.35 kWh/m ²
Production	
Production électrique annuelle	46086 kWh
Productivité annuelle	1106 kWh/(kWc.an)
Production électrique perdue par le brouillard	869 kWh (2 %)
Durée de mise en protection	0 h
Energie primaire équivalente	118903 kWh _{pe}
Impact environnemental	
Emissions CO2 équivalentes évitées	3779.09 kgCO ₂ eq/(m ² .an)

Chapitre - IV - : analyse du cas d'étude

(côté ouest) et dans la toiture du bâti des panneau photovoltaïque, le surface exigé pour obtenir une compensations e 100% est de 295.5m² de panneau photovoltaïque

Conclusion générale

Conclusion générale:

Conclusion générale:

La lumière occupe une place importante dans l'histoire de l'architecture. Cet élément a inspiré différentes civilisations et courants architecturaux. Grâce à cet aspect physique, nous sommes capables de percevoir le monde environnant et surtout l'objet architectural.

Sur le plan de la durabilité, le soleil est une ressource naturelle, épuré et inépuisable. À cette fin, il est devenu un élément majeur de l'architecture notamment dans la phase de croquis que l'architecte doit utiliser d'une façon intelligente et appropriée pour garantir le confort visuel, facteur d'augmentation de rendement d'un espace,

L'architecture moderne vise à utiliser le soleil pour éclairer et réchauffer les bâtiments en captant et en distribuant la lumière naturelle dans des structures utilisant des techniques et des conceptions spécifiques, tout en respectant les normes de confort visuel et en intégrant la lumière naturelle dans tous les espaces. Tenez compte de la disponibilité du flux de lumière naturelle tout au long de l'année tout au long des phases de conception architecturale.

Le choix de la direction, de l'intensité et de la composition spectrale de la lumière ultraviolette ou infrarouge montre les caractéristiques d'un élément dans l'éclairage du musée, ce qui inclut la maîtrise de la lumière. La possibilité d'inspecter et, si nécessaire, de restaurer l'œuvre est rendue possible par un éclairage équilibré. Enfin, l'éclairage clôt le spectacle.

En tant que moyen de vérification et d'aide à la décision, les technologies de prédétermination de la lumière du jour jouent un rôle important dans le processus de conception de l'éclairage naturel.

Les recommandations :

- Lors de la création d'un musée dans le but d'assurer la conservation des œuvres d'art, il est essentiel de tenir compte des effets du rayonnement UV et infrarouge sur l'œuvre.
- Les objets sensibles à la lumière, tels que les œuvres graphiques et les photographies, les tissus, les plumes et les spécimens historiques naturels, doivent être exposés à moins de 50 lux.
- Les peintures, bois polychromes et autres objets peints nécessitent 150-200 lux.
- Environ 300 lux pour les matériaux tels que la pierre, la céramique, le verre et le métal qui ne sont pas sensibles à la lumière ou aux rayons UV.

Bibliographie:

Bibliographie:

Les livres :

1. André DE HERDE, S. R. (2004). L'éclairage naturel des bâtiments. Louvain, Belgique: Presses universitaires de Louvain
2. Bodart, M. (2002). Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique. Louvain: Faculté des Sciences Appliquées Unité d'Architecture, Université Catholique de Louvain.
3. Leclercq, M., Anthierens, C., Bideaux, E., & Flambard, L. (2007). Régulation du confort visuel dans une pièce: analyse pour la mise en oeuvre. Proceedings of 2ndes journées doctorales du Groupe de Recherche Modélisation, Analyse, Commande des systèmes Complexes, 9-11.
4. Sachs, I., 1993. Écodéveloppement. Paris, Syros, Alternatives économiques.
5. Recueil Isambert, tome 4, p. 523
6. Projet de norme NF P 14-010-1 : Aménagement durable - Quartiers d'affaires, 3.12 page 8 [archive] lesenr.fr, 30 juillet 2012.
7. Alain Liébard et André de Herde, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, 2006
8. GUICHARD, Jack et Jean-Louis MARTINAND. Médiatique des sciences. Paris : Presses universitaires de France, 2000, p. 248.
9. RODITI, D. (juin 2011). ventilation et lumière naturel. Paris : EYROLLES.

Mémoire de Magister :

1. DAICH, Safa. Simulation et optimisation du système light shelf sous les conditions climatique spécifiques. Mémoire de magister Université de Biskra 2011.p.82
2. BENDEKKICH, Selma. Optimisation de L'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse. Mémoire de Magister,',2017 .p.45 46.

