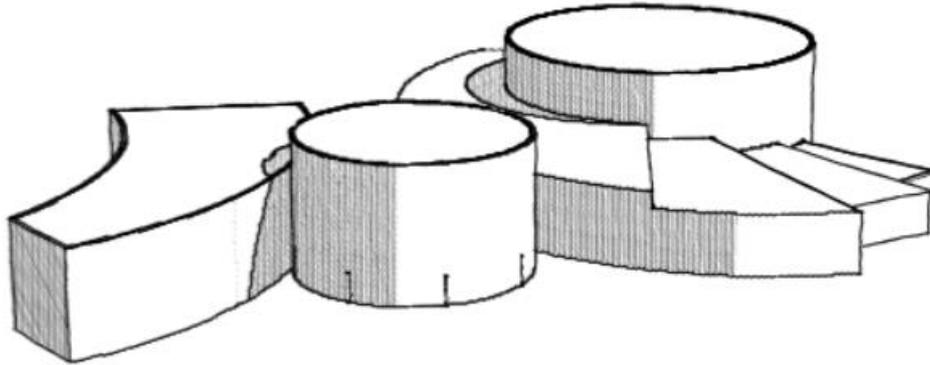




Faculté de Technologie
Département d'Architecture



Thème :

L'influence des protections solaires sur les ambiances lumineuses
dans les musées

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture
« Spécialité Architecture »

Préparé par :

Lahlah Dihia

Mr/ BOUFASSA Sami	MCA	Université de Bejaia	Président
Mme/BOUNIF Sonia	MAA	Université de Bejaia	Examineur
Mr/AMIR Amar	MAA	Université de Bejaia	Examineur
Mme/ Selma SARAOUI	MCB	Université de Bejaia	Rapporteur

Résumé

L'espace d'exposition est devenu de nos jours l'un des espaces les plus fréquenté par le grand public, ses espaces peuvent être inclus dans un équipement, ou constitués eu même un équipement « Le musée ».

La lumière naturelle occupe une place fondamentale dans la conception architecturale des musées, avec la naissance des débats actuels sur les énergies vertes et le développement durable, les architectes tentent de maximiser son usage contrairement à l'éclairage artificiel. La lumière naturelle nous provient d'une source gratuite présente toute la journée, contrairement à la lumière l'artificielle qui nécessite la consommation d'Energie afin d'être produite.

La lumière du jour varie en fonction des l'heures, des mois et des saison, générant différentes ambiances lumineuses perçues dans l'espace architectural, d'où la nécessité de l'usage des dispositifs architecturaux, d'abord l'ouverture qui assure plusieurs types d'éclairage, ensuite les protections solaires qui sont d'une grande importance dans la maitrise des taux d'éclairement, elles ont généralement pour rôle d'offrir des ambiances agréables dans les espaces d'exposition et d'éviter les désagréments et l'endommagement des œuvres d'art.

Ce travail de recherche a mis en exergue plusieurs paramètres qui sont : l'étude et la compréhension de la lumière naturelle dans les musées, nous avons utilisé par la suite les informations de l'analyse conceptuelle dans la création d'une méthodologie pour l'analyse des données relatives á l'exposition dans le musée El Moudjahid de Bejaia, et enfin après l'analyse et l'évaluation de l'existant, nous avons appliqué tous les acquis afin de créer notre propre projet fin d'étude qui sera un musée

Mots-clés : musée, lumière naturelle, ambiance lumineuse, protections solaires.

ملخص

أصبحت مساحة المعرض في الوقت الحاضر واحدة من أكثر الأماكن التي يرتادها عامة الناس، ويمكن تضمين مساحتها في معدات، أو حتى تشكيلها في جهاز "المتحف".

يحتل الضوء الطبيعي مكاناً أساسياً في التصميم المعماري للمتاحف، مع ولادة المناقشات الحالية حول الطاقة الخضراء والتنمية المستدامة، يحاول المهندسون المعماريون تعظيم استخدامه على عكس الإضاءة الاصطناعية. يأتي الضوء الطبيعي إلينا من مصدر حر موجود طوال اليوم، على عكس الضوء الاصطناعي الذي يتطلب استهلاك الطاقة من أجل إنتاجه. يختلف ضوء النهار باختلاف الساعات والأشهر والفصول، مما يولد أجواءً مضيئة مختلفة متصورة في الفضاء المعماري، ومن هنا تأتي الحاجة إلى استخدام الأجهزة المعمارية، أولاً وقبل كل شيء الفتح الذي يضمن عدة أنواع من الإضاءة، ثم الحماية من الشمس والتي تعتبر رائعة أهمية في التحكم في مستويات الإضاءة، ويتمثل دورهم بشكل عام في توفير أجواء ممتعة في مساحات العرض وتجنب المضايقات والأضرار التي تلحق بالأعمال الفنية.

أبرز هذا العمل البحثي عدة معايير وهي: دراسة وفهم الضوء الطبيعي في المتاحف، ثم استخدمنا المعلومات من التحليل المفاهيمي في إنشاء منهجية لتحليل البيانات المتعلقة بالمعرض في متحف المجاهد في بجاية، وأخيراً بعد تحليل وتقييم الموجود، قمنا بتطبيق جميع الإنجازات من أجل إنشاء مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا والذي سيكون متحفاً.

الكلمات المفتاحية: متحف، نور طبيعي، جو مضيء، حماية من الشمس.

Summary

The exhibition space has become nowadays one of the spaces most frequented by the general public, its spaces can be included in an equipment, or even constituted in an equipment "The museum".

Natural light occupies a fundamental place in the architectural design of museums, with the birth of current debates on green energy and sustainable development, architects are trying to maximize its use unlike artificial lighting. Natural light comes to us from a free source present all day, unlike artificial light which requires the consumption of Energy in order to be produced. Daylight varies according to the hours, months and seasons, generating different luminous atmospheres perceived in the architectural space, hence the need for the use of architectural devices, first of all the opening which ensures several types of lighting, then solar protections which are of great importance in controlling the levels of illumination, their role is generally to provide pleasant atmospheres in the exhibition spaces and to avoid inconveniences and damage to works of art.

This research work has highlighted several parameters which are: the study and understanding of natural light in museums, we then used the information from the conceptual analysis in the creation of a methodology for the analysis of the data relating to the exhibition in the El Moudjahid museum in Bejaia, and finally after the analysis and evaluation of the existing, we applied all the achievements in order to create our own end-of-study project which will be a museum

Keywords: museum, natural light, luminous atmosphere, solar protection.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Lumière visible. (Daich, 2011)	7
Tableau 2 : Luminances de quelques sources de lumière. (Redjil & Ben'Halilou, 2015).....	11
Tableau 3 : éclairagements naturels (Redjil & Ben'Halilou, 2015)	12
Tableau 4 : éclairagements naturels (Redjil & Ben'Halilou, 2015)	12
Tableau 5 : les types de musée (source travaillé par l'auteur)	33
Tableau 6 : les résultats des prises de mesures sans les stores, (auteur,2021)	54
Tableau 7 : les résultats des prises de mesures avec les stores, (auteur,2021)	55
Tableau 8 : récapitulative des réponses du questionnaire (output SPSS, auteur, 2021)	58
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des réponses au motif de réponses (Output SPSS, auteur 2021)	58
Tableau 10 : les résultats de simulation. (Source: auteur,2021)	62
Tableau 11 : résultats in situ. (Source: auteur,2021)	63
Tableau 12 : les normes d'éclairage d'un musée, (Tableau réalisé par l'auteur).....	64
Tableau 13 : les résultats de simulations du 21 mars, (auteur,2021)	65
Tableau 14 : les résultats de simulations du 21 décembre, (auteur,2021)	66
Tableau 15 : les résultats de simulations du 21 juin, (auteur,2021).....	67
Tableau 16: résultats après intégration des protections solaires, source :auteur,2021.....	70
Tableau 17 : Résultats obtenus pour la grande salle d'exposition, source :auteur,2021	71
Tableau 18 : tableau synthétique de l'analyse des exemples, (auteur,2021)	79
Tableau 19 : représentant le programme proposé (Auteur,2021)	81

Liste des figures

Figure 1: Le flux lumineux. (Daich, 2011).....	8
Figure 2: Intensité lumineuse. (Daich, 2011).....	8
Figure 3:: Éclairement. (Daich, 2011)	9
Figure 4 :: Luminance. (Daich, 2011).....	9
Figure 5 : Facteur de lumière du jour, (Daiche, 2011).....	10
Figure 6: La propagation de la lumière (Liébard & De Herde, 2005)	12
Figure 7 : les modes de de réflexion. (Liébard & De Herde, 2005)	13
Figure 8 :les modes de transmission (Liébard & De Herde, 2005)	14
Figure 9 : les stratégies de lumière naturelle, (DAICH, 2011)	16
Figure 10 : Exemple d'éclairage latéral dans un bâtiment religieux. (Source : Auteur)	17
Figure 11 : L'éclairage zénithal et latéral, (Baker et al., 2013)	18
Figure 12 : les objectifs des protections solaires, (Liébard & De Herde, 2005).....	20
Figure 13 : Profondeur et largeur d'une occultation, (DAVID BALLAST, 1988)	23
Figure 14 : la pénombre en architecture, (bib.univ-oeb.dz).....	24
Figure 15 : Ambiance lumineuse. (DAICH, 2011)	25
Figure 16 : Ambiance inondée, (DAICH, 2011).....	25
Figure 17 : les fonctions du musée. (Jean-Jacques Ezrati réadapté par l'auteur)	31
Figure 18 : le musée d'Orsay à Paris, (source : timeout.fr)	34
Figure 19 : le musée suisse de forme spirale, (source : architectura.be)	34
Figure 20 : le musée juif d'art et d'histoire, (source: vivreaberlin.com)	35
Figure 21 : le musée national d'art de catalogue de Rome (source : hisour.com)	35
Figure 22 : le musée des civilisations noires, à Dakar (source : news.africahotnews.com)	36
Figure 23 : les puis de lumière centrale, (Cuttle C., 2007)	37
Figure 24 : Musée Pinakotek U. K, (Cuttle C, 2007)	37
Figure 25 : les plafonds diffuseur de la lumière du jour,(Cuttle C, 2007)	38
Figure 26 : les plafonds diffuseur restreint de la lumière du jour, (Cuttle C, 2007).....	38
Figure 27 : les murs de lumière. (Cuttle C, 2007)	39

Figure 28 : exemple d'ouverture latérale, photo prise au musée El Moudjahid, Bejaia,(auteur,2021).....	40
Figure 29 : Introduction des données du formulaire de questions sur le logiciel IBM-SPSS Statistics®,(auteur,2021)	44
Figure 30 : Introduction des résultats du questionnaire dans le logiciel IBM SPSS. (Image générée par la technique de capture d'écran. Auteur, 2021).....	44
Figure 31 : importer le modèle 3D, (Capture d'écran, auteur,2021)	47
Figure 32 : insertion des informations nécessaires, (Capture d'écran, auteur,2021).....	47
Figure 33: lancement de la simulation. (Capture d'écran, auteur,2021).....	48
Figure 34: lancement de la simulation. (Capture d'écran, auteur,2021).....	48
Figure 35 : musée El Moudjahid, Bejaia, (Auteur,2021).....	49
Figure 36 : situation du projet dans la commune de Bejaia, (google earth,2021)	49
Figure 37 : Maquette du musée El Moudjahid (Auteur,2021).....	50
Figure 38 : parcours linéaire (auteur,2021).....	51
Figure 39 : la première salle d'exposition (Capture d'écran - auteur,2021).....	52
Figure 40 : la deuxième salle D'exposition (Capture d'écran - auteur,2021).....	52
Figure 41 : façade Est (auteur, 2021).....	53
Figure 42 : façade Ouest (auteur ,2021).....	53
Figure 43 : le dimensionnement des fenêtres latérales employé au musée, (auteur,2021)	53
Figure 44: volet roulant de lumière du jour.	68
Figure 45 : le POS n°12, (le PDAU).....	74
Figure 46 : vue aérienne du POS n°12, (Google Earth,2021).....	75
Figure 47 : schéma de structure, (auteur,2021).....	76
Figure 48 : l'accessibilité aux projet,(auteur,2021).....	77
Figure 49 : le musée Salammbô, (source : annuaire.tunisie.co)	78
Figure 50 : musée OZANEUM, (source : pinterest.com)	78
Figure 51 : normes d'exposition (Neufert, 6 ^{ème} Edition)	80
Figure 52 : inspiration du mouvement de vague.....	82
Figure 53 :reformulation des mouvements de vague sur plan	82
Figure 54 : emplacement et décomposition du projet.....	82
Figure 55: lisibilité du projet.....	83

Figure 56 : regroupement du projet	84
Figure 57: première esquisse du projet	84
Figure 58 : course du soleil pour le 21 décembre à 9h. (source: output ecotect,2021).....	84
Figure 59 : course du soleil pour le 21 décembre à 12h. (source: output ecotect,2021).....	84
Figure 60: course du soleil pour le 21 décembre à 15h. (source: output ecotect,2021	85
Figure 61 : course du soleil pour le 21 juin à 9h. (source: output ecotect,2021).....	85
Figure 62 : course du soleil pour le 21 juin à 12h. (source: output ecotect,2021).....	85
Figure 63 : course du soleil pour le 21 juin à 15h. (source: output ecotect,2021).....	85
Figure 64 : esquisse n°02 après modification. (Source: auteur,2021)	86
Figure 65 : esquisse n°01 avec orientation de la composition vers le Nord. (Source: auteur,2021)	86
Figure 66 : distribution fonctionnelle. (Source: auteur,2021).....	86
Figure 67 : plan de masse. (Source: auteur,2021).....	87
Figure 68 : plan RDC. (Source: auteur,2021).....	87
Figure 69 : plan 1er étage. (Source: auteur,2021).....	88
Figure 70 : plan 2eme étage. (Source: auteur,2021)	88
Figure 71 : plan 3eme étage. (Source: auteur,2021)	88
Équation 1 : la raison de la visite.	59
Équation 2: le taux de visite du musée. (Output SPSS réalisé par l'auteur).....	59
Équation 3 : la raison du choix du parcours,.....	59
Équation 4 : le degré de satisfaction de la visite, (Output SPSS réalisé par l'auteur)	59
Équation 5 : le degré d'éclairage du musée, (Output SPSS réalisé par l'auteur)	60
Équation 6: le degré du confort visuel, (Output SPSS réalisé par l'auteur)	60
Équation 7 : Graphe 7 : le recours à un éclairage artificiel, (Output SPSS réalisé par l'auteur)	60
Équation 8 : le recours à un système de protection solaire. (Output SPSS, l'auteur).....	60
Équation 9 : la préférence selon le genre de personne, (Output SPSS, l'auteur).....	61
Équation 10 : la manière d'utilisé les protections solaires, (Output SPSS, l'auteur)	61
Équation 11 : l'ambiance générale décrite selon chaque individue, (Output SPSS,auteur)	61

Dédicace :

Je dédie ce travail de mémoire à mes très chers Parents que Allah les protège et les bénie.

A mon très cher frère « Rayan » que j'aime beaucoup.

A ma chère tante « Saida »

A mon cher cousin « Yacine »

À « DAICHE Ahmed Motie »

A mes chères amies Lachouri Sonia, Kaci Amel, Kacimi Lynda, Madani Ouafa.

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord mes très chers parents pour leurs soutien moral et physique, leurs encouragements, leurs patience et confiance tout au long de mes années d'études jusqu'à ce moment très spécial de finalisation de mes études universitaires.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur Dr. Selma SARAoui ep. ATAR de m'avoir encadré, guidé et épaulé durant toutes les phases d'élaboration de ce mémoire.

Ainsi un grand merci à Mr. Taher MERABET et à Mr. Nadir BERKANE.

Enfin, un immense merci à tous ceux qui m'ont soutenue de loin ou de près durant tout mon cursus universitaire.

Introduction générale

La lumière naturelle est l'une des plus importantes ressources offertes par la nature, elle fut indispensable à la survie à travers plusieurs époques et civilisations, elle a joué un rôle important en architecture, ce qui lui a permis de résister au changement dû à l'apparition de l'éclairage artificielle. Mais en raison de la réflexion actuelle sur la question de la consommation énergétique et de ce qu'elle peut engendrer comme conséquences, le retour de l'homme vers les ressources naturelles propres et renouvelables qui participeront à la préservation de la planète a été une réponse logique face aux enjeux du monde actuel. Ce retour à plusieurs objectifs dont le principal est l'amélioration de la qualité de vie qui prendra en charge plusieurs autres paramètres tels que le confort visuel de l'être humain et précisément la qualité de l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural. Ceci est dû au fait que la lumière naturelle est la mieux adaptée à la physiologie de l'être humain tout en contribuant à la réduction de la consommation d'énergie principalement celle électrique. (Narboni, 2006).

En faisant référence à la citation de Louis Kahn : *« Même une pièce qui doit être obscure à besoin au moins d'une petite fente pour qu'on se rende compte de son obscurité. Mais les architectes qui aujourd'hui dessinent des pièces ont oublié leur foi en la lumière naturelle. Assujettis à la facilité d'un interrupteur, ils se contentent d'une lumière statique et oublient les qualités infinies de la lumière naturelle grâce à laquelle une pièce est différente à chaque seconde de la journée »*. C'est de cette façon que Louis Kahn définissait le concept de la lumière en l'architecture, en l'a considérant comme un outil d'expression qui participe au processus de la qualification, et de la genèse dans le processus de la conception architecturale. Donc selon Louis Kahn, la lumière est un élément d'aménagement des espaces au-delà de sa fonction d'éclairage. L'éclairage naturel dans un bâtiment prend en considération plusieurs facteurs à savoir : l'orientation, la forme, l'emplacement des fenêtres, la taille des fenêtres, les caractéristiques des vitrages, les systèmes de la protection solaire...etc.

Le musée est l'un des équipements publics à caractère culturel ayant toujours été considéré comme une source d'enrichissement culturel et artistique dans une ville, une région ou un pays par son rayonnement intellectuel et ses apports indéniables pour le développement du peuple et de la population. Ce bâtiment se focalisent sur l'exposition de l'art et des objets artistiques et culturels destinés à un très large public, d'où l'intérêt que porte les architectes à la conception de l'éclairage et à l'ambiance lumineuse depuis l'espace urbain extérieur jusqu'à l'espace intérieur qui constitue souvent une continuité dans de ce qui est déjà commencé à l'extérieur. En lisant ce qu'a dit (Ezrati, 2010), on peut conclure que l'élément fondamental le plus important dans la conception d'un musée est le système d'éclairage, ce quel que soit le type de lumière (naturelle ou artificielle), cela constitue l'action fondamentale pour guider le visiteur par le biais d'un confort visuel approprié permettant une meilleure expérience muséale.

Problématique :

Le rapport entre l'architecture et la lumière a évolué tout au long des époques durant lesquelles l'êtres humains a vécu. En 1923, Le Corbusier donne une description de l'architecture comme étant « *le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière...* » (Corbusier, 1923), cette relation se traduit par plusieurs niveaux, en allant des idées, du rythme, de la cohérence, de l'orientation, de la hauteur et la profondeur des pièces, jusqu'au dimensionnement des ouvertures et l'effet résultant à l'intérieur de l'espace. La lumière est donc un élément essentiel dans le projet architectural ; elle permet à l'être humain de percevoir et de sentir le monde qui lui entoure. Il existe une panoplie de facteurs permettant de caractériser la distribution de la lumière naturelle dans l'espace architectural comme l'éclairement, la luminance ou le contraste, qui, en se rajoutant avec une activité, crée ainsi une ambiance.

Dans le domaine des recherches visant à comprendre et à améliorer l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural, plusieurs types de systèmes qui visent à enrichir et à régler les soucis de la conception de l'éclairage naturel afin de répondre au confort et au bien-être de l'utilisateur. Les protections solaires constituent l'un de ces éléments importants. Leurs usages et rôles dépassent la simple opération de captage et d'usage de la lumière naturelle, elles sont devenues des éléments participant à l'esthétique de la façade du projet et surtout un générateur d'ambiance lumineuse à l'intérieur de l'espace architectural.

Le musée est l'un des monuments les plus importants dans une ville. Depuis le XVIII^e siècle, le style architectural de ce bâtiment s'est développé de manière à favoriser et à mettre en valeur, non seulement les œuvres exposés, mais également le bâtiment ainsi que l'espace intérieur en tant que tel, en devenant lui-même une œuvre d'art exposée et appréciée « *le musée s'expose et expose sous la lumière* ».

L'un des soucis majeurs dans la conception d'un musée est certainement le choix du système éclairage le plus efficace sur le plan énergétique et le mieux adapté aux caractéristiques du site. Pour cela, le concepteur doit respecter plusieurs normes et exigences en matière du niveau d'éclairage qui doit être, à la fois, suffisant pour l'appréciation des œuvres et non gênant pour le visiteur. La conception des musées devrait aussi prendre en considération la conservation des œuvres qui doivent être souvent à l'abri des rayons solaires afin d'éviter leurs dégradations.

De ce fait, les questions de recherche auxquels nous devrions répondre seront :

- Comment la lumière naturelle est-elle traitée dans le musée pour créer une ambiance lumineuse adaptée à l'espace architectural de type muséal ?
- Quel rôle jouent les systèmes de protections solaires dans la qualité de l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural muséal ?

Hypothèse :

L'ensemble des questions citées nous ont ramené à proposer les hypothèses suivantes :

1. L'intégration de la question des systèmes d'éclairage naturel dès les phases amonts de la conception architecturale contribue à l'optimisation du confort visuel dans l'espace musée.
2. Le choix prédéfini des protections solaires les plus appropriées au site d'implantation conduira à l'amélioration de la qualité de l'ambiance lumineuse tout au long du parcours du visiteur.

Objectifs du travail :

L'objectif principal du présent travail de mémoire est l'amélioration de la qualité de l'ambiance lumineuse dans l'espace muséal, en faisant de cette dernière le fil conducteur durant les différentes phases de conception sommaire et détaillée du projet.

L'autre objectif de cette recherche est l'évaluation des performances et des apports des protections solaires afin de déceler leurs points positifs et négatifs et déterminer leurs impacts sur l'ambiances lumineuses à l'intérieur des espaces à destination d'exposition dans le musée.

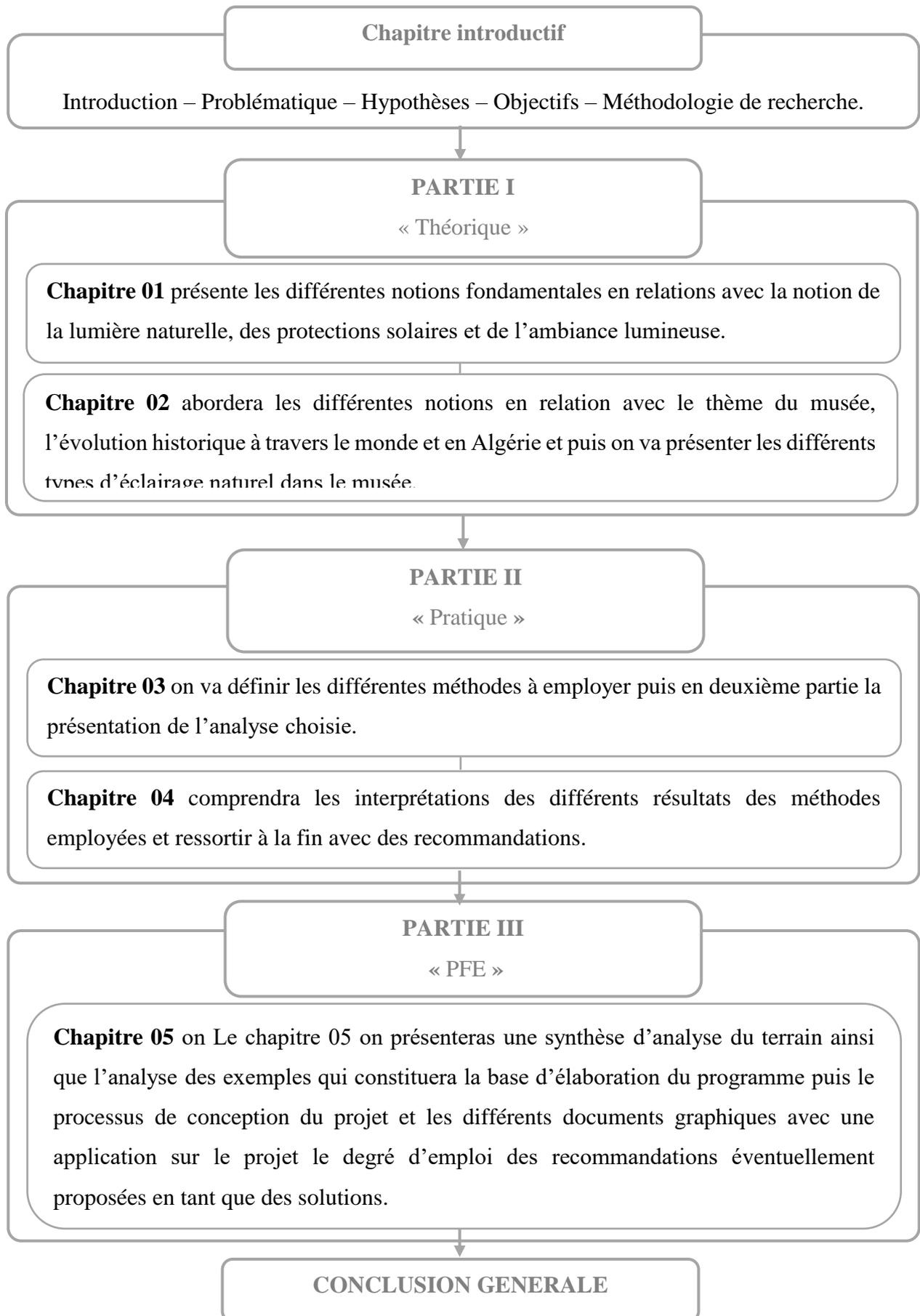
Méthodologie de travail :

Afin de répondre à la problématique spécifique de notre thème de recherche, la méthode adoptée est celle de l'« Évaluation Port-Réalisations "E.P.R" » : une méthode qui consiste à déterminer les concepts de base par une approche théorique visant dans un premier temps à connaître les normes, les exigences de la lumière naturelle dans l'espace muséal afin de définir les différents concepts. En deuxième lieu, cette méthode permet de vérifier si le musée comme cas d'analyse répond aux exigences de ces normes par sa conception et son fonctionnement.

Notre cas d'étude est représenté par le musée « EL MOUDJAHID » situé dans la ville de Bejaia. L'étude expérimentale utilisée pour analyser cet exemple a été divisée en deux parties complémentaires : premièrement, une prise de mesures In-situ à l'aide d'un Luxmètre qui a permis de réaliser une carte d'éclairage des espaces d'exposition afin de définir les caractéristiques du système d'éclairage utilisé (type, position, orientation, vitrage...etc.). Deuxièmement, une simulation numérique via le logiciel DIALux® a permis ensuite et qualifier l'efficacité des systèmes d'éclairage par rapport à la conformation architecturale (géométrie de l'espace). La combinaison des résultats obtenus ont permis de réaliser un bilan des points positifs et négatifs des systèmes mis en place dans ce cas d'étude, pour ensuite déduire les éléments nécessaires à la correction et l'amélioration du confort visuel pour le visiteur de ce musée de manière spécifique et dans l'espace musée pour la ville de Bejaia.

Structure du mémoire

Ce mémoire de recherche est composé de deux parties : une première à caractère théorique qui traite les notions relatives au thème abordé ainsi que les notions relatives. Une deuxième partie à caractère pratique constitue une analyse d'un cas d'étude par différents moyens d'investigation in-situ et de simulation numérique de l'éclairage naturel. Une troisième et dernière partie abordera le projet de fin d'étude PFE sur lequel, les résultats et les conclusions des chapitres précédents sont appliquer. De ce fait, le présent mémoire est structuré en détail sous la forme suivante :



Chapitre 1 Lumière naturelle, Conformité spatiale et Ambiance lumineuse.

Introduction

Les humains sont dotés d'une capacité extraordinaire à s'adapter aux caractéristiques de leur environnement immédiat en matière d'appréciation sensorielle et d'utilisation d'énergie. Parmi toutes les sources d'énergie naturelles que les humains trouvent dans leur environnement, la lumière naturelle peut être considérée comme étant la plus importante source vu la panoplie des apports indéniables qu'elle offre en tant que source non seulement d'énergie mais pour la santé et le bien-être de l'être humain. La lumière est un élément essentiel à la vision : elle permet l'appréciation du monde et l'orientation dans l'espace en révélant les formes, les couleurs, ...etc.

Ces biens faits de la lumière naturelle prouvent, d'une manière claire, l'impossibilité pour l'être humain, de vivre sans lumière. Mais, ce n'est pas uniquement l'homme qui est concerné par cette dépendance ; l'architecture et l'espace architectural existent eux aussi par l'éclairage de ces surfaces. La lumière a toujours été considérée comme l'un des agents de la plastique architecturale les plus puissants dont un concepteur puisse disposer, et les grands architectes ont de tout temps compris son importance en tant que médiateur fondamental de la relation qu'a l'homme avec son environnement. Sur cette base, l'éclairage des espaces doit assurer impérativement un niveau de confort visuel minimal et acceptable afin de permettre à l'occupant de s'adapter le mieux avec l'ambiance résultantes dans l'espace architectural.

Le présent chapitre traitera au premier lieu la conceptualisation qui comportera la définition de la notion de la lumière naturelle, ses origines, ses multiples bienfaits, ainsi que les différentes manières de l'évaluer. Puis nous définissons à la fin l'ambiance engendré par la lumière naturelle et ses différents types à l'intérieur d'un espace architectural.

Partie 01 : La Lumière Naturelle.

1. Définition de la lumière naturelle

La lumière comme phénomène physique a été, à plusieurs reprises, redéfinies suivant les progrès de la science et l'apparition de nouvelles théories allons de l'optique géométrique, en passant par l'optique ondulatoire, jusqu'à l'optique quantique selon laquelle la lumière est définie comme un déplacement des photons via une vitesse dans un espace-temps. La lumière naturelle visibles, nommée pareillement lumière du jour, concorde au spectre complet et continu de l'énergie découlant du soleil et se propageant dans un intervalle précis de longueurs d'ondes visibles par l'être humain. L'interaction avec la matière permet à la lumière de faire naître des phénomènes optiques tels que l'absorption, la réflexion, la réfraction, la diffraction et la polarisation. Ces phénomènes sont captés par l'œil ; un organe sensoriel complexe qui convertit l'énergie lumineuse qu'il reçoit des relations spatiales et temporelles des objets de l'espace visuel en signaux électriques à destination du cerveau. (Narboni, 2006).

2. Principes physiques de base

2.1 Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est un ensemble des radiations émises par une source qui peut être soit le soleil, ou les surfaces terrestre et océanique, l'atmosphère, ou bien encore le capteur satellitaire lui-même, sous forme d'ondes électromagnétiques ou de particules qui se déplacent en ligne droite et à grande vitesse. (DAICH, 2011).

Spectre électromagnétique : Radioélectricité Spectre ' radiofréquence' Bande VHF-UHFS' spectre micro-ondes															
Fréquence	9 KHz	1 GHz	300 GHz	3 THz	405 THz	480 THz	508 THz	530 THz	577 THz	812 THz	890 THz	750 THz	30 PHz	30 PHz	
Longueur d'onde	33 km	30 cm	1 mm	100 µm	745 nm	625 nm	590 nm	585 nm	520 nm	490 nm	435 nm	400 nm	10 nm	5 pm	
Bande		Ondes radio	Micro-ondes	térahertz	Infra	rouge	orange	jaune	vert	cyan	bleu	violet	Ultra violet	rayons X	rayons Y
			Rayonnement pénétrants		rouge	Lumière visible									Rayonnement ionisants

Tableau 1 : Lumière visible. (Daich, 2011)

2.2 Grandeurs et unités photométriques

2.2.1 Flux lumineux

Le flux lumineux (Φ) est une grandeur photométrique représentant une estimation de la capacité entière de la lumière irradié dans toutes les directions d'un espace en prenant en considération la sensibilité du système visuel humain. Il s'exprime sur la base d'égalité énergétique de la lumière qui change en même temps que sa grandeur d'onde. (DAICH, 2011).

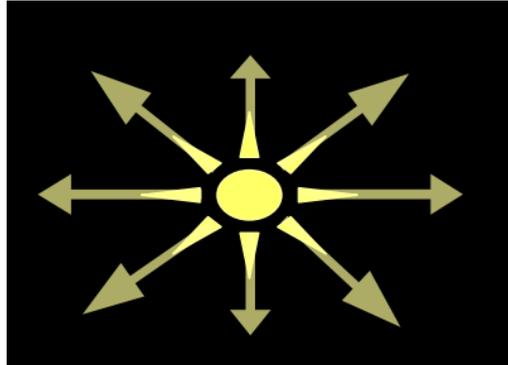


Figure 1: Le flux lumineux. (Daich, 2011)

2.2.2 Intensité lumineuse

L'Intensité lumineuse (I) versa à travers un angle solide dans une direction, elle se mesure en candela (cd) ou lumen par stéradian (lm/sr). En photométrie, l'œil humain la perçoit comme étant une mesure de l'éclat émis par une source lumineuse. (DAICH, 2011).

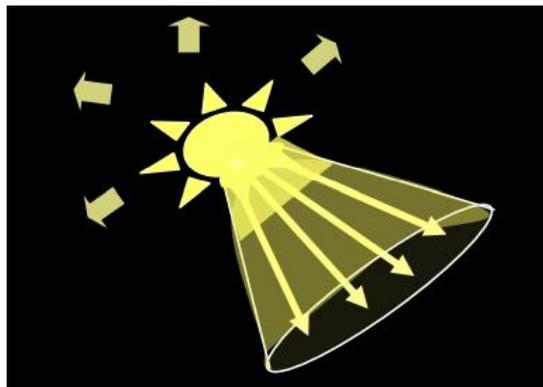


Figure 2: Intensité lumineuse. (Daich, 2011)

2.2.3 Éclairement

L'éclairement « E » est la quantité du flux lumineux reçue sur l'aire d'une surface, il s'exprime en lux (lx). Il dépend de plusieurs paramètres tel que l'intensité lumineuse, le rapport de distance entre la source et la surface éclairée par rapport aux rayons lumineux. (DAICH, 2011).

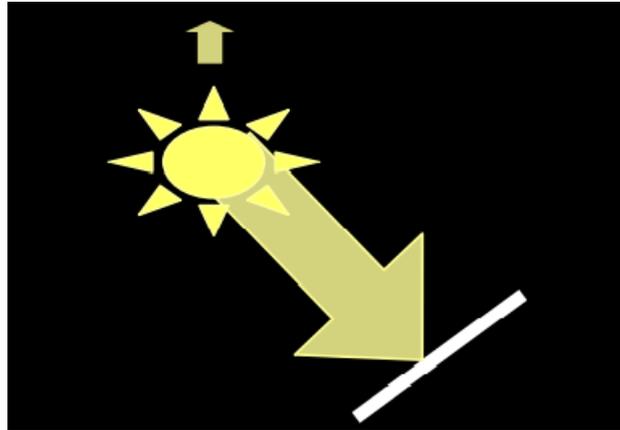


Figure 3:: Éclairement. (Daich, 2011)

2.2.4 Luminance

La luminance d'une source est la relation entre l'intensité lumineuse propagée par une source et l'impression de l'œil humain en observant une source lumineuse dans une direction donnée. Elle est exprimée en candela par mètre carré (cd/m^2). Elle soumet deux critères qui sont le coefficient de réflexion et sa brillance et même de l'éclairement de la surface. (DAICH, 2011).

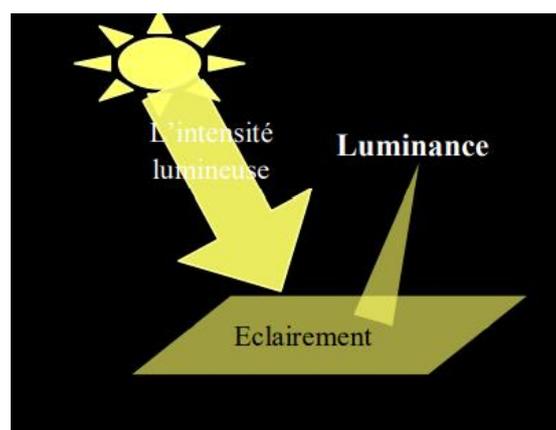


Figure 4 : Luminance. (Daich, 2011)

2.2.5 L'efficacité lumineuse

L'efficacité lumineuse, appelée aussi le rendement lumineux d'une source est le quotient du flux lumineux (Φ) de la source par sa puissance (P). Elle est exprimée en (lm/W). $\eta = \Phi/P$ (lm/W). La puissance (P) d'une source de lumière naturelle correspond à son flux énergétique (la puissance rayonnée par cette source). La puissance P d'une source de lumière artificielle est la puissance électrique consommée. (DAICH, 2011).

2.2.6 Facteur du jour

Le facteur de lumière du jour FLJ a pour objectif d'évaluer le degré d'éclairement naturel essentielle pour un espace donné. Ce facteur est la relation de l'éclairement naturel interne perçu en une partie (habituellement le niveau du plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur parallèle sur une surface plane, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. il s'exprime en % : « FLJ = E intérieur/E extérieur ». (DAICH, 2011).

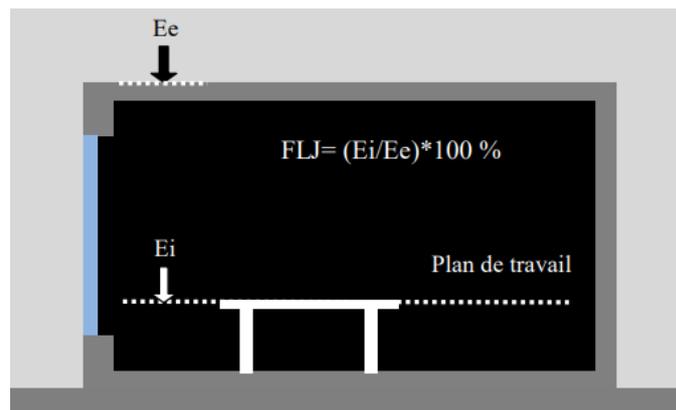


Figure 5 : Facteur de lumière du jour, (Daiche, 2011)

2.2.7 Useful Daylight Illuminance (UDI)

Des grandeurs photométriques à caractère qualitative sont aussi mis en place afin de permettre une caractérisation de la quantité de lumière à l'intérieur de l'espace par rapport à celle présente à l'extérieur de manière simultanée sur le plan vertical / horizontal comme le cas du Useful Daylight Illuminance (UDI). Cette grandeur photométrique correspond au pourcentage du temps d'occupation de l'espace à partir du moment où ce dernier est éclairé par la lumière du jour. (Cantin, 2008).

3.Sources de la lumière naturelle

Le soleil est considéré comme la principale source de la lumière naturelle sur terre, ce en produisant la lumière qu'elle génère. Le ciel ou la voûte céleste et la couverture terrestre sont, quant à eux, considérés des sources secondaires réfléchissant une partie ou la totalité de la lumière qu'ils reçoivent du soleil. (Gallas, 2013)

3.1 Le soleil

Le soleil est la seule source de rayonnement visible direct. La lumière visible est définie comme faisant partie de son rayonnement qui atteint la surface de la terre sous forme de rayons parallèles à travers une atténuation sélective de l'atmosphère. Il convertit une partie de la lumière du soleil. L'énergie nucléaire est convertie en énergie lumineuse qui peut illuminer l'univers entier. Cette lumière diffusée peut provoquer un éblouissement ou une surchauffe de l'espace nu. (Redjil & Ben'Halilou, 2015)

Soleil par temps très clair				160 000
Ciel serein CIE pour un éclairement horizontal de 10 000 lx :				
hauteur du soleil	0°	40°	90°	
luminance du ciel au zénith	1 438	1 850	10 339	
luminance minimale du ciel	1 417	1 228	2 283	
Ciel couvert pour un éclairement horizontal de 10 000 lx :				
ciel CIE au zénith.....				4 093
à l'horizon				1 364
ciel uniforme.....				3 183
Luminaire : filament de lampe au tungstène.....				500 à 1 000
ampoule incandescente à verre dépoli.....				= 5
bougie stéarine.....				0,75
Lune				0,25
Limite de confort de luminance des parois et plafond				1 500

Tableau 2 : Luminances de quelques sources de lumière. (Redjil & Ben'Halilou, 2015)

3.2 Le ciel

Le ciel est une des sources secondaires de la lumière naturelle, cette dernière n'est pas produite par celui-ci mais plutôt modifiée en trajectoire par rapport au rayonnement reçu via des phénomènes de réflexion ou réfraction pour ensuite être propagée dans différentes directions. La quantité de la lumière provenant du ciel est liée étroitement aux conditions météorologiques de l'emplacement géographique ainsi que la topographie. (Redjil & Ben'Halilou, 2015)

Condition	Éclairement horizontal (lx)
Nuit sans lune	≈ 1/3 000
Nuit pleine lune	0,2
Brouillard (visibilité 500 m).....	400
Temps couvert, épais nuages (région parisienne)	5 000
Ciel couvert, nuages blancs.....	20 000
Beau temps, soleil et nuages.....	50 000
Beau temps, plein soleil.....	100 000

Tableau 3 : éclairagements naturels (Redjil & Ben'Halilou, 2015)

4. Les phénomènes optiques de la lumière

La vitesse de propagation ainsi que la couleur de la lumière émise lors de son contacte conduit à ce que cette dernière soit absorbée ou réfléchié ou transmise selon les caractéristiques de l'objet éclairé recevant la lumière et la longueur d'onde de la lumière. (Liébard & De Herde, 2005)

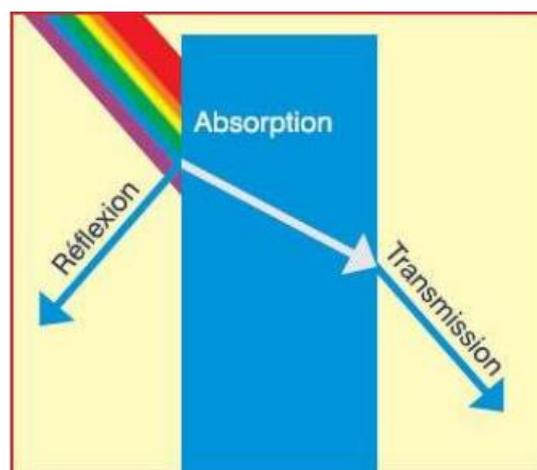


Figure 6: La propagation de la lumière (Liébard & De Herde, 2005)

4.1 L'absorption

Sous l'illumination de la lumière naturelle, un objet absorbera plus ou moins ses composants, s'il absorbe tous les composants, il paraît noir. Si tous sont renvoyés, l'affichage est blanc.

4.2 La réflexion

Elle est la quantité de lumière renvoyé par une surface par rapport à la quantité acquit, elle se devise en quatre modes :

4.2.1 La réflexion spéculaire : la lumière est renvoyée sous un angle de réflexion égal à celui d'incidence du faisceau lumineux.

4.2.2 La réflexion diffuse parfaite : La lumière réfléchi est répartie dans toutes les directions.

4.2.3 La réflexion diffuse quelconque : La lumière est distribuée au hasard et aucun angle de réflexion ne correspond à celui d'incidence.

4.2.4 La réflexion mixte : la lumière est diffuse mais toujours propice à un ciblage précis. La manière dont la lumière est réfléchi par une surface dépend de la luminosité de cette surface. (Liébard & De Herde, 2005)

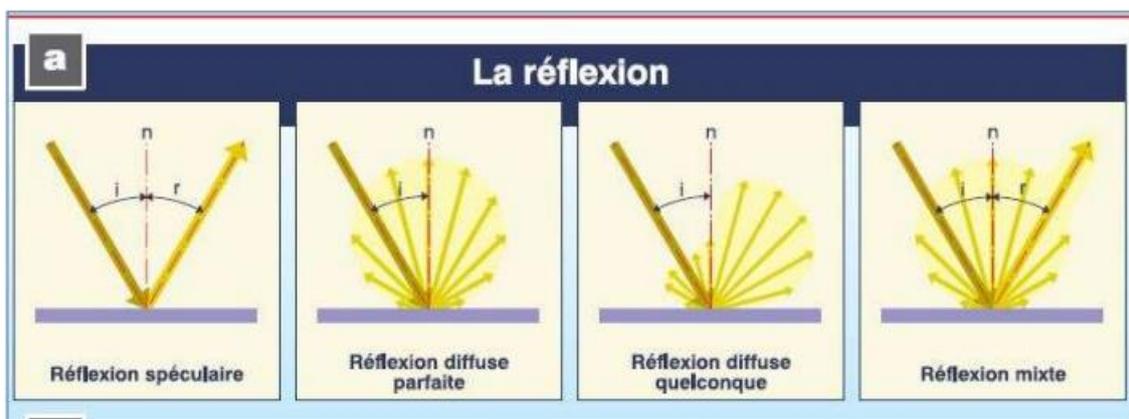


Figure 7: les modes de de réflexion. (Liébard & De Herde, 2005)

4.3 La transmission

Est la lumière traversant un corps de différente manière selon les propriétés variable d'un matériau. Cette dernière se transmet sous quatre manière :

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

4.3.2 La transmission diffuse parfaite : la lumière transmise est distribuée dans toutes les directions.

4.3.3 La transmission diffuse quelconque : la lumière se répartit de manière aléatoire.

4.3.4 La transmission mixte : la lumière est transmise de manière diffuse mais privilégie quand même une direction précise.

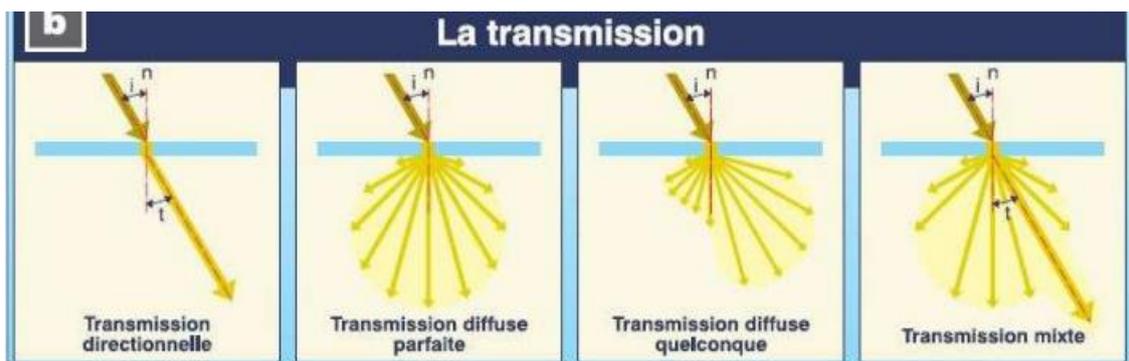


Figure 8: les modes de transmission (Liébard & De Herde, 2005)

5. Les stratégies de l'éclairage naturel

Le principe des stratégies de l'éclairage naturel des bâtiments est de capter et faire pénétrer la lumière naturelle, de la mieux répartir à l'intérieur et évidemment contrôler et se protéger de la lumière pour éviter l'inconfort visuel.

La stratégie de la lumière naturelle est l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment selon cinq concepts destinés à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturelle. (Lipinski et al., n.d.)

5.1 Capter

Afin d'éclairer un bâtiment par la lumière du jour tout en prenant en considération plusieurs paramètres influençable tel que le type de ciel, le moment de l'année, de l'heure et de l'orientation de l'ouverture et éventuellement son inclinaison or son environnement physique comme les obstacles, bâtisses avoisinantes type de sol, la végétation...etc. (DAICH, 2011).

5.2 Transmettre

Transmettre la lumière du jour a pour but de favoriser sa pénétration dans la pièce. La lumière pénétrant dans l'espace peut être affectée par les caractéristiques de l'ouverture comme ses dimensions, sa forme, son emplacement et son matériau de transmission. Le matériau de transmission utilisé peut être transparent ou translucide. (DAICH, 2011).

5.3 Distribuer/Répartir

Repartir la lumière naturelle a pour but de transporter les rayons lumineux de façon à assurer une bonne répartition de la lumière dans l'espace. La difficulté réside dans la grande inhomogénéité de l'éclairage de la lumière naturelle par rapport à la lumière artificielle, ce qui nécessite de prendre en considération plusieurs paramètres comme le type de distribution lumineuse, la répartition des ouvertures, l'agencement des parois intérieures, le matériau des surfaces du local, les zones et les systèmes de distribution lumineuse. (Lipinski et al., n.d.)

5.4 Protéger

Il devient indispensable de se protéger de la lumière naturelle de manière totale ou partielle lorsque le rayonnement lumineux présente des caractéristiques néfastes aux usagers. L'atténuation d'un confort visuel par le moyen de systèmes de protection solaire est nécessaire dans le but de se protéger des risques liés au surplus de lumière dans l'espace, principalement l'éblouissement. Il existe plusieurs exemples de solutions liées à la protection comme la végétation, les auvents, les écrans mobiles...etc. (Lipinski et al., n.d.)

5.5 Contrôler

L'objectif du contrôle de la lumière comme une stratégie d'éclairage réside dans la gestion de la quantité et ainsi la qualité de l'éclairage résultant de la pénétration de la lumière naturelle et sa répartition à l'intérieur de l'espace architectural, qui sont réglées en fonction des besoins des occupants et les variations des conditions climatiques. (Lipinski et al., n.d.)

5.6 Focaliser

Focaliser l'éclairage dans un espace consiste à concentrer l'apport de lumière naturelle afin de mettre en surbrillance un emplacement ou un objet spécifique par moyen d'éclairage zénithal ou latéral formant un contraste lumineux avec un éclairage ambiant plus faible. (Liébard & De Herde, 2005).