Site

1. L'épuisement des ressources. (2022, 4 février). Consulté le 15/03/2022, à l'adresse <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/l-epuisement-des-ressources>

Bibliographie:

2. ÉCOLOGIE : Définition de ÉCOLOGIE. (s. d.). Consulté le 9 juin 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/%C3%A9cologie>
3. Ouannes, Z. (2021, août 31). Tout savoir sur l'architecture écologique. Architecture Commerciale. Consulté le 9 juin 2022, à l'adresse <https://architecturecommerciale.com/architecture-ecologique-cest-quoi/>
4. AMDE ; Agence de la transition énergétique, www.ADME.fr Consulté le 06/03/2022
5. "Les principes de base d'une conception bioclimatique." e-rt2012.fr. <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/> (consulté le 22 Mars, 2022).
6. Comment bien reconnaître un type de musée ? (s. d.). passeurs de mémoires. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.passeursdememoires.fr/quels-sont-les-differents-types-de-musee/>
7. Bio-Tech. (2014, mars). l'institut pour la conception écoresponsable du bâti (l'ICEB), à l'adresse https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide_bio_tech_eclairage_naturel.pdf, Consulté le 8 juin 2022
8. www.climamaison.com (consulté le 22 Mars 2022).
9. L'agence belge de développement. "MANUEL DE BONNES PRATIQUES ARCHITECTURALES Éco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments." enabel.be. https://www.enabel.be/sites/default/files/manuel_eco-construction_fr.pdf (consulté le 22 Mars 2022).
10. L'éclairage naturel des bâtiments-guide : Confort visuel. (s. d.). Architecture et Climat. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse https://sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_confort.htm#ancre01
11. Le confort Visuel. (2012, 4 mars). mysti2d. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <http://www.mysti2d.net/legarros/AC/07/Le%20confort%20visuel/Le%20confort%20Visuel.html?Documentsdesynthse.html>
12. MANUEL DE BONNES PRATIQUES ARCHITECTURALES éco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments -. (s. d.). docplayer. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://docplayer.fr/53796381-Manuel-manuel-de-bonnes-pratiques-architecturales-eco-construction-et-efficience-energetique-dans-les-batiments.html>
13. Les musées : historique et évolution. (s. d.). Académie nice. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/dsden06/eac/wp-content/uploads/sites/5/2018/02/les-muses-historique-et-volution.pdf>

Bibliographie:

14. Comment bien reconnaître un type de musée ? (s. d.). passeurs de mémoires. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.passeursdememoires.fr/quels-sont-les-differents-types-de-musee/>
15. Wikipedia contributors. (2022, 27 janvier). Muséographie., Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mus%C3%A9ographie>
16. Feilo Sylvania. (s. d.). ÉCLAIRAGE POUR MUSÉES ET GALERIES. sylvania lighting. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.sylvania-lighting.com/documents/documents/Feilo%20Sylvania%20-%20Mus%C3%A9es%20et%20galeries%20-%20Brochure%20-%20France.PDF>
17. Ezrati, J. (2018, 18 avril). L'éclairage comme élément de la scénographie. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse https://www.persee.fr/doc/pumus_1766-2923_2010_num_16_1_1578
18. Cloutier, M. (2016, 7 décembre). Le projecteur Dow au Planétarium de Montréal. Open Edition Journals. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://journals.openedition.org/cm/2388#:~:text=C'est%20en%201923%20que,le%20Soleil%20et%20les%20plan%C3%A8tes.>
19. Ohira Tech Ltd. (s. d.). MEGASTAR-III. MEGASTAR Official Site. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.megastar.jp/en/products/megastar-3/>
20. BARCO. (2022). Murs vidéo LCD. Barco.com. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.barco.com/en/products/lcd-video-walls>
21. L. Diouf, A. Vincent, A. Worms. (2013, septembre). CRISP dossier 81 : les arts numériques : Espace Multimédia Gantner. Espace Multimedia Gantner. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.espacemultimeddiagantner.cg90.net/fr/publication/crisp-dossier-81-les-arts-numeriques/>
22. Chen, C. (2021, 21 juillet). Shanghai Astronomy Museum / Ennead Architects. Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse <https://www.archdaily.com/965203/shanghai-astronomy-museum-ennead-architects>
23. New Shanghai Astronomy Museum Looks Out of This World. (s. d.). Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse <https://www.thatsmags.com/china/post/33023/new-shanghai-astronomy-museum-looks-out-of-this-world>
24. Wikipedia contributors. (2021, décembre 26). Musée des sciences et de la technologie du Canada. Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse