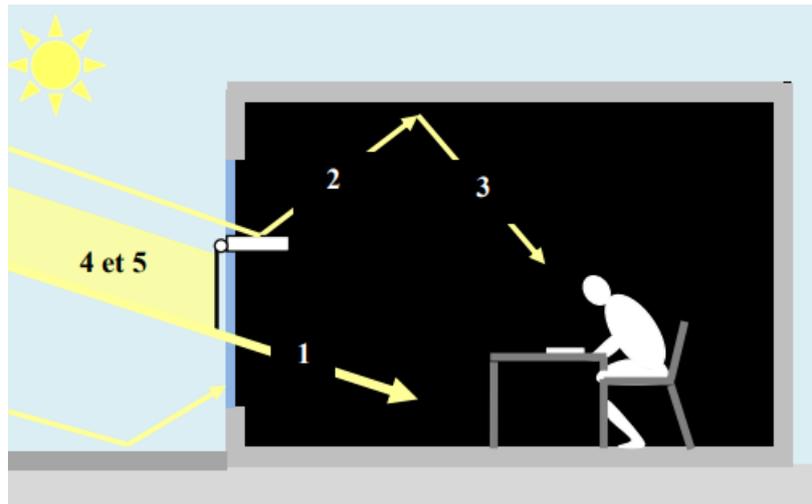


Figure 9 : les stratégies de lumière naturelle, (DAICH, 2011)

6.Types d'éclairage naturel

Le type d'éclairage est défini selon plusieurs facteurs comme la position du soleil, l'intensité de la lumière ainsi que l'emplacement des systèmes d'éclairage qui peuvent être sur la façade ou sur la toiture ou bien sur les deux. Leur maîtrise permet une bonne anticipation des risques d'éclairage et une meilleure maîtrise des qualités d'ambiance lumineuse à l'intérieur des locaux.

6.1 Éclairage latéral

Historiquement, l'éclairage latéral est le type de lumière du jour le plus ancien et le type le plus largement utilisé parce qu'il répond facilement aux exigences et contraintes physiques, soit structurelles et climatiques du bâtiment. La caractéristique de l'éclairage latéral est l'utilisation de prise de jour sur la façade, il répond à trois besoins fondamentaux : la lumière, la vue et la ventilation. Ce type d'éclairage a été très tôt adopté dans la conception des projets à vocation spirituel vu la forte valeur sémiotique qui caractérise la lumière. (Baker et al., 2013)



Figure 10: Exemple d'éclairage latéral dans un bâtiment religieux. (Source : Auteur)

Dans la conception des musées, l'éclairage latéral présente de nombreux inconvénients. Tout d'abord, les baies entraînent une perte importante de surface d'exposition. De plus, la lumière dépend de l'orientation du bâtiment. Selon sa taille et son orientation, la fenêtre peut avoir des problèmes de lumière et de chaleur excessives.

6.2 Éclairage zénithal

Le progrès dans le domaine industriel a permis d'introduire un deuxième type d'éclairage ; celui "zénithal" donc placé au niveau de la toiture et permettant un éclairage venant d'en haut de l'espace. Le recours à ce type d'éclairage permet de résoudre les problèmes liés la profondeur, la largeur et la forme du bâtiment.

L'utilisation de l'éclairage zénithal est nécessaire pour les structures dont la hauteur sous plafond est supérieure à 4,50 mètres. Par exemple, si la profondeur du bâtiment est importante par rapport à la hauteur de la pièce, un éclairage zénithal sera nécessaire pour assurer une répartition homogène de l'éclairage intérieur. Ils sont prolongés par des fils qui doivent diriger la lumière vers l'intérieur du bâtiment et souvent sur plusieurs niveaux. La partie supérieure est conçue pour capter la lumière et la partie inférieure du canal doit transmettre la lumière, minimisant le gaspillage. (Kebaili et al., 2016).

En termes d'énergie ce deuxième type d'éclairage semble être le plus efficace et offre une liberté au concepteur de choisir la source lumineuse en fonction des besoins et des intérêts du sélecteur.

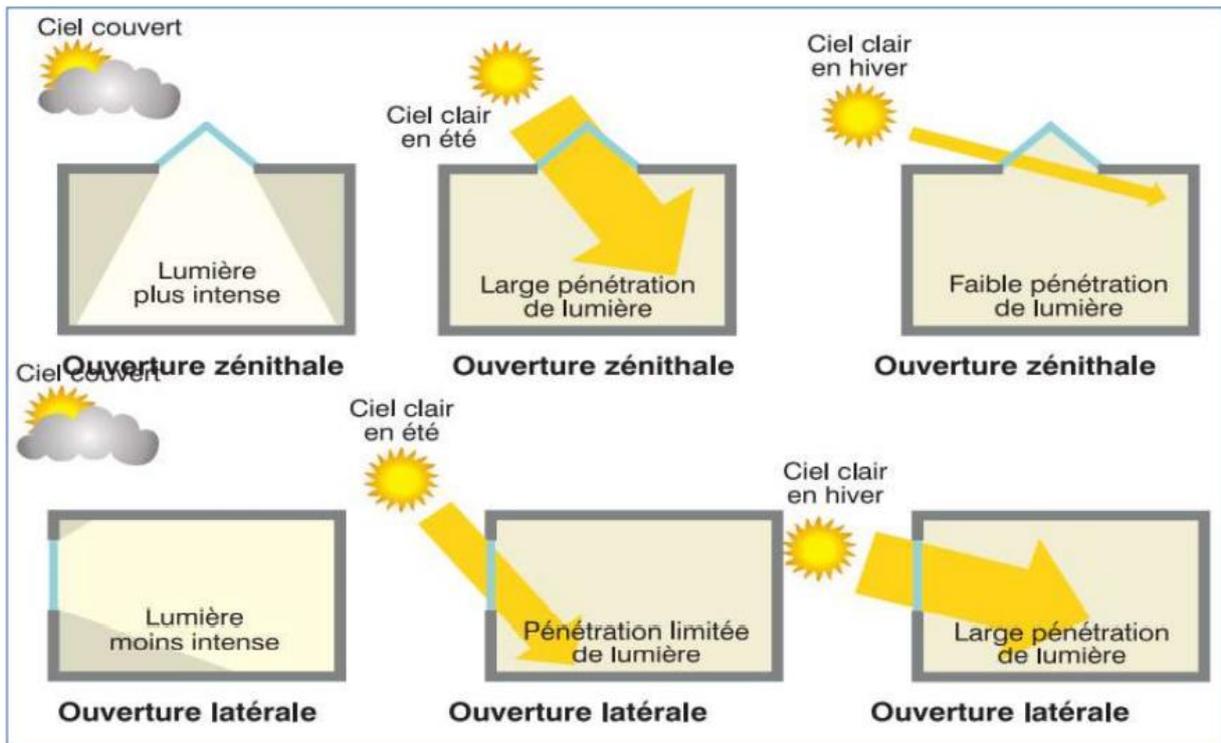


Figure 11 : L'éclairage zénithal et latéral, (Baker et al., 2013)

Partie 02 : La Lumière Naturelle et Conformation architecturale.

1. Environnement extérieur(les masques)

La quantité de lumière pénétrante dans un espace est influencée de deux manières soit par des masques internes ou externes. Les masques internes sont des éléments architecturaux tel que "brise soleil" ou "débord de toiture" placé à côté des ouvertures afin de contrôler la quantité de lumière entrante. Ils se présentent sous plusieurs formes, taille, orientation. Le deuxième type est constitué de l'environnement naturel et de l'architecture avoisinante.

L'un des deux présente un avantage mieux que l'autre ; le masque naturel permet de contrôler les apports lumineux sans influencer la répartition de la lumière à l'intérieur d'un local par contre le deuxième type crée des obstacles et des zones d'ombres et si ces surfaces sont réfléchissantes, elle devient une source de lumière indirecte. (Gallas, 2013)

2. Les ouvertures en façade

La baie vitrée est le moyen le plus courant pour introduire la lumière naturelle à l'intérieur d'un local et elle dépend de plusieurs paramètres qui sont :

2.1 L'orientation et l'inclinaison

La variation de la luminance de la voûte céleste a une influence sur l'orientation et l'inclinaison d'une baie, pour cela, il est préférable d'utiliser des ouvertures en toiture afin d'apporter plus de lumière tout en évitant l'orientation nord dans l'hémisphère Nord du globe terrestre.

2.2 La position :

Plus la baie est élevée, plus la zone éclairée naturellement est profonde.

2.3 La forme et les dimensions :

Les fenêtres de grande dimension ayant un faible pourcentage de cadre réduit les pertes de chaleurs et augmente le flux de lumière naturelle.

2.4 Les matériaux de transmission :

La qualité et la quantité de lumière transmise à l'intérieur d'un local dépend du type de vitrage, de sa rugosité, de son épaisseur et de son état de propreté.

2.5. Le type de menuiserie :

Le type de menuiserie constituant les éléments d'ouverture peut augmenter considérablement la quantité de lumière transmise à l'intérieur du bâtiment par ses propriétés photométriques.

3. Matériaux de l'enveloppe intérieure du local

Les caractéristiques des matériaux de finition d'un local doivent être pris en considération pour un bon éclairage naturel, il est préférable d'utiliser des couleurs claires afin d'assurer un double effet de sorte que le facteur de réflexion sera plus élevé et réfléchira plus de lumière plus la perception de l'œil humain qui préfère la clarté. (Gallas, 2013)

4. Les protections solaires

Les protections solaires sont des dispositifs appartenant au bâtiment dont l'inconfort visuel est causé par l'excès de lumière solaire directe dans l'espace conduisant à la réduction des gains d'énergie directe lorsque l'énergie solaire est élevée. Les protections solaires présente plusieurs objectifs tel que : limiter l'éblouissement, diminuer les surchauffes, supprimer l'insolation directe, augmenter le pouvoir isolant de la fenêtre, assurer l'intimité des occupants, éviter la décoloration de certains matériaux et décorer la fenêtre. (Liébard & De Herde, 2005).

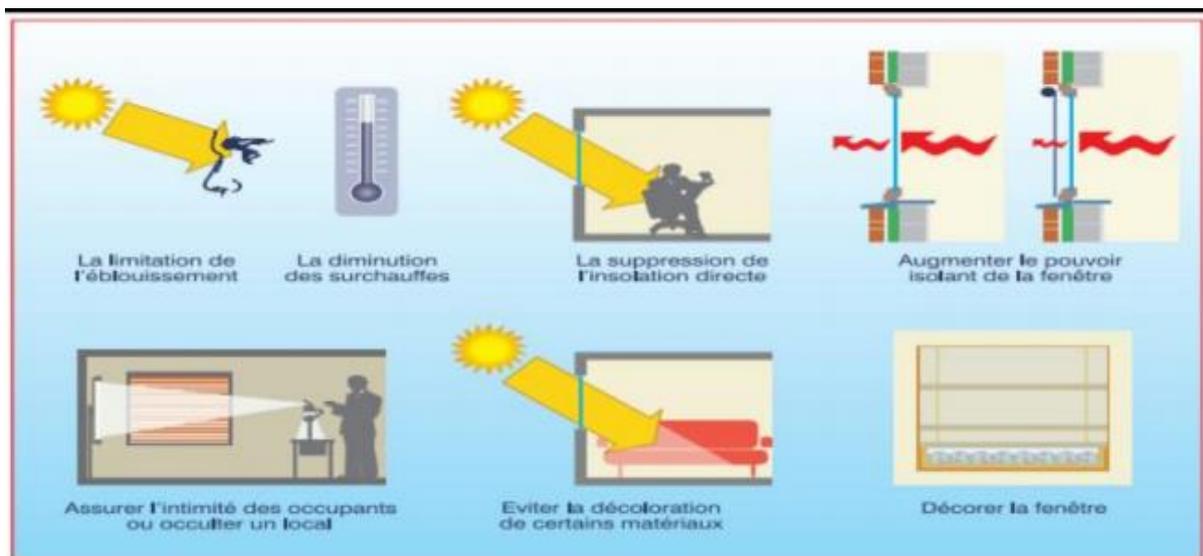


Figure 12 : les objectifs des protections solaires, (Liébard & De Herde, 2005)

4.1. Types de protections solaires

La protection solaire est un facteur clé pour améliorer l'efficacité énergétique et la gestion de la lumière naturelle des bâtiments existants et optimiser la conception des bâtiments basse consommation.

4.1.1 Protections fixes :

Ce sont des dispositifs de sécurité soit existants ou intégrés à un bâtiment, ils peuvent avoir un intérêt esthétiques telle que porte-à-faux, terrasse couverte, auvent, balcon, loggia, lattes horizontales ou verticales ... etc. Pour assurer une protection permanente, il doit être conçu de manière à suivre la course du soleil contre la surchauffe en été et profiter des bienfaits des gains solaires hivernaux. Ils peuvent se répartir sur trois familles : les masques horizontaux, les masques fixes verticaux, les masques Combinant des protections horizontales et verticales. (ADEME, 2003)

4.1.2 Protections mobiles

4.1.2.1 Protections mobiles extérieurs :

Les protections mobiles peuvent être ajustées en fonction de la position des rayons du soleil, ils sont facilement réglables en fonction du moment du jour, la saison. En comparant aux protections fixes elles sont plus légères et offre une très bonne gestion de la lumière ont profitant des apports solaires en été et les réduire en hiver et plus le matériau de la protection est isolant offre plus de protection. (ADEME, 2003)

4.1.2.2 Les protections mobiles intérieures :

L'intérêt aux protections mobiles extérieurs est d'éviter d'avoir trop de lumière atténuant la surface de l'ouverture, car une fois la lumière traverse la vitre d'un local, elle peut créer un effet de serre et une surchauffe désagréable à l'intérieur de l'espace. Ce type de protections se traduit par différentes manières telle que les stores (stores à lames horizontal, stores à lames verticales, stores en toile, stores réfléchissants ou à réorientation, stores à projection en toile, store vénitien). Un autre exemple est celui de la banne à bras articulés, le volet (volet extérieur, intérieur), les panneaux coulissants souvent placés en façade, devant le balcon, le jalousie, le persienne, les toiles tendues, les diaphragmes, ...etc.

4.1.3 Les protections végétales

Ce sont des dispositifs naturels permettant de réduire l'exposition de la fenêtre au soleil, il faut prendre en considération le type de plantation et sa taille affectant la forme de l'ombre tel qu'on hiver et été. Les plantes à feuilles caduques sont préférables car elles apportent une protection naturellement variable entre les saisons, ce qui répond parfaitement au besoin d'éclairage direct en hiver et de protection l'été.

4.1.4 Les vitrages protecteurs permettant le contrôle solaire :

Afin d'éviter la transmission de la forte lumière et chaleur, il est nécessaire de prendre en considération la couleur du vitrage et son épaisseur ainsi que la nature de la couche de vitrage afin d'offrir un bon éclairage naturel tel que : vitrages absorbants, vitrages réfléchissants, les vitrages à stores intégrés, les vitrages électro chromes et gasochromes, les vitrages solaires, les modules photovoltaïques translucides. (ADEME, 2003)

4.2 Les facteurs du choix d'une protection solaire

Les facteurs du choix d'une protection solaire sont : Facteur d'orientation de la fenêtre, types de protections solaires adaptés selon les orientations, climat du site (région), les caractéristiques physiques de la protections solaire (coefficient de transmission thermique, coefficient de transmission solaire). (Mambrini, 2014).

4.3 Dimension des protections solaires

Si la valeur de la hauteur fait référence à la distance verticale entre le brise-soleil et le support de la fenêtre, alors la profondeur de l'occultation et sa largeur de chaque côté de la fenêtre peuvent être déterminées en utilisant les relations trigonométriques simples.

Profondeur = hauteur / tan (VSA) Largeur = profondeur x tan (HSA)10. (Mahdi, 2016)

H : hauteur de l'ombre portée par l'auvent.

W : largeur de l'ombre portée par l'élément vertical.

D-auv : profondeur d'une occultation horizontale (auvent).

D-occ vert : largeur d'une occultation verticale.

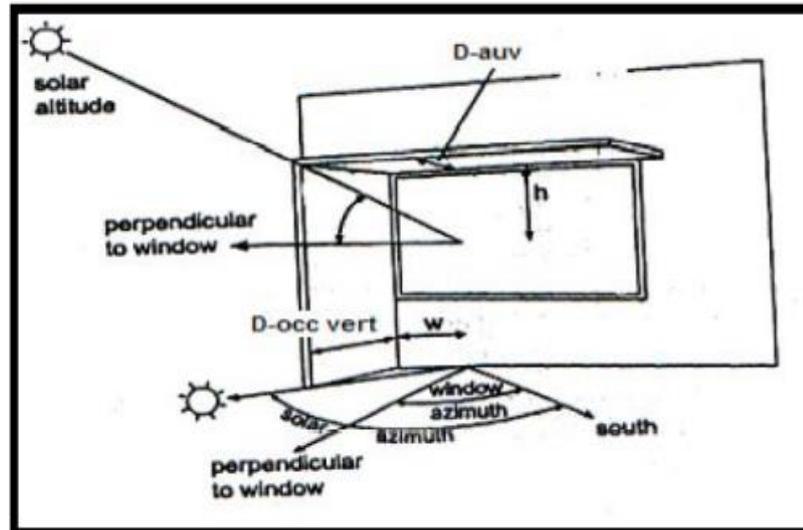


Figure13: Profondeur et largeur d'une occultation, (DAVID BALLAST, 1988)

Partie 03 : L'Ambiance Lumineuse.

La notion d'ambiance en architecture

Dans le domaine de la recherche architecturale, l'ambiance est abordée en tant que notion faisant appel à la connaissance des phénomènes physiques et leurs interactions avec la forme construite mais aussi avec la perception des usagers. (Ouard, 2013). En se basant sur la proposition de Jean-François Augoyard, pour une définition formelle des ambiances pour un ensemble de phénomènes localisés constituant une ambiance s'ils répondent à quatre caractères « *Les signaux physiques de la situation sont repérables et décomposables ; Ces signaux interagissent avec : la perception, les émotions et l'action des sujets, les représentations sociales et culturelles ; Ces phénomènes composent une organisation spatiale construite ; Le complexe signaux-percepts-représentations est exprimable* ». (Augoyard, 1995).

1. Définition de l'ambiance lumineuse

L'ambiance lumineuse est le résultat de l'interaction entre la personne, la lumière naturelle et l'espace. Lorsque ses éléments sont combinés, on parle d'une ambiance lumineuse. Cette atmosphère est le résultat de trois interactions : la première est l'interaction entre la lumière naturelle et toute utilisation, elle est liée à la qualité et à la quantité de la lumière. La deuxième question concerne l'influence de la lumière générée par l'interaction entre la lumière naturelle et l'espace. La troisième concerne le dispositif d'éclairage ; la forme et la configuration de l'espace, qui est l'interaction entre l'espace et un usager. (DAICH, 2011)

1.2 Types d'ambiance lumineuse

La lumière est un facteur prépondérant qui permet à l'être humain de sentir le confort visuel et son bien-être et génère des impressions psychologiques et des sensations qui nous permettent de qualifier l'espace ou nous vivons et que nous traversons chaque jour. (DAICH, 2011).

L'ambiance lumineuse d'un espace ne se produit pas seulement par la présence de lumière car elle engendre, toujours et en même temps, l'un ou l'autre type d'ambiance thermique, sonore, olfactive...etc., même lorsqu'elle n'est pas volontaire, elle n'est jamais neutre. Et donc, il est indispensable de tenir compte des implications sensorielles, symboliques et psychologiques de la lumière. On peut distinguer trois catégories fondamentales d'ambiance lumineuse. Cette classification est faite selon le degré de la luminosité d'un espace. De ce fait, on peut distinguer trois types d'ambiance lumineuse classé selon de le degré de la luminosité d'un espace :

2.1 Pénombre

La pénombre est la partie de l'ombre où il y a un peu de lumière en raison de la diffusion des rayons divergents de façon permanente ou temporaire. Reiter et De Herde en 2004 témoignent que ce phénomène représente le dialogue entre l'ombre et la lumière "solide" qui la transperce par endroits. (Reiter & De Herde, 2004).



Figure 14 : la pénombre en architecture, (bib.univ-oeb.dz)

2.2 Ambiance lumineuse

Selon Reiter et De Herde : « *Une ambiance lumineuse : clarté ambiante, omniprésente d'une lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout* ». (Reiter & De Herde, 2004)

Elle est le résultat de l'évolution des techniques de construction qui ont supprimé l'obscurité et l'encombrement des murs extérieurs, en les remplaçant par de grandes surfaces vitrées, continues ou fragmentées, qui aident à transporter la lumière naturelle à l'intérieur.



Figure 15 : Ambiance lumineuse. (DAICH, 2011)

2.3 Ambiance inondée

D'après Reiter, De Herde, 2004 souligne que le terme ambiance inondée peut-être défini comme : « l'exaltation de la lumière qui embrase tout l'espace, trop plein d'une lumière envahissante et parfois écrasante ». Une lumière envahissante caractérisé par un rayonnement direct et de forte incidence. (Reiter & De Herde, 2004).



Figure16: Ambiance inondée, (DAICH, 2011)

3.Élément influençant une ambiance lumineuse

La lumière naturelle influence sur l'espace architectural de différentes manières qui sont les suivantes :

1. Le rapport avec l'espace
2. Le rapport avec la forme et la dimension de la pièce
3. Le rapport avec la structure
4. Effet des matériaux
5. Effet des couleurs

Conclusion

Le rôle de la lumière naturel est fondamental dans l'espace architectural, durant le présent chapitre, nous avons définie et étudié les différentes notions relatives à la lumière et l'ambiance lumineuse ; ses sources ainsi que ses grandeurs, ceci mettra en exergue la lumière naturelle comme l'un des facteurs indissociables à la vie de l'être humain car elle est indispensable, régulatrice de ses activités.

Cette notion a évolué au cours du temps, puis mise en valeurs par différents moyens afin de pouvoir la maîtriser et maîtriser les différentes ambiances d'un espace architectural afin de concevoir une architecture adaptée et réfléchis aux activités destinées à l'espace tout en prenant en concertation plusieurs paramètre (les dimensions, la géométrie l'orientation, les matériaux mis en œuvre, l'aménagement.).

Tous ses concepts fondamentaux liées à la lumière naturelle, créeront le fondement de base du sujet d'étude.

Chapitre 2 Notions fondamentales sur les musées et ses différentes ambiances

Introduction

Le musée, en tant que projet à vocation culturelle et bâtiment architectural, a été considérablement développé et/ou réorganisé au cours des dernières décennies dans le but d'adapter l'espace muséal aux enjeux de l'architecture contemporaine et ainsi accueillir de plus en plus du public. Après une période de prospérité, le musée redevient une attraction culturelle pour un nombre de visiteurs en continuelle augmentation. En parallèle, la tendance actuelle est de promouvoir les musées en améliorant continuellement son attractivité à travers des thèmes des expositions riches et variables, un design des espaces d'exposition favorable à l'expérience muséale, des activités de commerces à caractère touristique, des expositions temporaires donnant encouragement la production antistatique, un programme permettant l'organisation de réunions et événements même en période nocturne.

Dans cet environnement de renouveau de l'espace muséal, l'ambiance lumineuse a été un élément innovateur dont les architectes ont utilisé pour la proposition de nouveaux modèles d'espaces innovants et répondant aux enjeux du monde en matière du respect de la nature et la préservation de la planète. En l'occurrence, cette ambiance a été toujours étudiée de manière objective liées aux simples paramètres physiques. De plus, si l'on pense que ce changement de qualité spatiale est lié à l'éclairage naturel, alors on peut y ajouter des changements temporels, surtout si cette atmosphère reflète la relation existante entre le bâtiment et son environnement. Dans ce présent chapitre nous allons présenter les différents concepts liés au musée, ses différentes fonctions et le rôle de l'éclairage naturel dans ses espaces.

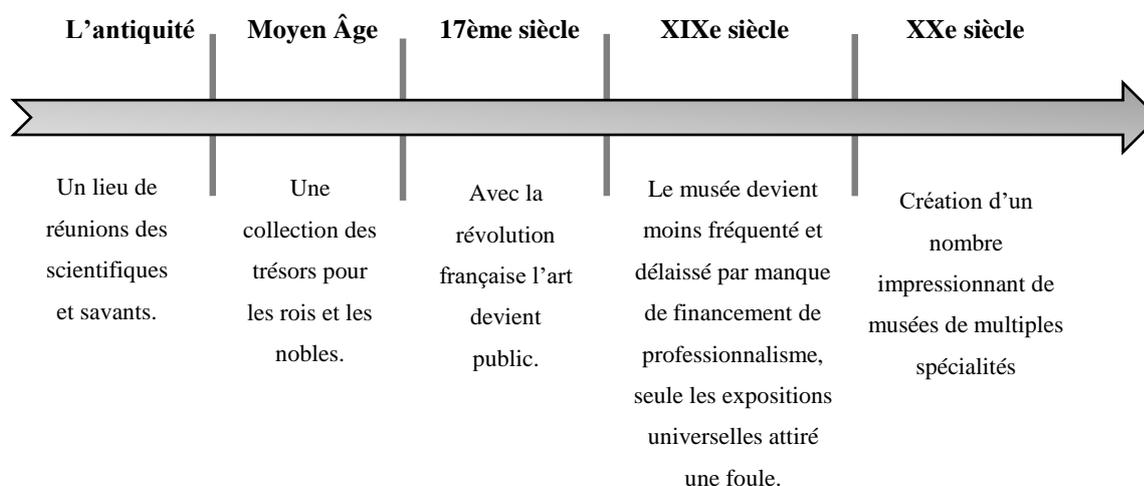
1. Définition du musée

Il existe une panoplie de définitions qui reflètent bien la richesse de ce mot dans le domaine de la littérature. Pour cela, nous allons exposer un panorama des différents essais de définitions réalisées par les dictionnaires comme celle de Larousse qui définit le musée comme « un lieu, édifice où sont réunies, en vue de leur conservation et de leur présentation au public, des collections d'œuvres d'art, de biens culturels, scientifiques ou techniques » (Larousse.fr). Le dictionnaire le Petit Robert quant à lui le définit comme « qualifie le musée comme un établissement 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 ». (Lerobert.com). Des théoricien comme DELOCHE annonce en 2007 que « Le musée peut aussi se présenter comme une fonction spécifique, qui peut prendre ou non la figure d'une institution, dont l'objectif est d'assurer, par l'expérience sensible, l'archivage et la transmission de la culture entendue comme l'ensemble des acquisitions qui font d'un être génétiquement humain un homme ». (Deloche, 2007)

Dans un autre registre, les organismes internationaux ainsi que les institutions propres à chaque pays ont œuvré pour donner une définition officielle du musée en tant que bâtiment architectural à vocation culturelle. On note pour cela la définition du conseil international des musées ICOM « Le 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. » (Conseil international des musées (ICOM), Article 3, Statuts, 2007. Dans l'autre côté, le décret exécutif « N° 07-160 du 27 mai 2007 » de la république algérienne, le musée est défini comme « Toute institution permanente disposant de collections culturelles et/ou scientifiques composées de biens dont la conservation et la présentation revêtent un intérêt public et organisées en vue de la connaissance, de l'éducation, de la culture et de la délectation. » (Ministère de la culture ; 2008 ; normalisation des infrastructures et équipements culturels, 2008, page 100.).

2. Histoire des musées

L'origine du mot vient du grec « mouseion » signifiant "Temple des muses" ; nom donné au neuf divinités gréco-romaines des arts et des lettres. Le musée a évolué dans le temps sous différentes manières, le schéma suivant montre l'évolution du musée dans l'histoire par rapport à des époques et des évènements les plus marquants :



Les musées en Algérie

Pendant la période de la colonisation française, l'Algérie a connu plusieurs musées tels que musée Cirta de Constantine, musée de Djamila ou Cherchell et Timgad. Après l'indépendance, la politique commence à s'exercer dans le domaine des musées mais ils étaient confrontés à de multiples problèmes en raison de manque d'une politique culturelle globale dans ce domaine. A partir de 1971, la création d'une direction spécialisée dans la préservation des musée et les classes comme patrimoine national et fait construire d'autre musée de plusieurs catégories. Ces musées présentent des collections archéologiques, historiques, ethnographiques, artisanales, Beaux-Arts, ludiques (travaux d'enfants), minéralogiques, botaniques, géologiques et sciences naturelles. (Ferdi, n.d.)

3. Les fonctions du musée

Aujourd'hui, le musée prend une signification particulière et il se caractérise par plusieurs fonctions selon le Muséologue néerlandais « Petre van Mensche » qui a noté trois fonctions principales : la préservation, l'étude et la communication. Selon une définition similaire d'un musée par le conseil international des musées, « ICOM » préfère être référencé quatre : acquérir ; Étudier et rechercher ; conserver ; diffuser. (Ezrati, 2010)

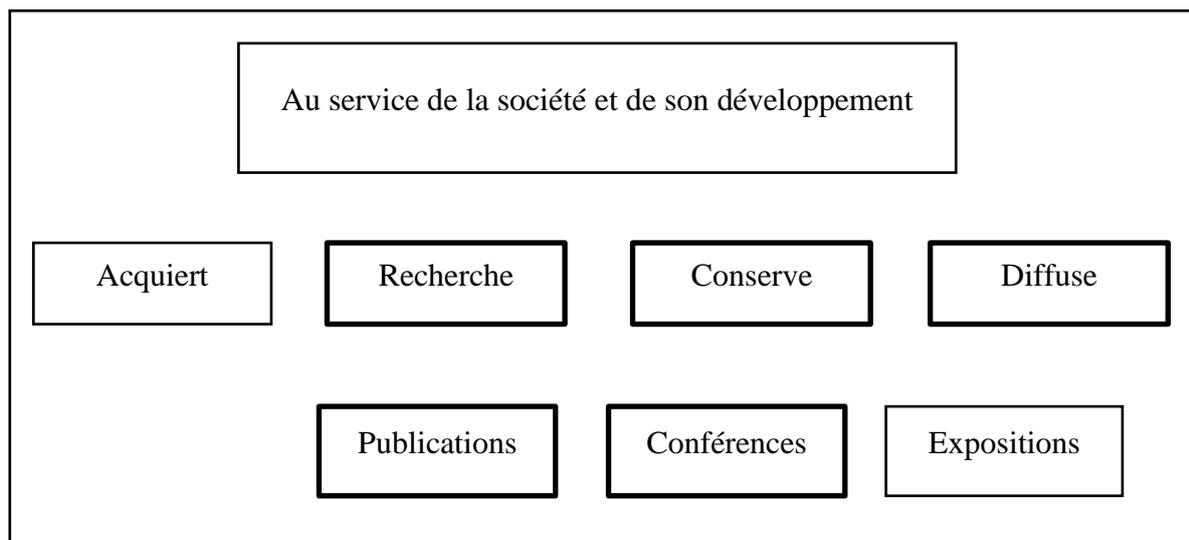


Figure17: les fonctions du musée. (Jean-Jacques Ezrati réadapté par l'auteur)

4. Les domaines du musée

4.1 La muséologie

La muséologie est une méta-discipline qui étudie, réfléchit et interroge l'institution Musées, développe intellectuellement toutes les activités liées avec le domaine muséal : la science et la technologie des musées sont la gestion, la recherche, protection, classification, exposition d'objets, d'œuvres ou de patrimoine (Collection), intermédiaire, animation, etc. ...

La muséologie est définie selon Wolfgang Clausewitz comme : « La muséologie est un champ de recherches concernant le musée en tant que phénomène socio-culturel et en tant qu'institution scientifique avec ses fonctions spécifiques de documentation sur les objets, de recherche et d'éducation. ». (Comité international de l'ICOM pour la muséologie, 1980). Un autre essai de définition de la muséologie est donné par Awraam M Razgon « La muséologie

est une discipline scientifique qui examine les lois de la naissance et du développement des musées, les fonctions sociales des musées et leur réalisation concrète dans les différents systèmes sociaux, dans l'activité de recherche, de conservation, d'éducation et culturelle. » (Comité international de l'ICOM pour la muséologie, 1980). Le chercheur et théoricien Henri RIVIÈRE a présenté la muséologie comme « une science appliquée, la science du musée. Elle en étudie l'histoire et le rôle dans la société, les formes spécifiques de recherche et de conservation physique, de présentation, d'animation et de diffusion, d'organisation et de fonctionnement, d'architecture neuve ou muséalisée, les sites reçus ou choisis, la typologie ». (Comité international de l'ICOM pour la muséologie, 1980).

4.2 La muséographie

La muséographie est l'ensemble des méthodes et des techniques nécessaires et appliquées pour le but de la conservation des œuvres muséales. Selon le dictionnaire le petit Robert : elle est décrite ainsi : « Description, histoire des musées ; étude des collections. Techniques de l'établissement et de l'organisation des musées, de la présentation de leurs collections. » (LE NOUVEAU PETIT ROBERT (2004).

André Gob et Noémie Drouguet décrivent la muséographie comme ainsi « une activité intellectuelle tournée vers l'application pratique, celle qui consiste à définir ou à décrire et analyser la conception d'une exposition, sa structure, son fonctionnement ». Pour Georges-Henri Rivière : elle est définie comme « un corps de techniques et de pratiques appliquées au musée » (Musées, Patrimoine et Culture scientifiques et techniques, OCIM, 2006).

5. Types des musées

Critère	Les types associés
Selon le thème	Musée générale
	Musée spécialisé
Selon l'échelle	Musée local
	Musée régional
	Musée national
	Musée international
Selon la composition	La ville musée.
	Le forum muséal
	Musée à ciel ouvert
	Musée fermé.
Selon la catégorie	Musée d'art
	Musée d'histoire
	Musée des sciences
	Musée de technologie
	Musée d'éthnologie
Selon le type de parcours	Musée à parcours Linéaire, ruban
	Musée à parcours Arborescent
	Musée à parcours Circulaire
	Musée à parcours Labyrinthe

Tableau 5 : les types de musée (source travaillé par l'auteur)

6. Le parcours dans le musée

6.1 Définition du parcours

Dans le musée, le parcours est le chemin que le visiteur emprunte pour voir l'exposition. Selon Davallon : Le parcours représente « l'exposition en temps réel » (1983). Visiter implique une succession d'actes : « marcher, fixer son regard, voir, lire, s'éloigner, comparer, se souvenir, discuter, etc. » (1986). « Avec le parcours, le simple fait de se déplacer commence à posséder du sens » (1991). (Mariani-Rousset, 2001)

6.2 Types de parcours :

6.2.1 parcours linéaire : Ce type de parcours se divise en deux types :

6.2.1.1 Type arborescent :

La circulation fonctionne suivant un axe principal qui dessert des salles de part et d'autre.



Figure 18 : le musée d'Orsay à Paris, (source :
timeout.fr)

6.2.1.2 Type ruban :

La direction du visiteur est assurée à travers un circuit imposé sans s'en rendre compte. Ce dernier se divise en trois circuits :

6.2.2.1 Circuit en spirale :

L'espace central du musée structure les salles d'expositions tout autour de lui et le point d'arrivée très loin du point de départ.



Figure 19 : le musée suisse de forme spirale, (source :
architectura.be)

6.2.2.2 Circuit en ligne brisée :

La circulation imposée suit un axe principal mais qui n'a pas un sens il change des directions.



Figure20 : le musée juif d'art et d'histoire, (source: vivereaberlin.com)

6.2.2.3 Circuit rectiligne :

L'organisation suit un parcours linéaire. L'exposition est organisée dans des salles distribuées de part et d'autre d'une artère principale.

6.2.3 Parcours labyrinthique :

Ce type de parcours est souvent utilisée dans les musées de cultures, il est composé de plusieurs salle d'expositions de tel sorte à être partiel selon le choix du visiteur.



Figure 21 : le musée national d'art de catalogue de Rome (source :
hisour.com)

6.2.4 Parcours circulaire :

Dans ce type de parcours, l'espace centre est manipuler et desserve, oriente les espaces d'expositions alentours, ce type a un avantage d'offrir la lumière zénithale à travers l'atrium, ce type de conceptions est souvent utilisé dans les musées d'histoire.



Figure 22 : le musée des civilisations noires, à Dakar (source : news.africahotnews.com)

8. Les systèmes d'éclairage dans les musées

La lumière naturelle pénètre dans les édifices de deux manière diffuse ou directe, les conservateurs préfèrent utiliser la lumière naturelle diffuse car c'est la mieux adaptés aux normes de conservations des œuvres. Cette dernière peut être aisément conquise en choisissant l'orientation nord de l'édifice ou d'intervention sur les multiples surfaces délimitant un espace. Afin que nous puissions obtenir différents types d'ambiance lumineuse, nous pouvons concevoir L'entrée de lumière agit comme un dispositif sélectif, agissant comme un diaphragme.

8.1 Ouvertures zénithal

Ce sont des ouvertures qui captent de la lumière du ciel évitant toute entrée de rayonnement solaire, ce type nous permet facilite la possibilité d'aménagement du sol et du mur. Cette famille se compose de plusieurs dispositifs tel que :

8.1.1 Puits de lumière :

Ce type est utilisé dans le musée ayant un rapport de hauteur et largeur très réduite en raison d'éviter le phénomène d'éblouissement des œuvres exposées.

Ce type est utilisée dans le musée ayant un besoin formel, leur gêne est fréquemment attachée aux rapports entre la hauteur et la largeur est réduite si le rapport est supérieur sa peut provoquer des désenchantements supérieurs à la norme autour des objets exposées, la distribution de la

lumière est de manière hiérarchisée de la partie la plus éclairé (le haut des murs et planchers) à la partie la moins éclairé (les parois inférieures). Comme chaque dispositif il a connu plusieurs développements de lucarne plate du musée Pinakotek à des voutes ingénieuses inventé par Von Klenze. Jusqu'à la deuxième moitié du vingtième siècle, la technologie a fait surface dans la conception des lucarnes en concevant des moyens de contrôle de l'environnement lumineux par l'orientation vers l'axe Nord-Sud et en arrangeant le verre de la couverture dans des élancés cadres en profondeurs et en rajoutant aux lucarnes des panneaux.(SARAOUI, 2012)



Figure 24 : Musée Pinakotek U. K, (Cuttle C, 2007)

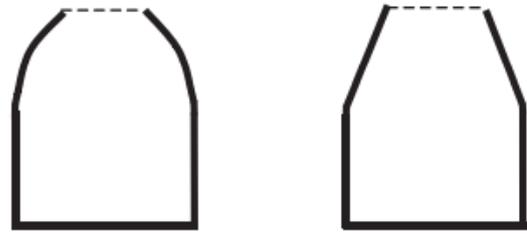


Figure 23 : les puits de lumière centrale, (Cuttle C., 2007)

8.1.2 Les plafonds diffuseurs de la lumière du jour : Le désir d'avoir de la lumière du jour, conjuguée à la nécessité d'éliminer les rayons directs du soleil, pourrait suggérer un nouveau dispositif ou il y'a une réponse aux deux exigences. Le puits de lumière et la diffusion de lumière serait des solutions évidentes.

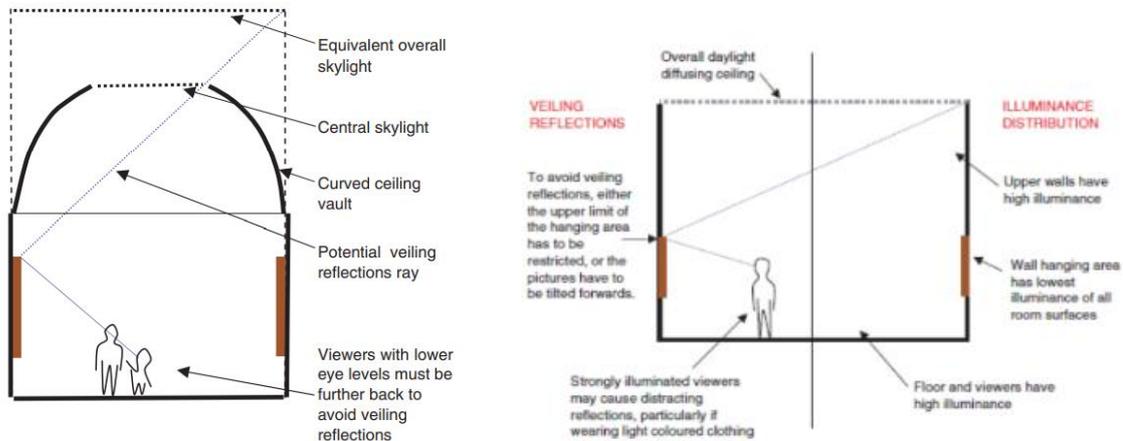


Figure 25 : les plafonds diffuseur de la lumière du jour,(Cuttle C, 2007)

Un nouveau dispositif répondant aux deux réponses qui sont la nécessité d’avoir la lumière du jour et d’éliminer les rayons directs du soleil. Les exemples réalisés par ce type de dispositif est rare car la plupart est la transformation de lucarne à un plafond totalement vitré, la distribution de la lumière se traduit de manière à être guidée de la partie élevée vers la partie inférieure. Mais ses derniers n’ont pas eu autant de succès puis à la fin du XIXe et du début du XXe siècle, deux dispositifs (un velarium et le périmètre) sont mis au-dessous des lucarnes dans le but d’atténuer la diffusion de la lumière du jour et la redistribuer. (SARAoui, 2012)

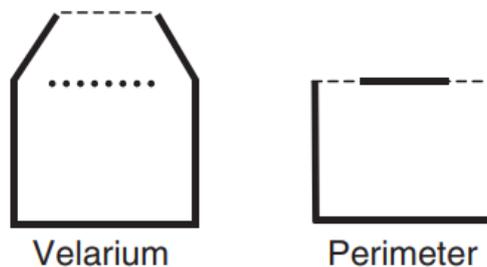


Figure 26 : les plafonds diffuseur restreint de la lumière du jour, (Cuttle C, 2007)

8.1.3 Dispositifs de l'éclairage orienté et /ou composé :

8.1.3.1 Les murs de lumière :

Une des méthodes proposées en 1912 par l'architecte Samuel Hurst Seager architecte de la Nouvelle Zélande. sa méthode vise à distribuer la lumière de manière indirecte tout en orientant le flux les murs ou l'on expose les œuvres. il a donc créé quatre dispositions d'éclairer la galerie d'exposition. (SARAOUI, 2012)

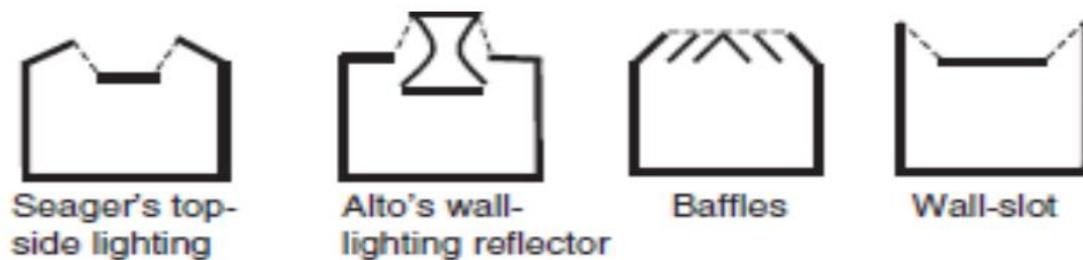


Figure 27 : les murs de lumière. (Cuttle C, 2007)

8.1.3.2 Les lucarnes à orientation polaire (Nord) :

Les Sheds et les lucarnes est une nouvelle architecture utilisé dans le musée, ce sont des puits de lumières inclinés permettant d'entrer la lumière indirecte tout en évitant la lumière du soleil directe et qu'elle reste constante tout au long de la journée le plus souvent orienté vers le nord, d'autre orientation est envisageable tel est le cas du Waikato Art Museum. (SARAOUI, 2012)

8.2 Éclairage latéral

Elles sont des ouvertures pratiquées sur des murs donnant vie à un bâtiment en créant une relation avec l'extérieur, ses ouvertures se différencie selon les dimensions (grande, moyenne, petite) et selon sa dispositions (haute, basse, central, d'angle). (SARAOUI, 2012)

8.2.1 Ouverture latérale basse :

L'un des dispositif les plus anciens employés dans les palais et demeures princières médiévales Le principe de fonctionnement de ce type est expliqué par la figure suivante montrant une partie de la pièce ou l'objet est fixé directement sur le mur traité comme un plan miroir même si la réflexion spéculaire d'une surface vitré combiné a une peinture est inférieur à celle d'un miroir on peut utiliser les mêmes principes pour localiser l'image virtuelle de la fenêtre. La règle est que l'objet est aussi loin derrière le miroir que devant le miroir. et à partir de l'emplacement du visiteur, cette image de l'objet semble superposée au centre de l'image.

Le résultat est qu'en raison de la haute intensité, les reflets peuvent endommager la qualité de l'objet affiché. De plus, l'inclinaison vers l'avant du plan de peinture rendra l'image du plan réfléchissant au-dessus de la photo. Cela signifie que l'image de la fenêtre est en fait invisible. Cependant, il convient de noter que dans cet exemple, les dimensions clés pour déterminer l'angle d'inclinaison sont la hauteur de l'image, la hauteur de l'observateur et la distance entre l'objet et l'observateur. Dans ce cas, l'inclinaison est uniquement suffisant. Par conséquent, dans la plupart des musées, même si ce n'est pas le même partout, l'équipement utilisé pour le type d'éclairage latéral a toujours été simple. Le perçage se fait généralement sur le mur, ou elle peut être pratiqué sur l'angle qui est une fenêtre d'angle. Ses deux derniers permettent que la lumière mette en valeur le travail, permet le passage de l'air et également offre des vues vers l'extérieures dispositifs permettant de structurer l'espace. (SARAOUI, 2012)

8.2.2 Ouverture latéral haute :

C'est un type d'ouverture pratiqué en haut du mur, crée en 1780 dans la conception de la grande salle de l'académie royale et La Chambre de Somerset à Londres a été fondée sur les lucarnes de moniteur qui sont transformées elles sont usées dans des pièces de vente d'art et dans les conservatoires particuliers. Le résultat était d'effectuer une distribution céleste de l'éclairage naturel avec des résultats d'intersection sur les murs. (SARAOUI, 2012)



Figure 28 : exemple d'ouverture latérale,
(photo prise au musée El Moudjahid,
Bejaia, auteur, 2021)

Conclusion

Le musée se définit comme une institution, un établissement public qui, à travers la conservation, l'exposition et la mise en valeur des objets d'art ou de science, cultive les visiteurs en les donnant une idée sur la culture dans une période de l'histoire de l'homme « international » ou d'une société « national » ou d'un groupe social « régional » ou d'un individu « peintre, scientifique...etc. ». Le musée peut être fermé ou ouvert, situé dans la ville ou près d'un site précis comme il peut être seule dans l'endroit ou à approximatif d'autres musée pour former un forum muséal.

La lumière naturelle est un élément très important dans les musées car il participe activement au confort des visiteurs mais aussi à la mise en valeur des œuvres exposées. Pour cela, la maîtrise des systèmes d'éclairage semble être évidente afin d'avoir des résultats adaptés aux normes et exigences fonctionnel et technique du projet. Plusieurs dispositifs permettent de créer une ambiance souhaitée quel soit de type zénithal ou latéral.

Ce chapitre a pour but la compréhension et le contrôle des deux méthodes (zénithale, et latérale), préposés dans la conception des musées afin d'assurer un éclairage satisfaisant adaptés aux besoins des utilisateurs, tout en prenant en considération le parcours et l'exposition, sans pour autant éviter les désagréments tels que l'éblouissement, et endommagements sur les objets d'art.

Chapitre 1 Méthodologie et Cas d'étude.

Introduction

La présente recherche s'articule autour d'un ensemble de mots clés tels que la lumière naturelle, les systèmes d'éclairage, les protections solaires dans l'espace du musée. Dans le but de répondre le mieux à la problématique spécifique de notre thème de recherche, la méthode adoptée est celle de l'« Évaluation Post-Réalisations "E.P.R" » : une méthode qui consiste à déterminer les concepts de base par une approche théorique visant dans un premier temps à connaître les normes, les exigences de la lumière naturelle dans l'espace muséal afin de définir les différents concepts. En deuxième lieu, cette méthode permet de vérifier si le musée comme cas d'analyse répond aux exigences de ces normes par sa conception et son fonctionnement.

Notre cas d'étude est représenté par le musée « EL MOUDJAHID » situé dans la ville de Bejaia. Plusieurs outils de collecte et d'analyse des données ont été employés suivant la nature des données à collectées ; dans un premier temps, une enquête sociologique via un questionnaire a été menée afin de cerner la nature qualitative relative à la notion d'ambiance lumineuse. Ensuite, et dans le but de vérifier les résultats obtenus, une prise de mesures in-situ a été réalisée, ce qui a permis ensuite de réaliser une carte d'éclairage avec un regard au côté quantitatif de cette notion. Une simulation numérique à l'aide du logiciel spécialisé a été ensuite réalisée afin de conforter les résultats obtenus avec la conformation spatiale du cas d'étude.

La combinaison des résultats obtenus ont permis de réaliser un bilan des points positifs et négatifs des systèmes mis en place dans ce cas d'étude, pour ensuite déduire les éléments nécessaires à la correction et l'amélioration du confort visuel pour le visiteur de ce musée de manière spécifique et dans l'espace musée pour la ville de Bejaia.

Partie 01 : Présentation de la Méthodologie.

1. L'enquête sociologique (le questionnaire)

La fonction principale du questionnaire est d'élargir la portée de l'enquête et de vérifier statistiquement avec une méthode qualitative appliquées à un groupe (échantillon) d'utilisateurs dans quelle mesure les informations et hypothèses précédemment formées peuvent être promues. (Combessie, 2007).

1.1 Types de questions :

Les questions posées dans le formulaire de questions intègre de deux types, fermée et ouverte, il existe deux types de questions fermés pour mener une étude qualitative qui sont les questions oui/non et les questions à choix multiple QCM.