Bibliographie:

https://fr.wikipedia.org/wiki/Mus%C3%A9_des_sciences_et_de_la_technologie_du_Canada

25. Planétarium de Vaulx-en-Velin. (s. d.). Ville de Lyon. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.lyon.fr/node/29874>
26. Plan des espaces. (2017, 5 septembre). Planétarium de Vaulx-En-Velin. Consulté le 8 juin 2022, à l'adresse <https://www.planetariumvv.com/plan-des-batiments/>
27. Fracalossi, I. (2022, 31 mai). California Academy of Sciences / Renzo Piano Building Workshop + Stantec Architecture. Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse <https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>
28. Climatologie de l'année 2021 à Constantine - Infoclimat. (s. d.). Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2021/constantine/valeurs/60419.html>
29. SunCalc sun position- und sun phases calculator. (s. d.). Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse <https://www.suncalc.org/>
30. Statuts de l'ICOM. (2021, 8 septembre). Consulté le 10 juin 2022, à l'adresse <https://icom.museum/fr/ressource/icom-s-statutes/>

Résumé:

Résumé:

Avec les préoccupations croissantes en matière de développement durable, le secteur de la construction doit répondre à deux exigences essentielles : maîtriser à la fois les effets de l'environnement extérieur et assurer des conditions intérieures saines et confortables pour les habitants. La lumière naturelle, par définition, est non seulement une lumière superbe pour le rendu des couleurs dans les musées et les planétariums, mais elle est aussi une source de risque possible pour les collections et de turbulences dans les ambiances intérieures particulières.

Dès lors, l'optimisation réfléchie de la lumière naturelle en muséographie permet de lutter contre ses méfaits tout en gardant ses caractéristiques en termes de rendu des couleurs, ainsi que l'amélioration du confort visuel au sein du musée.

Dans ce contexte, nos recherches portent sur l'importance de la lumière naturelle et des ambiances lumineuse dans les (musées et planétarium) et leurs influences sur l'exposition et l'espace. Notre objectif est d'établir dans quelle mesure les méthodes d'éclairages qui répondent aux exigences d'un musée en lumière naturelle et de catégoriser les nombreuses stratégies et méthodes pour valoriser la lumière naturelle.

Mots clés :

Planétarium, Musée, Confort visuel, Lumière naturelle, ambiance lumineuse.

Résumé:

Abstract:

With growing concerns about sustainable development, the construction sector must meet two essential requirements: to control both the effects of the external environment and to ensure healthy and comfortable internal conditions for the inhabitants. Natural light, by definition, is not only a superb light for rendering colors in museums and planetariums, but it is also a source of possible risk for collections and turbulence in particular interior environments.

Therefore, the thoughtful optimization of natural light in museography makes it possible to fight against its harmful effects while keeping its characteristics in terms of color rendering, as well as improving visual comfort within the museum.

In this context, our research focuses on the importance of natural light and lighting atmospheres in (museums and planetarium) and their influences on exhibition and space. Our objective is to establish the extent to which lighting methods meet the requirements of a museum in natural light and to categorize the many strategies and methods for enhancing natural light.

Key words:

Planetarium, Museum, Visual comfort, Natural light, ambient lighting.

الملخص:

مع تزايد المخاوف بشأن التنمية المستدامة ، يجب أن يفي قطاع البناء بمتطلبات أساسيين: التحكم في تأثيرات البيئة الخارجية وضمان ظروف داخلية صحية ومريحة للسكان. الضوء الطبيعي ، بحكم تعريفه ، ليس فقط ضوءًا رائعًا لعرض الألوان في المتاحف والقباب السماوية ، ولكنه أيضًا مصدر للمخاطر المحتملة للمجموعات والاضطرابات في بيئات داخلية معينة.

لذلك ، فإن التحسين المدروس للضوء الطبيعي في المتحف يجعل من الممكن مكافحة آثاره الضارة مع الحفاظ على خصائصه من حيث عرض اللون ، وكذلك تحسين الراحة البصرية داخل المتحف.

في هذا السياق ، يركز بحثنا على أهمية الضوء الطبيعي وأجواء الإضاءة في (المتاحف والقبة السماوية) وتأثيرها على المعرض والفضاء. هدفنا هو تحديد مدى تلبية طرق الإضاءة لمتطلبات المتحف في الضوء الطبيعي وتصنيف العديد من الاستراتيجيات والأساليب لتحسين الإضاءة الطبيعية

الكلمات الدالة:

القبة السماوية ، المتحف ، الراحة البصرية ، الضوء الطبيعي ، الإضاءة المحيطة ،