1.2 L'échantillon ciblé :

La population ciblée par le questionnaire sont les visiteurs du musée El Moudjahid avec un nombre minimal de formulaire distribué égale à trente.

1.3 Traitement des données :

Le traitement des données issues du questionnaire, a été réalisé par le recours au logiciel IBM-SPSS. La plateforme logiciel SPSS® propose des analyses statistiques avancées, une vaste bibliothèque d'algorithmes d'apprentissage automatique, une analyse de texte, une extensibilité open source, une intégration avec le BigData et un déploiement transparent dans vos applications. (Edwards et al., 2015)

Grâce à sa facilité d'utilisation, sa souplesse et son évolutivité, IBM SPSS est accessible aux utilisateurs de tous niveaux de compétence. De plus, il est adapté à tous les types de projet, quels que soient leur taille et leur niveau de complexité, et peut vous aider, vous et votre organisation, à trouver de nouvelles opportunités, à améliorer votre efficacité et à minimiser les risques.

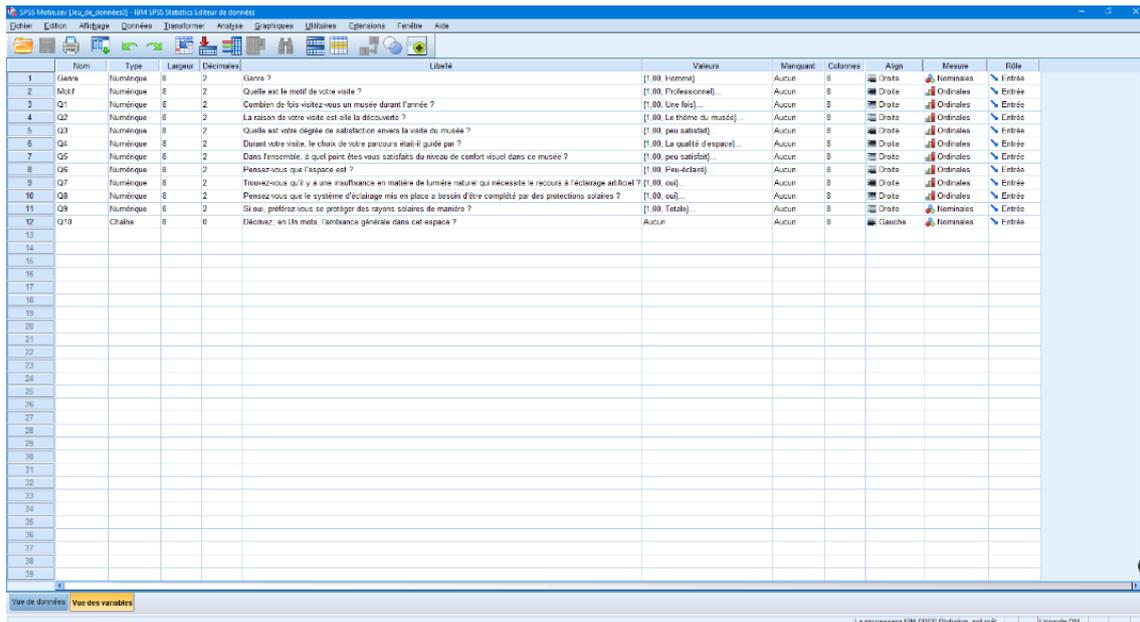


Figure29: Introduction des données du formulaire de questions sur le logiciel IBM-SPSS Statistics®,(auteur,2021)

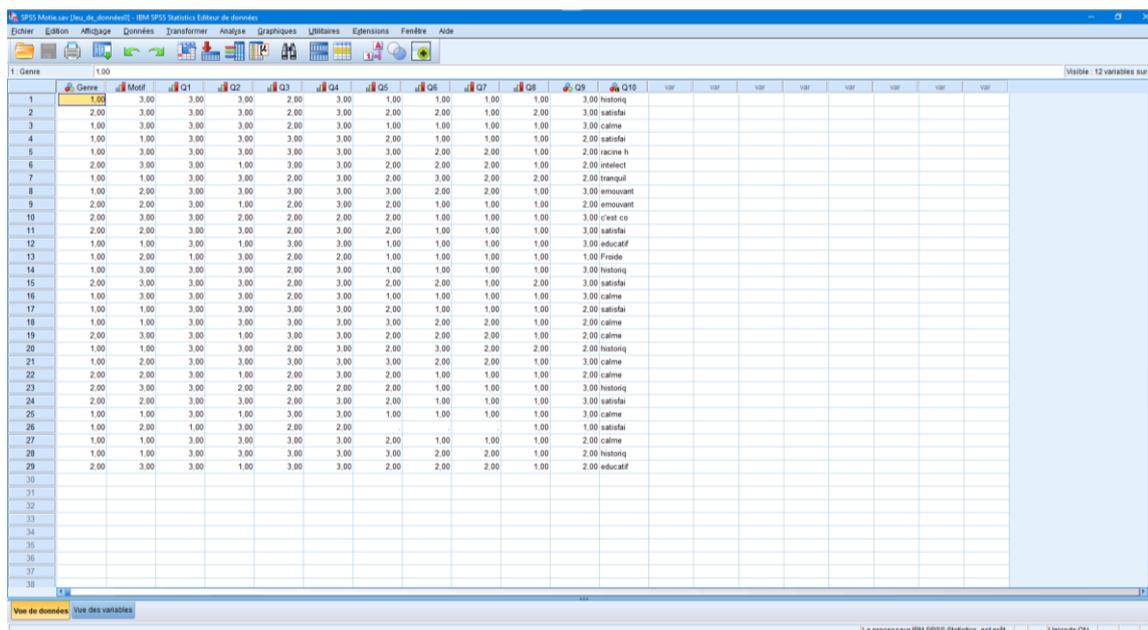


Figure 30 : Introduction des résultats du questionnaire dans le logiciel IBM SPSS. (Image générée par la technique de capture d'écran. Auteur, 2021)

2.La méthode expérimentale

L'étude expérimentale est une méthode dans laquelle une expérience peut être effectuées sur des pièces réelles ou des cellules à tester à l'échelle 1/1 ou avec maquette d'étude à échelle réduite visant a comparé les résultats des logiciels et les mesures expérimentales afin d'étudier les causes et les effets.

2.1. Les mesures In-situ

Afin d'appréhender les caractéristiques d'ambiance lumineuse de notre cas d'étude nous avons fait recours à l'instrument de mesure qui est le luxmètre dans le but de comparer les valeurs quantitatives aux normes.

2.1.1 Présentation de l'instrument de mesure "luxmètre" :

L'instrument de mesure utilisé et le « luxmètre » : un capteur permettant de mesurer l'éclairement dans le spectre visuel permettant d'appréhender la quantité d'éclairement et sa distribution dans l'espace d'exposition de notre cas d'étude.

2.1.2 Protocole de prise des mesures

- La prise de mesure a été effectuée durant la journée du 21 mars 2021 pour trois moments distincts de la journée (9h00 – 12h00 – 15h00).
- Un plan des espaces objet de la mesure réalisé sur AutoCAD a été préalablement réalisé, et dans lequel l'espace est divisé selon une grille de 1 mètre de dimensions, ce qui constitue les points de mesure.
- L'instrument de mesure, luxmètre, était dans une position horizontale et placé à une hauteur de 1 mètre du sol (correspondant à la hauteur du plan utile et la hauteur des tables et objets exposée).
- Une première prise de mesure d'éclairement a été réalisée avec "sans-store" et une deuxième "avec-store" pour tous moments cités ci-dessus.

2.2 Simulation numérique

Le choix des périodes défavorable de l'année (21juin, 21decembre, 21mars) était impossible à réaliser vu le cadre et le temps réservé à l'étude. Pour cela, le recours au logiciel de simulation de l'éclairage a été un choix logique et indispensable pour compléter les dates inaccessibles.

La simulation est un outil numérique permettant aux architectes ou autre de rendre un phénomène réel qui ne l'est pas. Elle permet d'étudier et d'évaluer la construction afin de déterminer des solutions techniques. Selon Chatelet A et al « Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture «), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix » (CHATELET et al., 1998).

2.2.1 Présentation du logiciel DIALux® :

Le logiciel DIA Lux est l'un des produits de la société allemande "DIAL GMBH". En 1989, pour porter le savoir-faire obtenu en technique d'éclairage afin qu'il sache être utilisé pour l'application cible. [Www.dial.de] DIALux est apparu pour la première fois en 1994, lorsque Alliance industrielle pour agrandir des outils de planification de l'éclairage. La dernière version est la version appelée "DIA Lux evo 1" (cette version de DIA Lux Evo est Sorti au printemps 2012 et continu a être actualisé à travers les différentes version qui sont, sans mise dans le site officiel du logiciel et offerte de manière gratuite aux utilisateurs. Il peut gérer des scènes d'intérieur multi-volumes et En même temps, mais il ne sert qu'à étudier l'éclairage artificiel). Pour cela, la version représentative que nous avons choisie est "DIA Lux 4.13".

2.2.2 Protocole de simulation :

Le logiciel de simulation a la capacité de simuler les données relatives de l'éclairage naturel durant toute l'année mais la méthode des choix des jours de simulations la plus réalistes est de choisir quelques jours de l'années représentant la capacité lumineuse moyennes et extrêmes donc les jours que nous avons choisis sont : Le 21decembre, le 21 juin, le 21 mars.

2.2.3 Description des étapes de simulation :

a) Importation du modèle 3D depuis ArchiCAD.

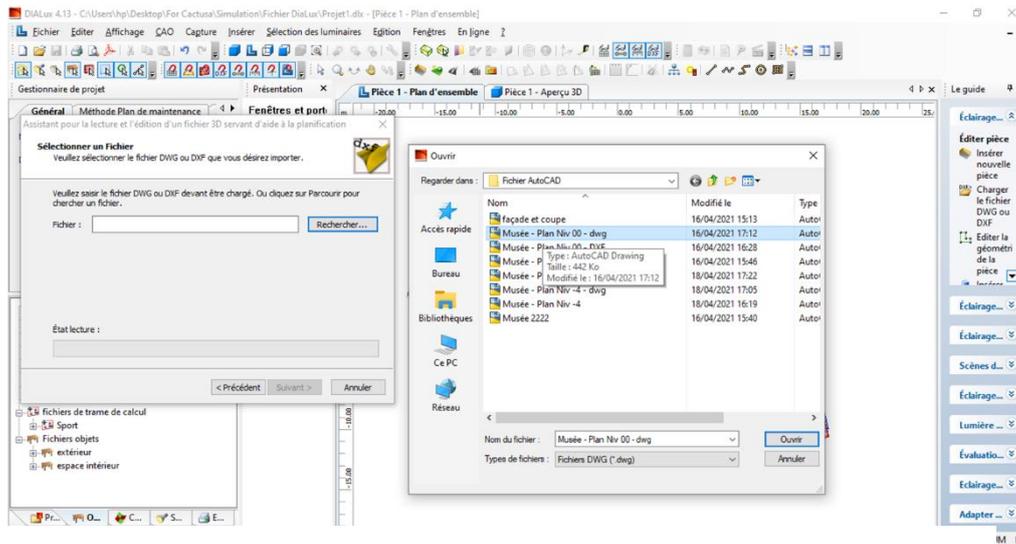


Figure31 : importer le modèle 3D, (Capture d'écran, auteur,2021)

b) Insertion des informations nécessaires du projet :

- Information générale du projet (nom et description générale du projet, la localisation)
- Attribuer les propriétés de l'espace (facteur de réflexion et facteur de transmission)
- Choix du type de ciel
- Choix de l'heure et date

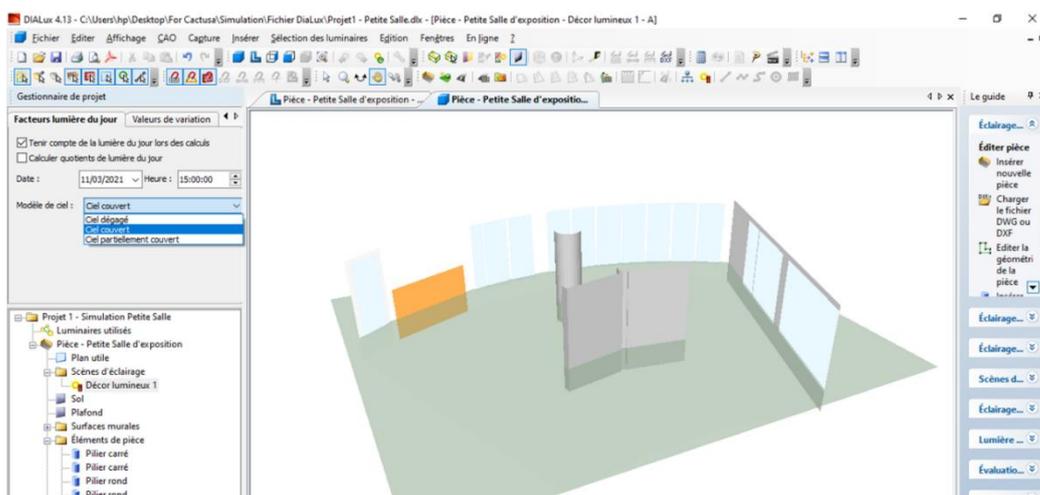


Figure 32 : insertion des informations nécessaires, (Capture d'écran, auteur,2021)

c) Insertion de surface de calcul.

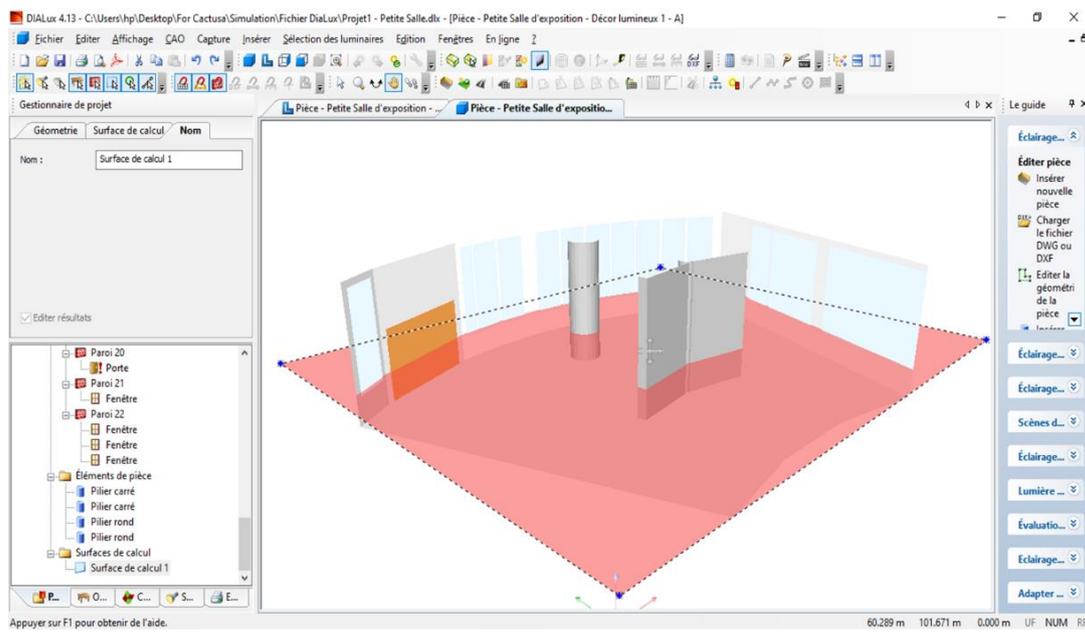


Figure33: lancement de la simulation. (Capture d'écran, auteur,2021)

d) Lancement de la simulation et affichage des résultats.

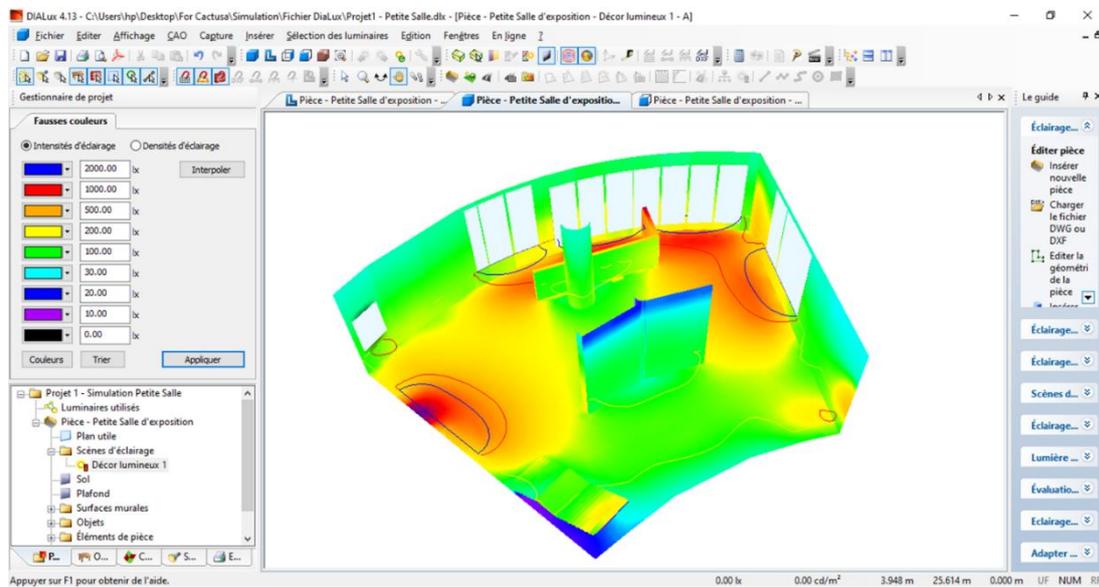


Figure34: lancement de la simulation. (Capture d'écran, auteur,2021)

Partie 02 : présentation du cas d'étude.

Le musée EL MOUDJAHID

L'exemple choisi pour l'analyse est le musée El Moudjahid de la ville de Bejaia est retenue selon deux critères : le premier critère est la période de construction : pour cela ce projet est présenté comme étant l'un des musées récents qui date de 2014 donc une architecture relativement récente. Le deuxième critère porte sur le choix de cas d'étude est la richesse de son parcours et aussi sur son emblème localisation et leurs choix judicieux de l'éclairage naturel.



Figure35: musée El Moudjahid, Bejaia, (Auteur,2021)

1.Situation : Le musée El Moudjahid se situe au chef lieux de la wilaya de Bougie sur le bord de la route n°14 de Djebel Khalifa, a son côté y a le cimetière de Sidi Ouali.

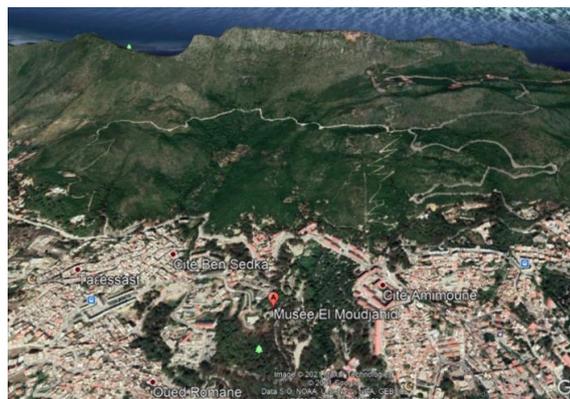


Figure36: situation du projet dans la commune de Bejaia, (google earth,2021)

2. Historique du musée

Le musée EL Moudjahid de la ville de Bejaia fut construit à l'ordre du ministère des moudjahidines par le bureau d'étude d'architecture, urbanisme et design POLYEC pour annexer le musée d'Ifri. Il fut inauguré le 17 octobre 2014 par Mr Le ministre des Moudjahidines, Tayeb Zitouni à l'occasion de sa visite officielle en faveur de la 53ème commémoration des massacres du 17 octobre 1961 à Paris. (Attar et al., 2015).

3. Description de l'architecture du musée

Le musée est planté dans un site en altitude et entouré de végétation et caractérisé d'une vue dégagée vers la mer montrant sa dominance dans la ville et cela accentué par le nombre de niveau qui atteint le nombre six. Le musée est de forme géométrique simple représentant par ses forme l'âme de la guerre de libération de manière a employé la forme du croissant et l'étoile de l'emblème national de manière a utilisé la dégradation imposée par le site dégageant la vue dans le but de renforcée l'éclairage naturel, auxquels il a intégré une arme ainsi qu'une balle de fusil utilisés par les anciens combattants.



Figure 37 : Maquette du musée El Moudjahid (Auteur, 2021)

4. Étude du parcours

Le musée El Moudjahid, nous présente deux types de parcours :

4.1 Parcours linéaire :

Ce parcours de type linéaire est le premier employé dans l'espace d'exposition de ce musée, on le retrouve dès l'entrée du musée. Les œuvres sont exposées suivant un cheminement clair et droit imposé par la forme et la volumétrie de l'espace architectural comme étant un long tunnel.

N.B : ce type est souvent utilisée dans les musées d'histoire.



Figure 38 : parcours linéaire (auteur,2021)

4.2 Parcours partiel : linéaire arborescent :

Ce parcours est le deuxième espace d'exposition après le premier parcours au rdc desservant à un autre espace d'exposition à l'entresol. Le premier espace est de forme rectiligne proposant des œuvres tout au long des murs et un espace central d'exposition présentant aux visiteurs un libre choix de visiter soit de prendre une direction de gauche ou droite vers le milieu ou faire le vas et viens de la périphérie au centre.

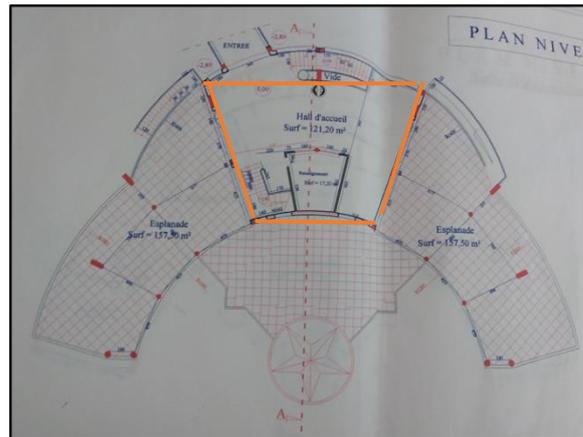


Figure 39 : la première salle D'exposition
(Capture d'écran - auteur,2021)

Le deuxième espace, desservit par un escalier offrant les mêmes possibilités que le parcours du R.D.C mais présentant un espace plus grand en termes de surface, offrant plusieurs possibilités au visiteur de se déplacer suivant la périphérie de l'espace de gauche ou de droite vers le centre ou faire le vas et viens du centre a la périphérie.

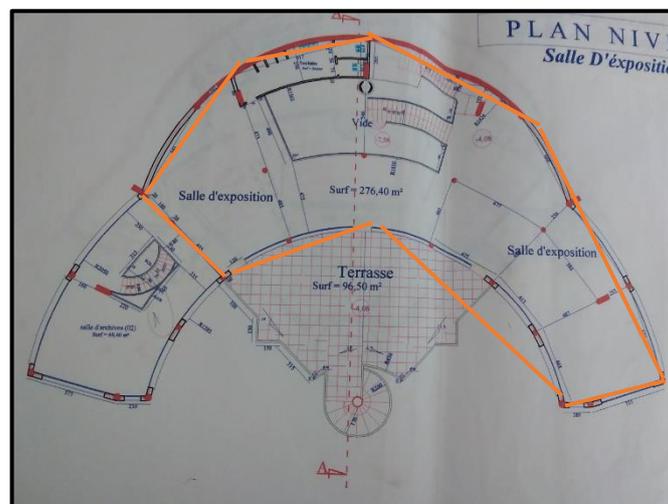


Figure40: la deuxième salle d'exposition
(Capture d'écran - auteur,2021)

5.Étude du mode d'éclairage

5.1 Éclairage naturel :

Le musée El Moudjahid est éclairé de manière naturelle, planté dans un site vierge et accidenté permettant de profiter de l'éclairage naturel sans aucune influence avoisinante de près ou de

loin. Le musée possède des ouvertures latérales de forme rectangulaires de grande taille disposé l'une près de l'autre longeant toutes les façades.



Figure41: façade Est (auteur, 2021)



Figure42: façade Ouest (auteur ,2021)

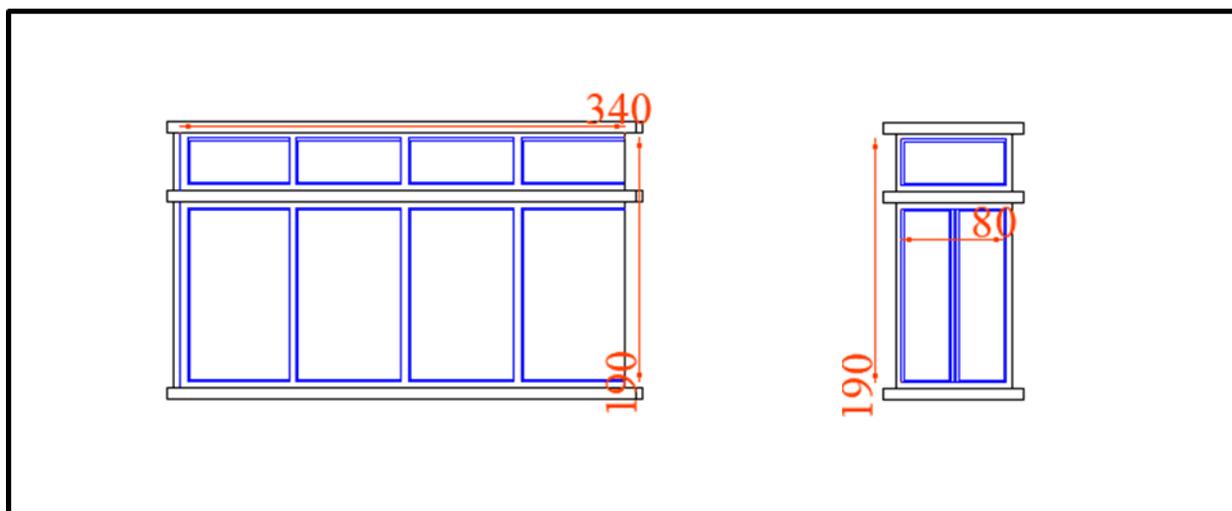


Figure 43 : le dimensionnement des fenêtres latérales employé au musée, (auteur,2021)

Partie 03 : partie empirique

1. Discussion des prises de mesure in situ (11 avril 2021)

Nous avons effectué des prises de mesure avec le luxmètre en mi-saison afin de vérifier la capacité de l'éclairage latéral du musée.

1.1. Les résultats sans les stores :

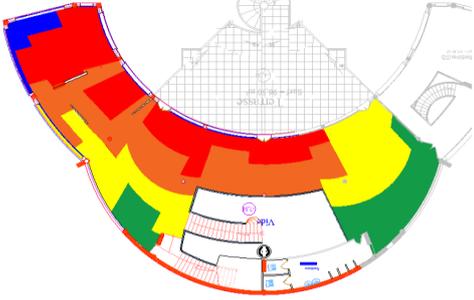
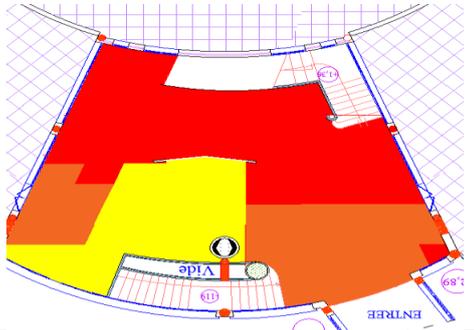
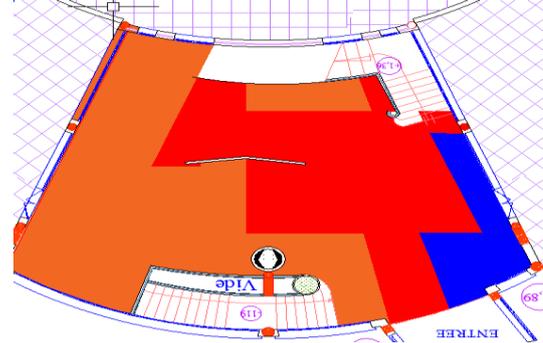
Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation
Grande salle	9h		Les prises de mesure s'avèrent plus élevées aux normes et présentent un éclairage non uniforme
Petite salle	12h		Les prises de mesure s'avèrent plus élevées aux normes et présentent un éclairage non uniforme
Petite salle	15h		Les prises de mesure s'avèrent plus élevées aux normes et présentent un éclairage non uniforme

Tableau 6 : les résultats des prises de mesures sans les stores, (auteur,2021)

1.2 Les résultats avec les stores :

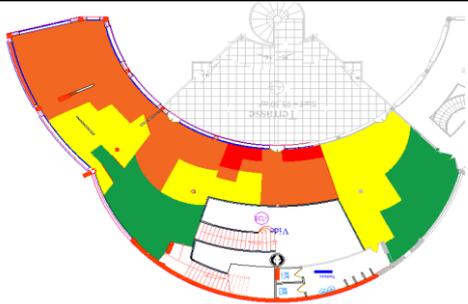
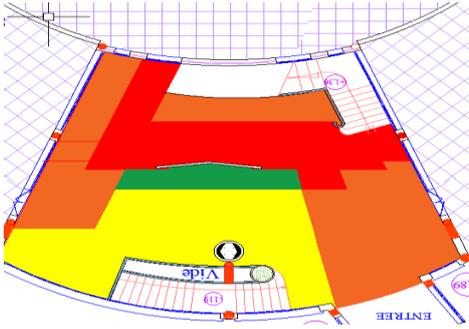
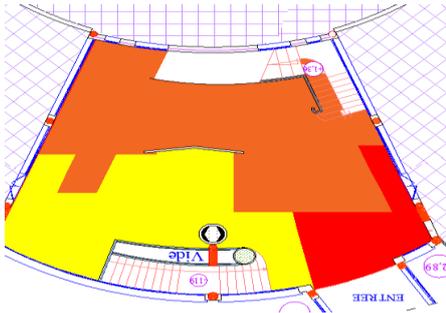
Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation
Grande salle	9h		La distribution de la lumière est de manière uniforme
Petite salle	12h		Le taux d'éclairage est très élevé donc hors normes
Petite salle	15h		Le taux d'éclairage est très élevé donc hors normes

Tableau 7 : les résultats des prises de mesures avec les stores, (auteur,2021)

Conclusion

Durant le chapitre en cours, nous avons présenté le cas d'étude par une présentation de la situation, le style architectural ainsi que le mode et dispositif d'éclairage employés. Cette analyse nous a permis d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement d'un musée et de déterminer la qualité des espaces éclairés par des dispositifs latéraux.

Dans la deuxième partie, nous avons défini et présenté les différentes méthodes employées et pour chaque méthode le processus d'établissement de cette méthode afin de vérifier certaines notions de la question de recherche et de mieux comprendre.

Puis la troisième partie nous avons présenté les résultats des prises de mesure effectuées in situ, tout en concluant par les lacunes retrouvées dans la distribution de la lumière dans l'espace : après la visite du cas d'étude nous avons remarqué leurs utilisations des stores amovibles donc nous allons prendre les mesures sans les stores et avec les stores afin de comparer les résultats et de conclure est-ce que les stores sont suffisantes ou de proposer d'éventuelle offre en raison d'améliorer la conservation des œuvres.

Nous pouvons conclure que la distribution de la lumière avec les stores ou sans les stores a plusieurs défauts, un éclairage non uniforme et élevé aux normes d'éclairage d'un musée.

Chapitre 4 : vérification des résultats (simulation et enquête)

Introduction

Cette étape est l'une des étapes cruciales dans le processus de recherche, le chapitre précédant nous a permis d'avoir une idée claire sur la manière de procéder à cerner et à étudier le cas d'étude. Nous allons en première partie de ce chapitre comparée les résultats des prises de mesures in situ avec les résultats du le logiciel puis présenter les résultats de l'enquête sociologique et d'interpréter les graphes résolut et en troisième partie nous allons réaliser des simulations de l'éclairage naturel puis les interpréter afin de ressortir les lacunes et manque dans le cas d'étude sur la qualité de l'ambiance lumineuse ressenti et vécu, cette étape va nous permettre de ressortir avec des solutions aux problèmes rencontré et de ressortir avec des recommandations pour régler les manque du cas d'étude de même à être généralisé sur toute conception muséales future.

1. Présentation et discussions des résultats de questionnaire

Nous avons effectué cette enquête sociologique le 15 avril 2021 afin d'atteindre la réussite de cette recherche et d'arriver à des résultats. Voici les résultats :

1.1. Résultats de la partie « informations générales »

		Genre ?			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Homme	18	62,1	62,1	62,1
	Femme	11	37,9	37,9	100,0
	Total	29	100,0	100,0	

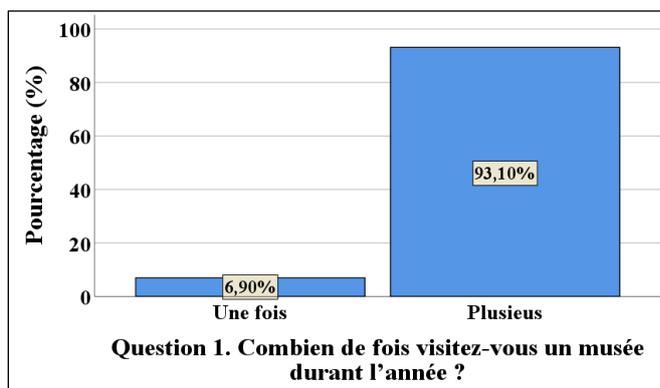
Tableau 8: récapitulative des réponses du questionnaire (output SPSS, auteur, 2021)

		Quelle est le motif de votre visite ?			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Professionnel	9	31,0	31,0	31,0
	Loisir	8	27,6	27,6	58,6
	Autre	12	41,4	41,4	100,0
	Total	29	100,0	100,0	

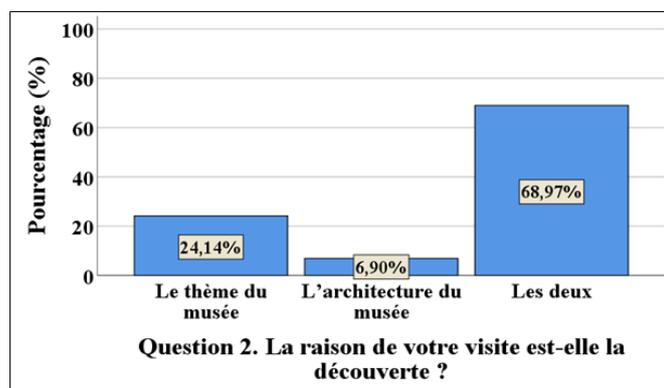
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des réponses au motif de réponses (Output SPSS, auteur 2021)

Le musée est généralement visités par plus d'hommes que de femmes pour des raisons autres que les loisirs.

1.2 Résultats des questions

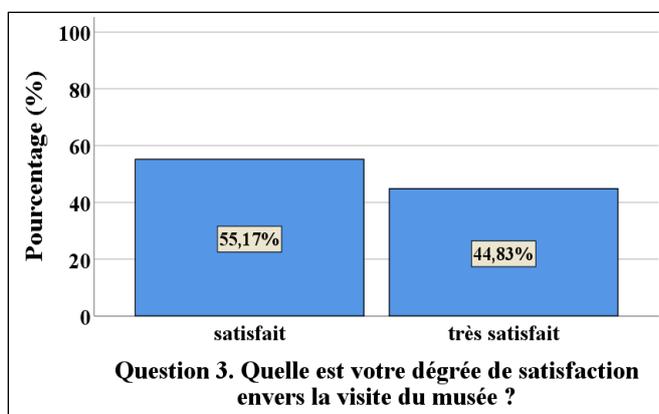


Équation 2: le taux de visite du musée. (Output SPSS réalisé par l'auteur)

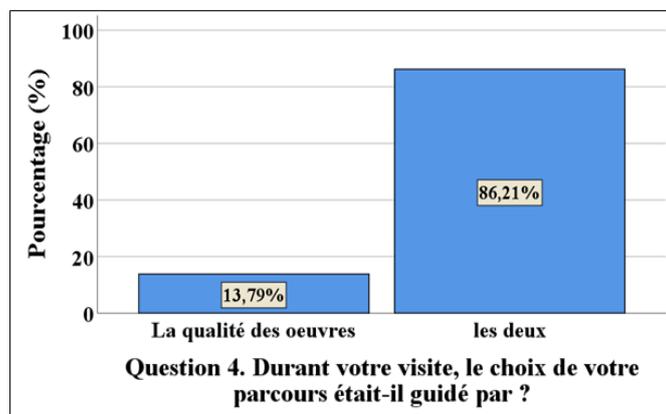


Équation 1 : la raison de la visite. (Output SPSS réalisé par l'auteur)

Le musée a tendance à être visité durant toute l'année en raison de deux raisons. Premièrement, il est le seul musée de cette thématique à Bejaia et deuxièmement, il est aussi visité par la singularité de sa volumétrie et architecture.

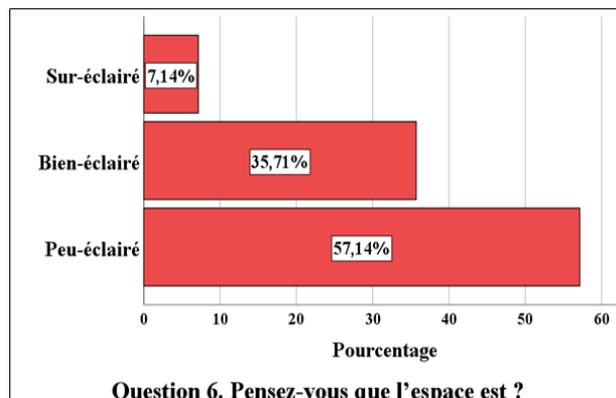
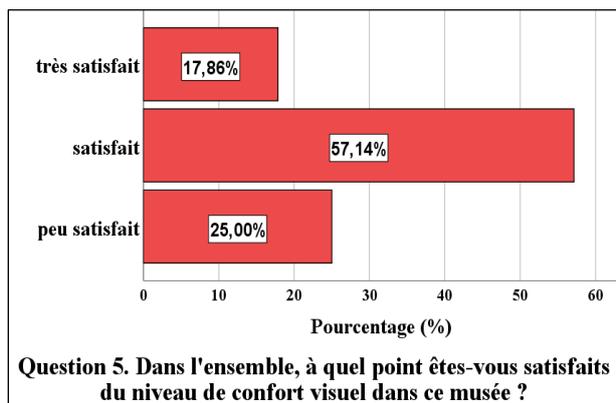


Équation 4 : le degré de satisfaction de la visite, (Output SPSS réalisé par l'auteur)



Équation 3 : la raison du choix du parcours,

Les visiteurs sont satisfaits envers les visites du musée et en constate qu'un grand nombre de visiteurs ont apprécié la qualité des œuvres en plus de la qualité des espaces.

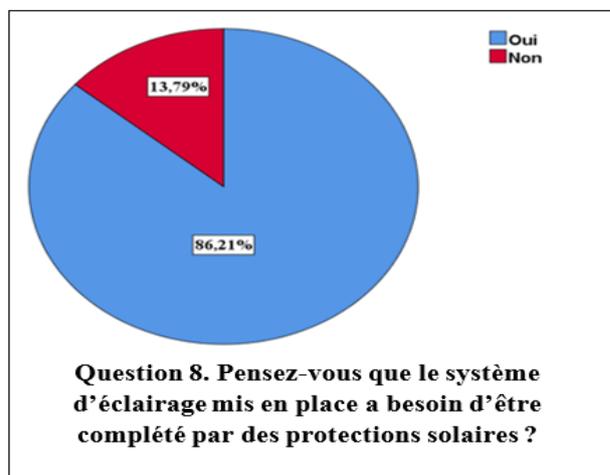
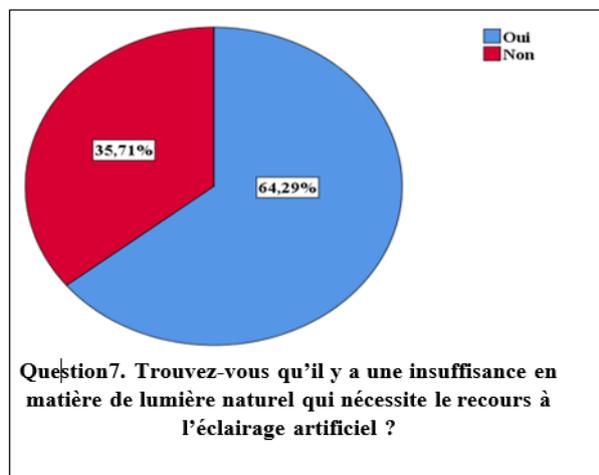


Équation 6: le degré du confort visuel, (Output SPSS réalisé par l'auteur)

Équation 5 : le degré d'éclairage du musée, (Output SPSS réalisé par l'auteur)

Le confort visuel est ressenti de manière différente entre les usagers donc l'ambiance lumineuse vécu est différente entre chaque individu mais la plupart des visiteurs juge que le musée en général est satisfait en termes de confort visuel.

La majorité des visiteurs jugent que l'espace est peu éclairé par la lumière naturelle.

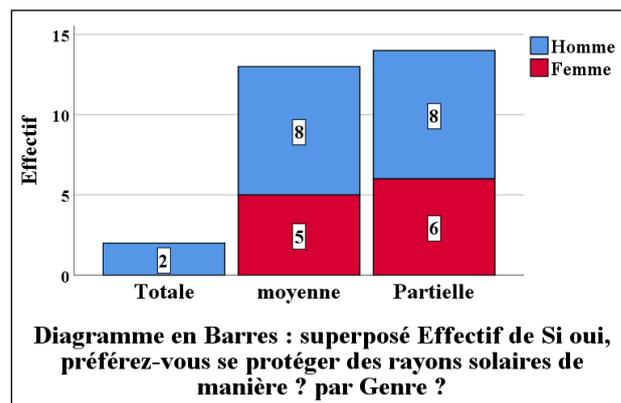
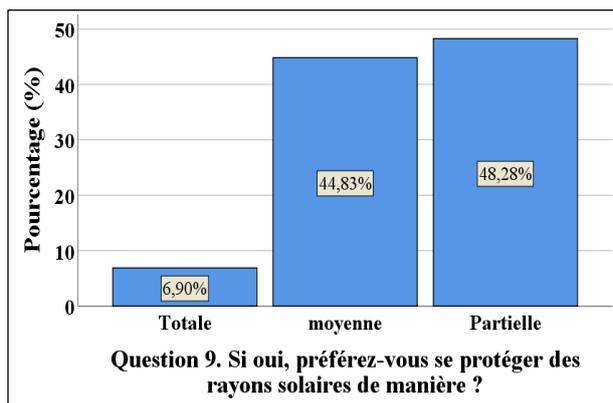


Équation 7 : Graphe 7 : le recours à un éclairage artificiel, (Output SPSS réalisé par l'auteur)

Équation 8 : le recours à un système de protection solaire. (Output SPSS, l'auteur)

Les visiteurs déclarent que la lumière naturelle est insuffisante pour l'appréciation des œuvres donc y a une nécessité de recours à un éclairage artificiel pour certain endroit des salles d'expositions.

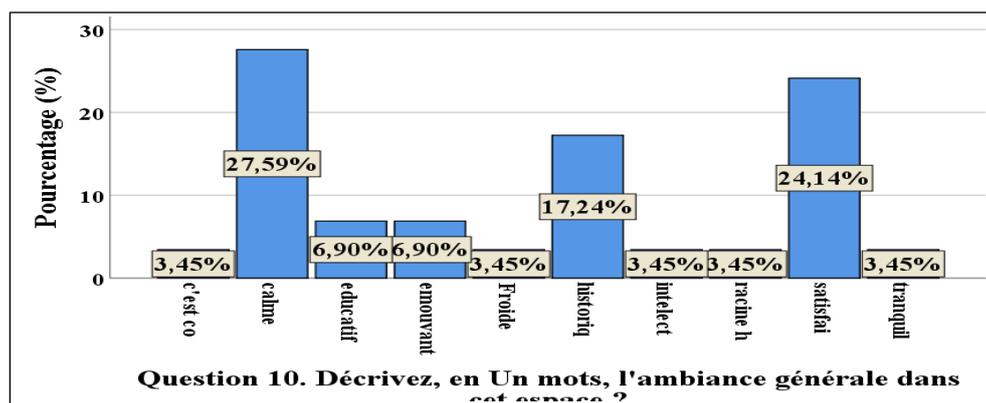
Vu l'éclairage naturel dans la majorité des espaces du musée, les baies vitrées tout au long les façades jouent un rôle très influençable sur l'ambiance lumineuse. Selon les visiteurs questionnés, le système d'éclairage a besoin d'être complété par des protections solaires afin de distribuer la lumière de manière uniforme et ne pas nuire aux œuvres exposés.



Équation 10 : la manière d'utilisé les protections solaires, (Output SPSS, l'auteur)

Équation 9 : la préférence selon le genre de personne, (Output SPSS, l'auteur)

Au global, les visiteurs préfèrent être protégé des rayons solaires de manière partielle car les rayons solaires changent d'une saison a une autre, par heure, par type de ciel. Même en contact Ya une différence de réponse par genre donc la majorité se sont des hommes qui recommande le plus la protection contre les rayons solaires.



Équation 11 : l'ambiance générale décrite selon chaque individu, (Output SPSS, auteur)

Pour conclure, l'ambiance générale de ce musée est différente pour chaque usager, mais la plupart la qualifie par trois termes tel que ; ambiance "satisfaisante", ambiance "historique" et ambiance "calme".

2.Comparaison des résultats avec Dia lux sans les stores

2.1 résultats de dia lux sans les stores :

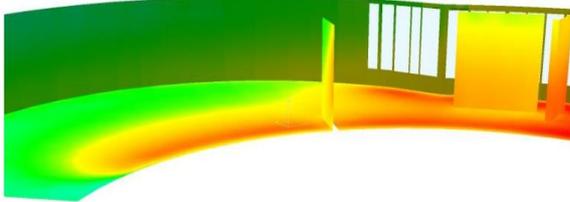
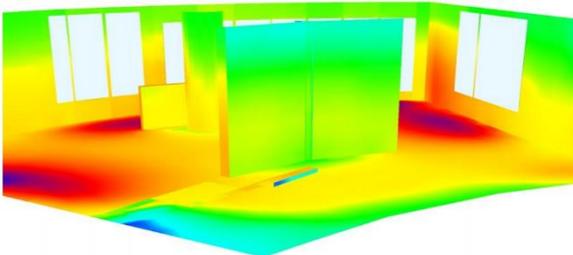
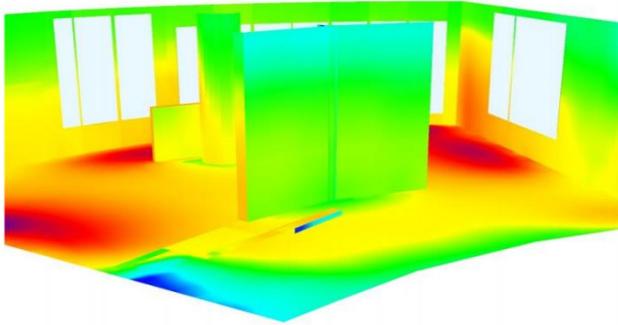
Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation
Grande salle	9h00		Les résultats s'avèrent être très élevé par rapport aux norme
Petite salle	12h		La présence de la lumière naturelle au près des fenêtres est très dominante et élevé aux normes
Petite salle	15h		A cette heure le degré d'éclairément est élevé par rapport aux normes au long de toute la salle engendrant

Tableau 10 : les résultats de simulation. (Source: auteur,2021)

Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation

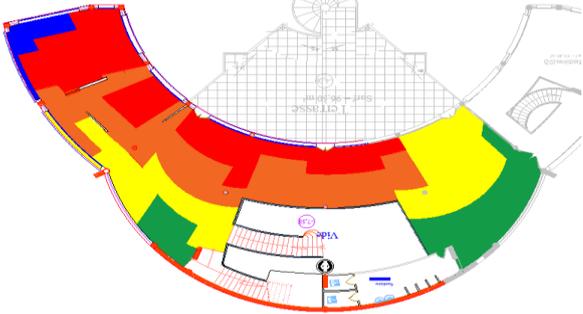
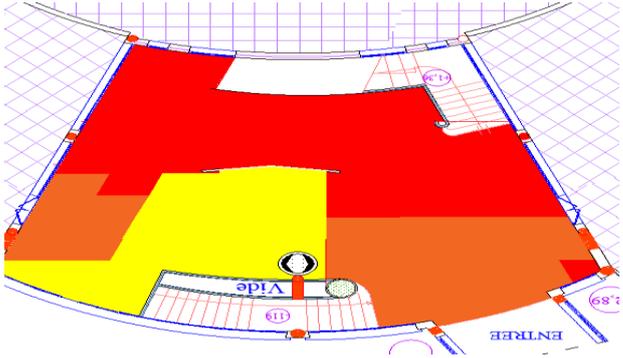
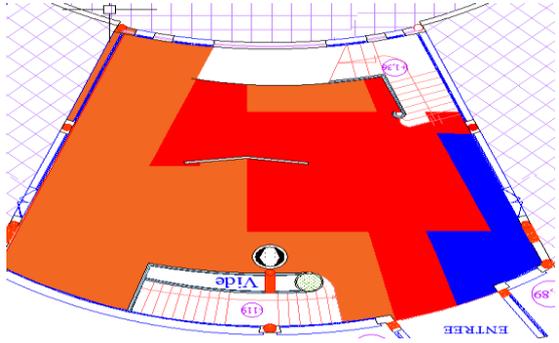
Grande salle	9h00		Les prises de mesure s'avèrent plus élevées aux normes et présente un éclairage non uniforme
Petite salle	12h		Les prises de mesure s'avèrent plus élevées aux normes est présente un éclairage non uniforme
Petite salle	15h		Les prises de mesure s'avèrent plus élevées aux normes est présente un éclairage non uniforme

Tableau 11 : résultats in situ. (Source: auteur,2021)

Après avoir effectué la comparaison entre les prises de mesures in situ et la simulation avec le logiciel pour le même jour. Nous pouvons conclure que les résultats sont similaires à 80 pourcents.

3. Discussion des résultats de mesures et simulation

3.1. Rappel des normes :

Selon la commission internationale de l'éclairage :

Type d'œuvre éclairer	Le taux d'éclairement nécessaire (lux)
Objet très sensible (tels les œuvres graphiques et photographiques, les textiles, les plumes et les spécimens d'histoire naturelle)	50 à 80
Œuvre sensible (les peintures, les bois polychromes et autres objets peints)	150 à 200
Les matériaux insensibles à la lumière et aux ultraviolets (la pierre, la céramique, le verre et le métal)	300
Stockage réunion et circulation	250
Travaux généraux et réunion	500
Lecture	750
Dessin de précision, bijouterie	1000

Tableau 12 : les normes d'éclairage d'un musée, (Tableau réalisé par l'auteur)

3.2. Discussion des résultats de la simulation

Dans la présente partie, on va présenter les différentes simulations faites par le logiciel Dialux dans les moments choisis et aux heures les plus significatives de la journée (9h00, 12h00, 15h00) afin de conclure à la fin avec les problèmes rencontrés par rapport à l'éclairage naturel et de proposer d'éventuelle solution.

Premièrement, on commence par la comparaison des résultats des prises de mesure in situ avec la simulation faite dans le même jour avec le logiciel choisi qui est Dia lux.

3.2.1. Discussion des résultats de la simulation

3.2.1.1. Résultat de simulation pour 21 mars (équinoxe du printemps) :

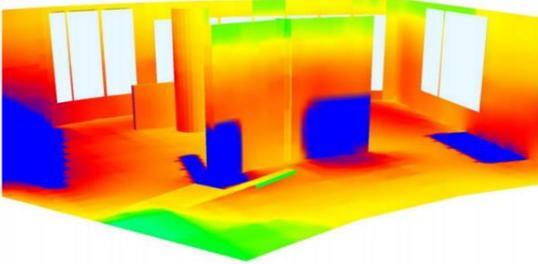
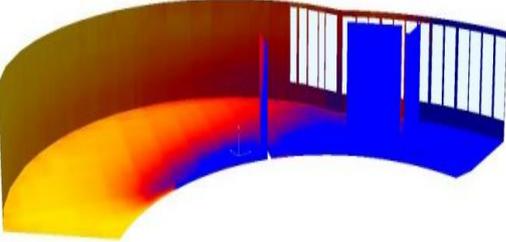
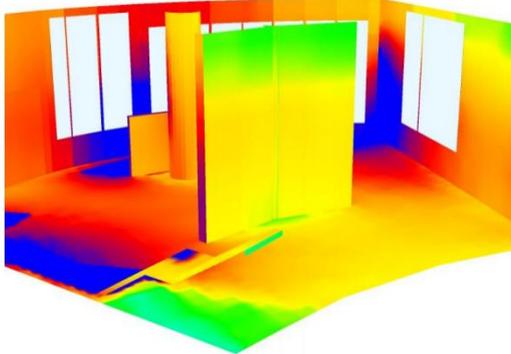
Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation
Grande salle	9h		L'espace reçoit une très forte quantité de lumière supérieur aux normes et des taches solaires.
Petite salle	12h		Éclairage uniforme mais très élevé, la présence de taches solaires à l'espace.
Petite salle	15h		À cette heure la distribution de la lumière est dispersée d'une zone bien éclairée à une autre zone très éclairée sans oublier les taches solaire

Tableau 13 : les résultats de simulations du 21 mars, (auteur,2021)

Remarque : Au mi-saison, nous pouvons constater un effet d'inconfort et d'éblouissement car y a un taux élevé d'éclairément surtout auprès des ouvertures. Afin de corriger ses défauts nos recommandons de mettre en place des protections afin de se protéger des rayons solaires nuisant à la dégradation des œuvres.

3.2.1.2. Résultat de simulation pour 21 décembre (Solstice d'hiver) :

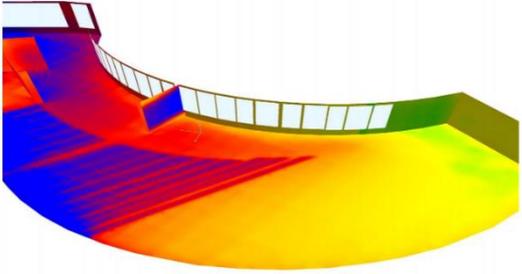
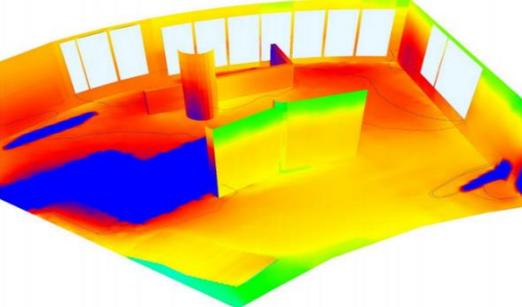
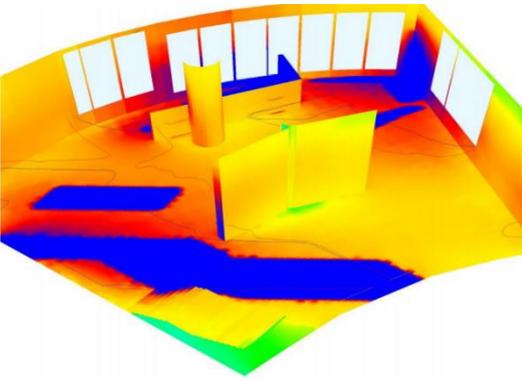
Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation
Grande salle	9h		L'espace reçoit une très forte quantité de lumière supérieur aux normes.
Petite salle	12h		Distribution homogène de la lumière et adaptée aux normes sauf près des fenêtres reçoit des taches solaires
Petite salle	15h		À cette heure la distribution de la lumière est dispersée d'une zone bien éclairée à une autre zone très éclairée sans oublier les taches solaires

Tableau 14 : les résultats de simulations du 21 décembre, (auteur,2021)

Remarque : Contrairement aux cas précédents, cette saison est la saison la plus favorable en termes d'éclairage car y a une certaine homogénéité avec les normes mais durant la période d'après-midi.

3.2.1.3. Résultat de simulation pour 21 Juin (Solstice d'été) :

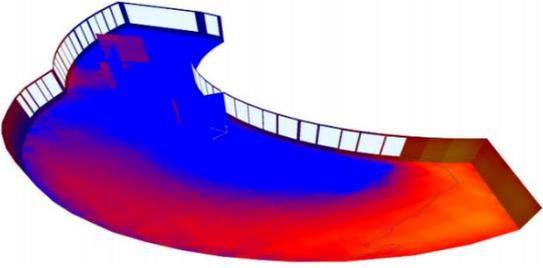
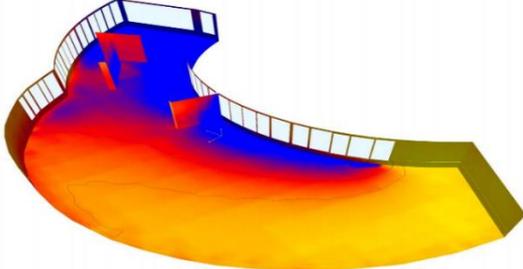
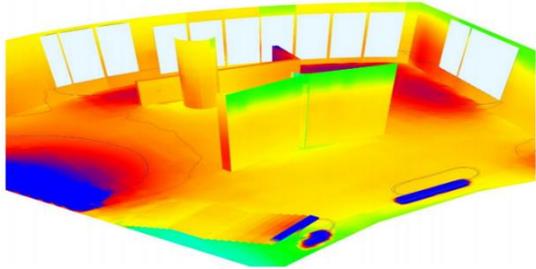
Catégorie de salle	Heure	Résultat	Observation
Grande salle	9h		A cette heure le taux d'éclairage est très élevé aux normes sur le long de toute la pièce
Grande salle	12h		Durant cette période, l'espace reçoit une très forte quantité de lumière
Petite salle	15h		A cette heure la pièce est sur éclairé est reçoit des taches solaires.

Tableau 15 : les résultats de simulations du 21 juin, (auteur,2021)

Remarque :

Par rapports aux résultats obtenues dans cette saison nous mènes à dire que l'état d'éclairage est assez critique, l'espace reçoit une très forte quantité de lumière provoquant de l'éblouissement et influençant d'une manière très forte sur les objets exposés. Nous recommandons pour cette période de mettre en places des brises soleil amovible ou verticaux afin de diminuer l'intention de la lumière naturelle.

Les recommandations

Malgré l'utilisation des stores dans le musée actuellement mais elles sont insuffisantes à la bonne distribution de la lumière naturelle. Après avoir effectué les prises de mesures in situ. Nous avons effectué la confirmation sur le logiciel Dialux afin de comparer les résultats. Donc nous pouvons conclure que les résultats sont confirmés à 80 pourcents.

a) Premièrement, nous recommandons la mise en œuvre des brises soleil afin de déminuer l'intensité de l'éclairement durant les périodes de l'année défavorable. Pour ce présent cas on a effectué des changements en rajoutant des brises soleils amovibles extérieurs, se derniers est un volet roulant lumière du jour T37.c'est un dispositif roulant permettant de l'ouvrir ou le fermé tout en laissant entrée les nuances de la lumière naturel sans projeté d'ambre rayé et assurant une agréable ambiance lumineuse à l'intérieur de l'espace architectural.

Nous avons choisi la journée la plus défavorable de l'année (le 21/06/2021) afin de tester les changements recommandés, nous avons effectué le calcul de simulation.

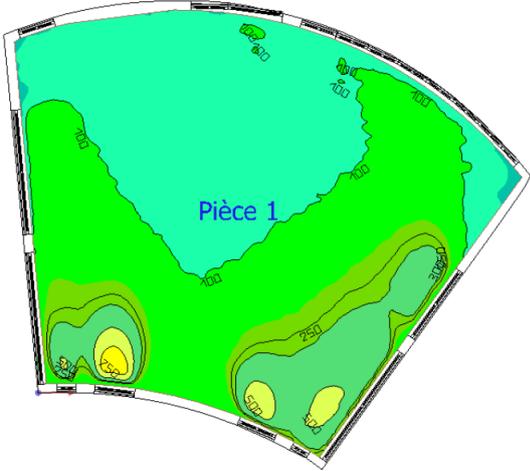
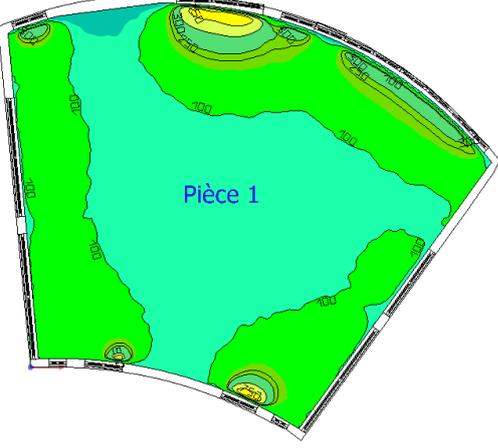


Figure44: volet roulant de lumière du jour.

Source: archiexpo.com

Voici si joint les résultats obtenus :

Résultat obtenue pour la petite salle d'exposition :

Heure	Résultat	Taux d'éclairage moyen	Disposition du volet
9h		160lx	Fermé 100 pourcents
12h		129lx	Fermé totalement

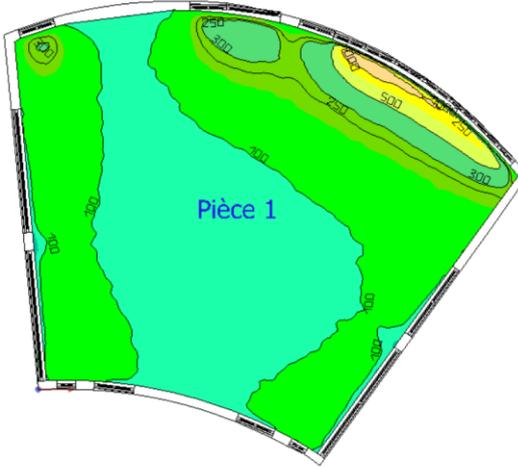
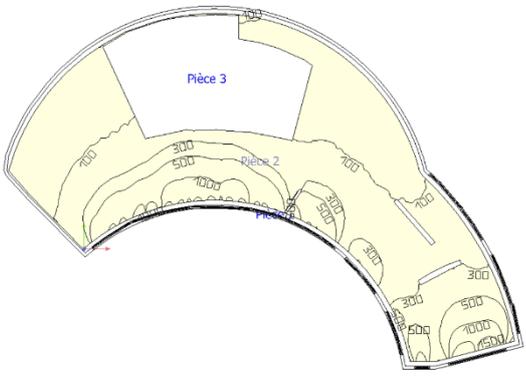
15h		154lx	Fermé totalement
-----	---	-------	---------------------

Tableau 16: résultats après intégration des protections solaires, source :auteur,2021

Résultats obtenus pour la grande salle d'exposition :

Heure	Résultat	Taux d'éclairement moyen	Disposition du volet
9h		300lx	Fermé totalemen t

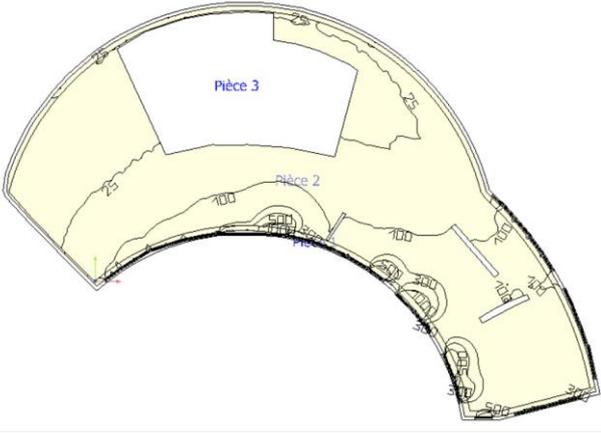
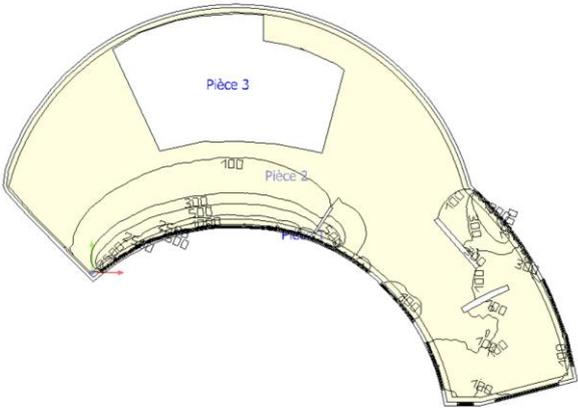
12h		106lx	Fermé totalement
15h		141lx	Ouvert à moitié pour les fenêtres orientées coté Est

Tableau 17 : Résultats obtenus pour la grande salle d'exposition, source :auteur,2021

- b) Deuxièmement, nous conseillons de prévoir un supplément d'éclairage artificiel a certain endroit de l'espace d'exposition afin d'altérer au manque ressenti.
- c) Il est recommandé de changer l'emplacement des œuvres, il est préférable de placé les œuvres les plus fragiles aux emplacements les moins exposé et le contraire avec les objets insensibles à la lumière dans les endroits exposés comme la pierre, la céramique, le verre...etc.

- d) Mettre en place des films réfléchissants afin de réduire la transmission d'énergie solaire jusqu'à 80%, il se procède de manière permanente et présente un avantage d'aucune transformation de l'enveloppe extérieur du bâti.
- e) Certains architectes ont proposé des ouvertures percées a la toiture et adjointes à des surfaces jouant le rôle de diffuseur afin de raccommoder entre le confort lumineux et le confort thermique comme le Corbusier, Alvar Aalto, Oscar Niemeyer.
- f) Les matériaux de l'enveloppe intérieur d'un local doivent être de couleurs claires afin d'augmenter la composante réflectivité de l'éclairage naturelle.
- g) Protéger le bâtiment des rayons solaires selon chaque orientation quand on est orienté vers le sud il est préférable de réaliser des auvents mais ses derniers ne doivent pas être surdimensionné afin de laisser pénétrer la lumière naturel, en cas d'orientation est et ouest, il faut prévoir une réduction des surfaces des ouvertures et les dotées des protections mobiles ou verticales et en cas d'orientation nord, nous la conseillons car c'est l'orientation qui permet une distribution de lumière est constante.

Chapitre 5 Application sur le projet fin d'études « PFE »

Introduction

A partir de l'expérience retenue dans les chapitres précédant nous avons pu montrer l'importance de la lumière naturelle dans l'espace architectural, les différents dispositifs d'éclairage naturel jouent un rôle différemment à la perception de la lumière dans l'espace et par conséquent l'ambiance générée par chacun diffère comme le précise Louis Kahn « *La fenêtre est une chose merveilleuse par laquelle vous obtenez la touche de lumière qui vous appartient à vous et non au soleil* » (Louis Kahn, 1996) même si la lumière provoque d'importance vibration à l'intérieur des espaces mais il est préférable de mettre en place des moyens architecturaux protégeant de la lumière indésirable à certains moments de journée afin de maîtriser la distribution harmonieuse de la lumière dans l'espace.

Nous allons enrichir cette expérience par l'analyse environnementale du terrain et une analyse des exemples à par l'exemple analysé auparavant, cette étude va se baser sur le fonctionnement d'un musée afin de ressortir à la fin avec un programme surfacique bien définie. Nous allons prendre en considération les résultats de chaque analyse effectuée et des recommandations ressorties des chapitres précédant afin de les appliquer dans la conception du projet fin d'étude.

1. Présentation du terrain

Le terrain se situe dans le POS n°12 et ce dernier se localise à la sortie du chef-lieu du village de Tichy vers Cap Aokas. Et il est limité au Nord par La plage Tassifth, Est par La cite E.P.L.F, Ouest par la route nationale N° 09 et la plage et au Sud par la haute tension 30 KVA.

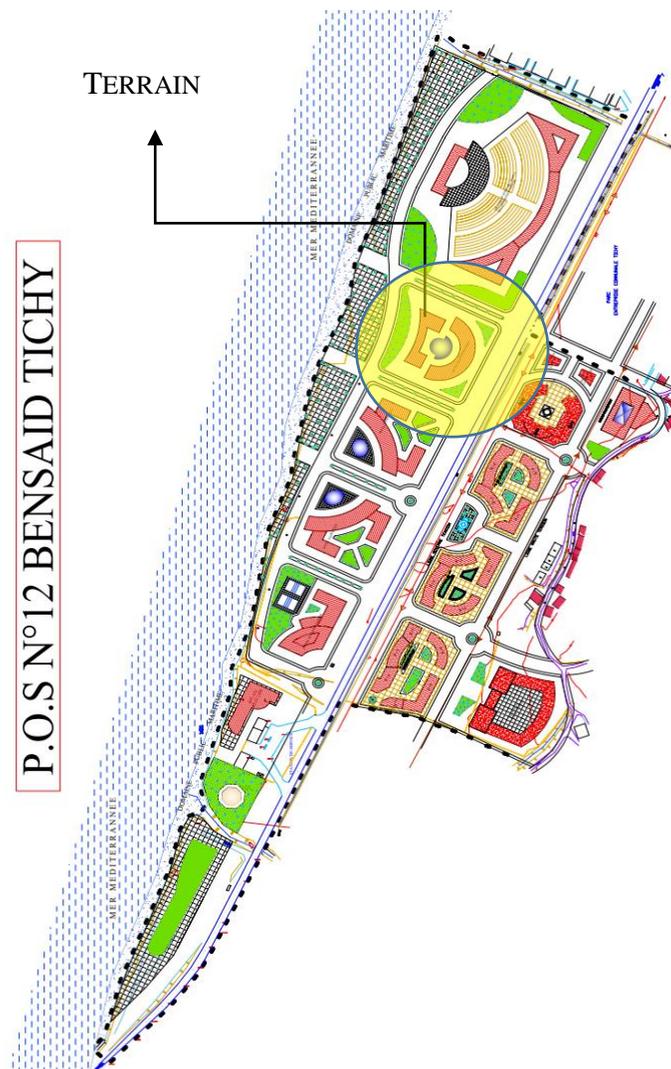


Figure45: le POS n°12, (le PDAU)

2. La vocation du site

La vocation du site est définie par le PDAU, la vocation du site actuellement est de type Occupation agricole et Occupation physique : une station d'essence, un centre omnisport, la maison HYUNDAI, boutique culturelle, une plage d'une longueur de 800 m.



Figure46: vue aérienne du POS n°12, (Google Earth,2021)

3. le schéma de structure

Le terrain se situe dans une zone balnéaire à Tichy, à l'Est de la commune de Bejaia. Il se situe dans une zone complémentaire à l'existant qui est les logements et l'école secondaire plus complémentaire aux projeté à vocation touristique et culturelle (Hôtel et Théâtre), il présente un point fort par rapport aux autre car l'occupation des logements change par saison.

Ce dernier est divisé en deux parties, une action imposée par les vents dominants par le Nord-Est en raison d'absence d'aucune gêne avoisinante et par rapport à la course du soleil les deux façades latérales (coté Est et Ouest) du terrain sont exposés aux rayons solaires pendant les deux périodes de la journée, coté Est est exposée pendant la matinée et l'autre côté exposer pendant le reste de la journée.

Le terrain est accessible par les quatre façades avec une hiérarchie de voie allant du flux le plus important de la route nationale numéro 09 en passant par un flux de moyenne faiblesse jusqu'à atteindre la voie avec un faible flux. la hiérarchisation des voies influences sur la nuisance sonores de chaque façade, la façade la plus touché est c'elle exposé vers la route nationale.

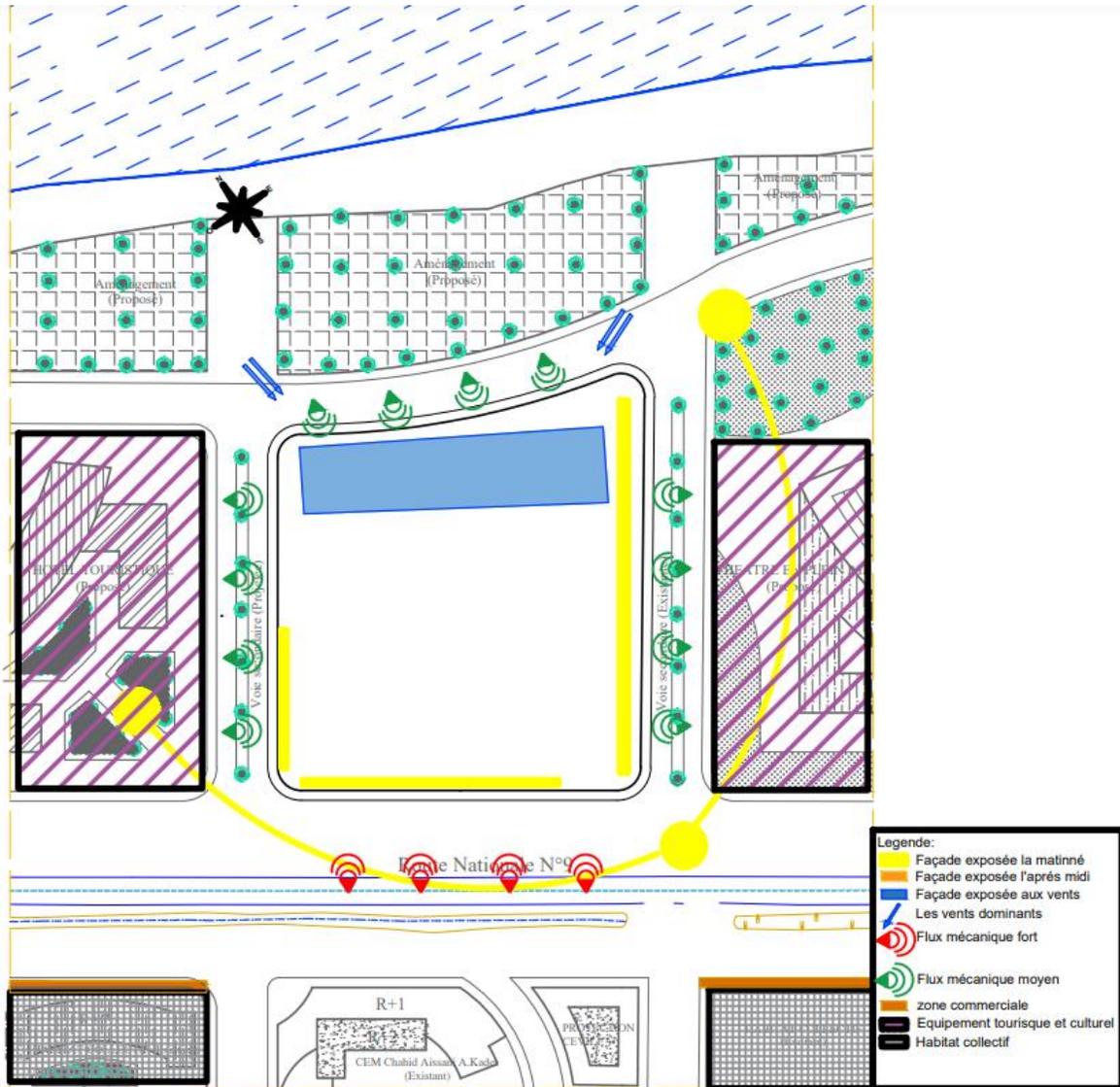


Figure47 : schéma de structure, (auteur,2021)

4. Les intentions de conception

- Proposition d'un recul de $\frac{1}{4}$ de la surface du terrain par rapport à la partie donnant vers la route nationale par un aménagement extérieur ou éventuellement une exposition extérieure afin d'assurer la protection acoustique.

- L'accessibilité au projet :

L'accès principale (piétons) par la façade de forts flux (côté Sud) car c'est la plus fréquenté.

L'accès mécanique se fera par la façade donnant vers un faible flux donc le côté Ouest et elle est la mieux desservie par au sens de circulation de la route nationale.

L'accès du personnel et la réception des œuvres s'effectuera par l'autre façade (coté Est) donnant vers un faible flux.

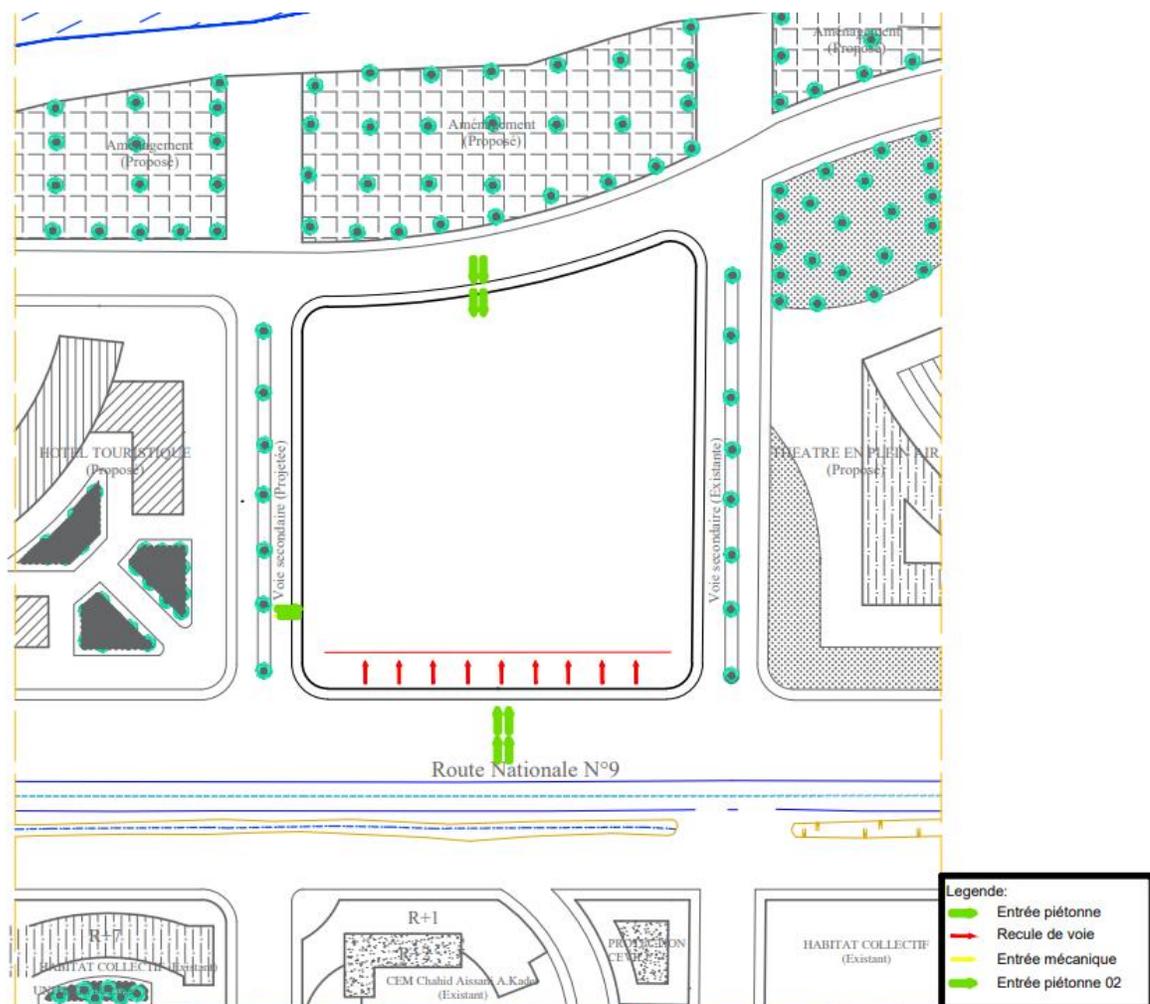


Figure48: l'accessibilité aux projet,(auteur,2021)

5.Synthèse de l'Analyse des exemples

4.1Présentation des exemples choisis :

4.1.1 Exemple 01 : le musée océanographique de Salammbô

Fiche technique du projet : Nom du projet : Dar EL Hout

Lieu du projet : Carthage, au nord de Tunis, Tunisie

Date de construction :1924



Figure 49 : le musée Salammbô, (source :
annuaire.tunisie.co)

4.1.2 Exemple 02 : musée OZEANEUM

Fiche technique du projet : Nom du projet : OZEANEUM

Lieu du projet : STRALSUND, GERMANY

Date de construction :10 juin 2010

Architecte : Behnisch Architekten



Figure50 : musée OZEANEUM, (source :
pinterest.com)

4.2 Tableau synthétique de l'analyse des exemples

Les projets	Dar El Hout	OZEANEUM
La raison du choix	Situation au littorale et un contact direct à la mer	Son implantation donnant sur la mer et son inspiration du mouvement de mer
Style architecturale	Style art moderne	Style contemporain
Genèse du projet	Inspiration de l'entourage	Inspiration du mouvement de l'eau de la mer tourbillonnant autour des pierres
Exposition	Exposition permanente et aquarium	Exposition permanente et aquarium
Culture et éducation	Bibliothèque	Auditorium
Particularité	Exposition du monde méditerranéen	Exposition des géants de la mer
Types de Parcours	Type ruban spirale	Labyrinthe
Circuit des visiteurs	Sans conflit	Sans conflit
Organisation spatiale	Espace de valorisation aux étages Espace administrative au rdc	Espace de valorisation aux étages Espace non valorisé au rdc
Orientation des espaces d'exposition	Vers la mer	Vers la mer
Pourcentage de surface	La plus grande surface aux espaces d'expositions	La plus grande surface aux espaces d'expositions

Tableau 18 : tableau synthétique de l'analyse des exemples, (auteur,2021)

5. Etablissement du programme

5.1 Programme surfacique

De manière globale, le programme adopté pour notre projet prend comme référence le programme officiel. Afin de répondre aux spécificités du thème de notre musée « l'océanographie », nous avons construit le programme surface en se basant sur les normes et exigences techniques relatives à l'exposition des œuvres qui ont découlé. Cela permet d'avoir un regard sur la programmation qualitative de l'espace clé de notre projet.

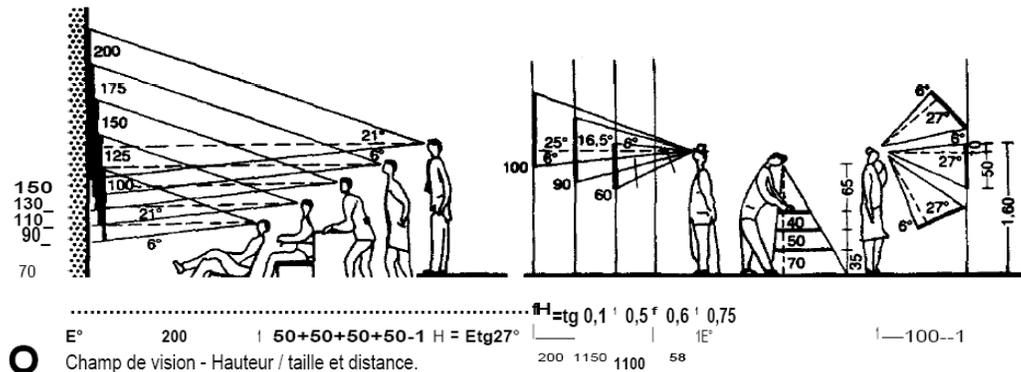


Figure 51 : normes d'exposition (Neufert, 6^{ème} Edition)

5.2 Programme des heures de travail

- vu le caractère touristique du site, l'idée du "musée pendant la nuit" s'avère possible avec la présence des équipements comme le restaurant, cafétéria et la salle de conférence, on pense à faire élargir les heures du travail pendant la nuit pour que le projet sera fréquenté pendant la nuit comme le jour :

- Les espaces d'exposition : qui vont avoir une autre séquence et ambiance nocturne.
- Les restaurant et cafétéria : peuvent avoir une vue panoramique la mer et la ville de Bejaia.
- La salle de conférence : qui va être polyvalente et jouer le rôle d'un lieu où se déroule plusieurs festivals qui caractérise la ville de Bejaia.

5.3 Le programme proposé

Entité	Espaces	Surface partielle	Surface totale
Accueil, information	Hall d'accueil général	110	325
	Accueil de groupes	80	
	Réception des officiels	60	
	Vestiaire et consigne	20	
	Infirmierie	25	
	Sanitaire H/F	30	
Services	Auditorium	(200 places)	675
Administration	Bureau conservateur	30	210
	Bureau de secrétaire	15	
	Bureaux personnels	60	
	Salle de réunion	35	
	Sanitaires	15	
Détente et souvenirs	Librairie et magasins	160	350
	Restaurant	120	
	Cafeteria	70	
Exposition	Exposition permanente	800	1980
	Exposition Aquarium	400	
	Exposition temporaire	780	
Logistique	Logistique muséographie	80	480
	Aire de Chargement	40	
	Réception des œuvres	40	
	Archivage & consultations	40	
	Stockage	80	
	Logistique bâtiment	80	
	Locaux techniques	120	
Aire de stationnement	Visiteurs et personnels	(60 places)	1000
Surface totale			5020 m²

Tableau 19 : représentant le programme proposé (Auteur,2021)

6. Idéation et morphogénèse

Afin de créer ce projet nous avons basé sur deux mots clés qui sont la plage tassifth et le monde marin d'où nous avons conclu le nom du projet « Bringing the sea back to the land ». La réalisation de ce projet a progressé de telle manière :

6.1 Étape 01 : l'intégration

Afin d'intégrer le projet dans son site et son fonctionnement nous nous sommes inspirés du monde marin comme tout projet pour thème océanographique, l'inspiration était le mouvement de vague, en raison de l'homogénéité de la vague nous avons créé en premier lieu un mouvement de vague sur la grille du terrain ce qui nous a permis de former ses différentes formes.



Figure52: inspiration du mouvement de

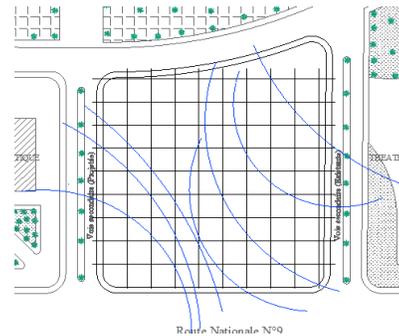


Figure53: reformulation des mouvements de vague sur plan

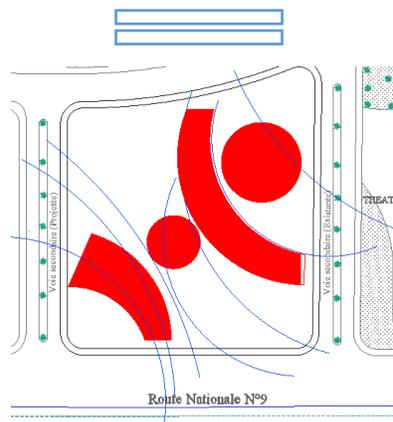


Figure 54 : emplacement et décomposition du projet

6.2 Étape 02 : les percés visuelles

On a décidé d'orienter les volumes vers la vue panoramique qui est la mer afin de créer un parcours indirect qui va guider les visiteurs jusqu'à l'entrée de l'équipement, de même à orienter le projet vers les deux voies la RN09 afin que le projet soit visible des deux sens de la voie et de l'orienter vers la voie parallèle à la mer afin que les personnes qui viennent du monde marin profite eux aussi. En prenant en considération les points forts climatique du site, l'orientation du projet sera Nord-Sud.

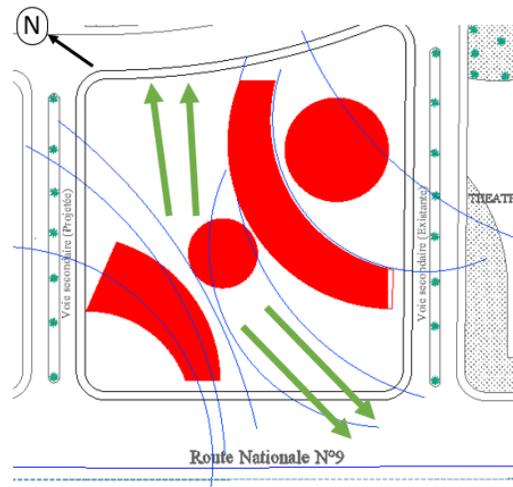


Figure55: lisibilité du projet

6.3 Étape 03 : concept de compacité

En prenant en considération la direction des vents dominant nous avons constaté que la forme fragmentée n'avantage pas cet effet mais elle peut provoquer des tourbillons de vents à l'intérieur du projet donc nous avons opté à compacté les volumes entre eux. avons opté à compacté les volumes entre eux.

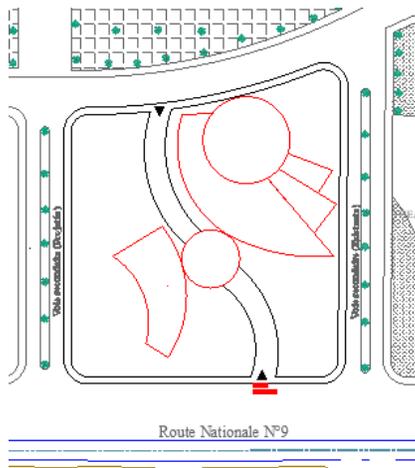


Figure 56 : regroupement du projet

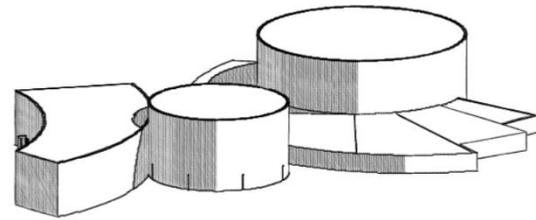


Figure57: première esquisse du projet

6.4 Étape 04 : orientation du projet

En se basant sur la course apparente du soleil effectuée pour les jours défavorable de l'année(21décembre,21juin),nous avons choisis d'orienter au maximum la composition du volume vers orientation Nord.

Nous avons constaté que le système d'éclairage naturel latéral va influencer le choix des hauteurs des volumes de manière à créer et garantir une façade ou précisément une partie de la façade avec orientation nord.

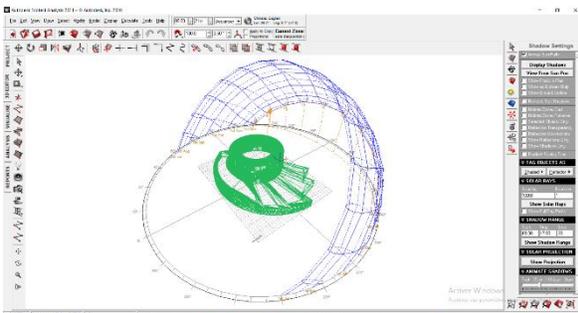


Figure 58 : course du soleil pour le 21 décembre à 9h. (source: output ecotect,2021)

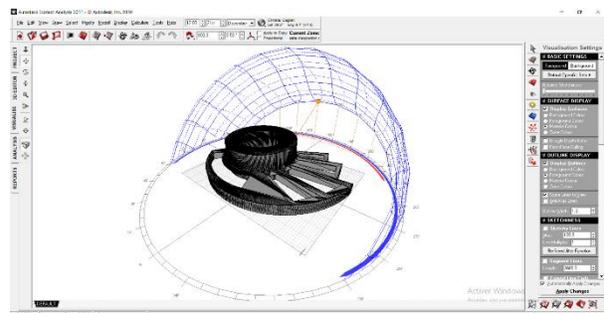


Figure59: course du soleil pour le 21 décembre à 12h. (source: output ecotect,2021)

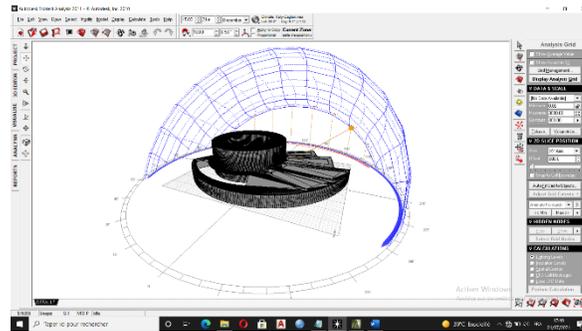


Figure 60 : course du soleil pour le 21 décembre à 15h. (source: output ecotect,2021)

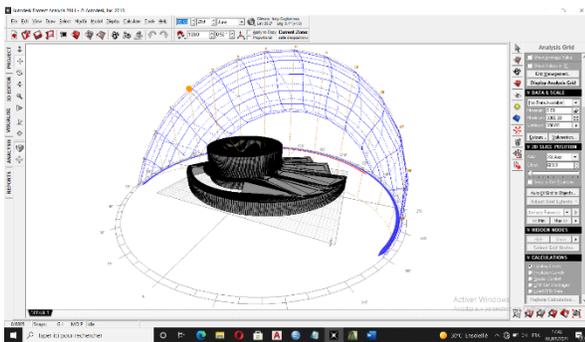


Figure 61 : course du soleil pour le 21 juin à 9h. (source: output ecotect,2021)

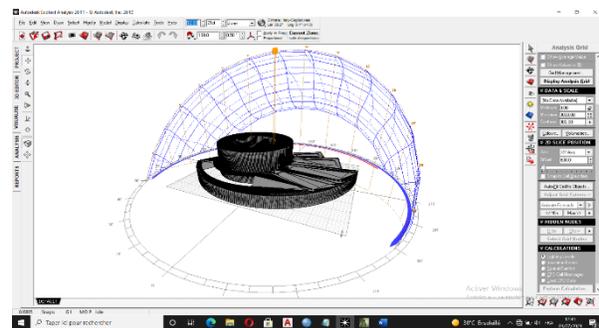


Figure 62 : course du soleil pour le 21 juin à 12h. (source: output ecotect,2021)

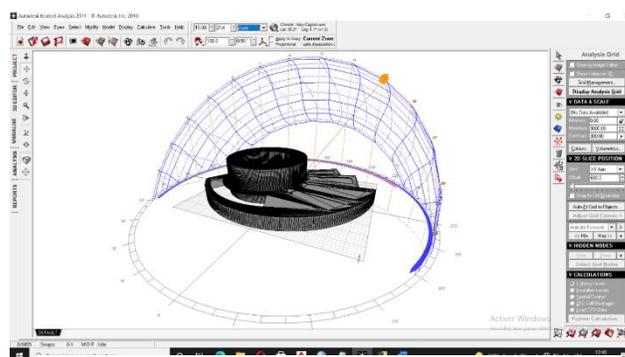


Figure 63 : course du soleil pour le 21 juin à 15h. (source: output ecotect,2021)

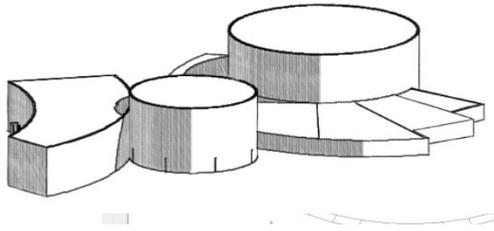


Figure 64: esquisse n°01 avec orientation de la composition vers le Nord. (Source: auteur,2021)

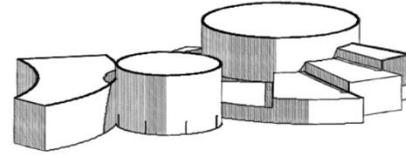


Figure 65 : esquisse n°02 après modification. (Source: auteur,2021)

6.5 Étape 05 : Articulation fonctionnelle du projet

Le projet est devisé en trois volumes.il s'articule autour du volume 01 qui est la tour centrale constituant l'élément d'appel du projet accueillons les fonctions service administrative et technique puis le volume 02 orienté vars l'ouest accueille les activité réactive (Auditorium) puis le volume 03 accueille l'exposition permanente et temporaire.

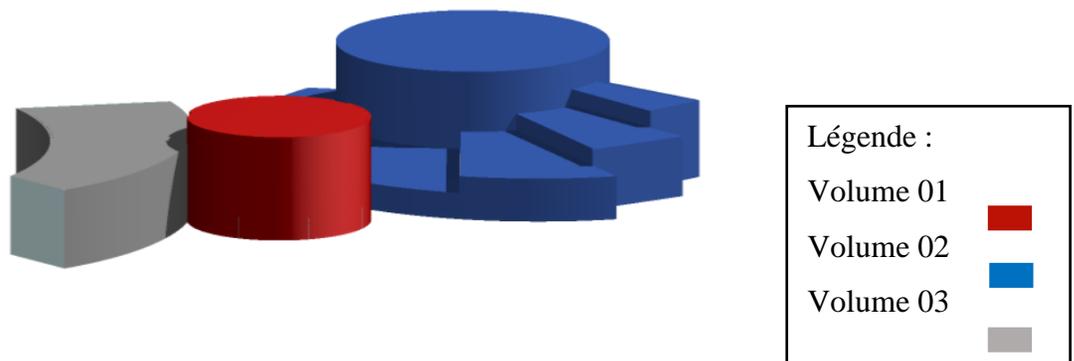


Figure 66 : distribution fonctionnelle. (Source: auteur,2021)

6.6 Présentation de l'avant-projet

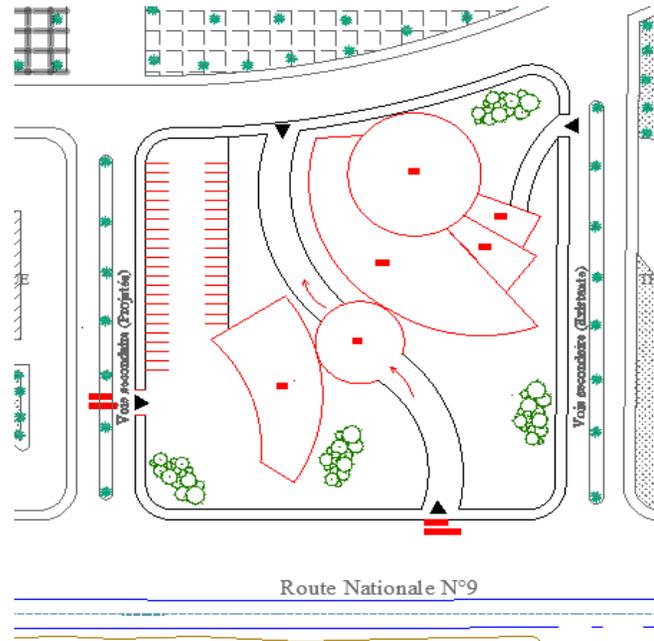


Figure 67 : plan de masse. (Source: auteur,2021)

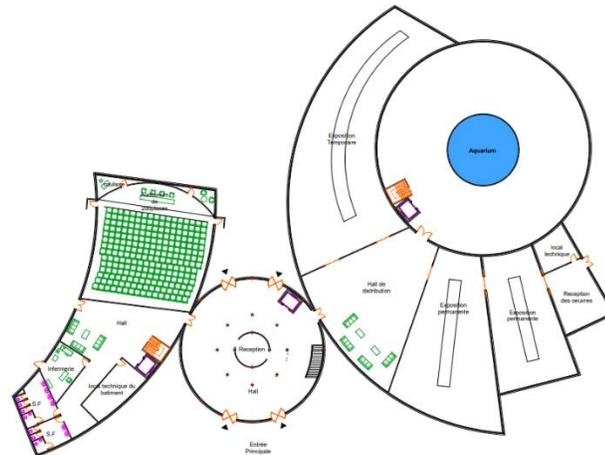


Figure 68 : plan RDC. (Source: auteur,2021)

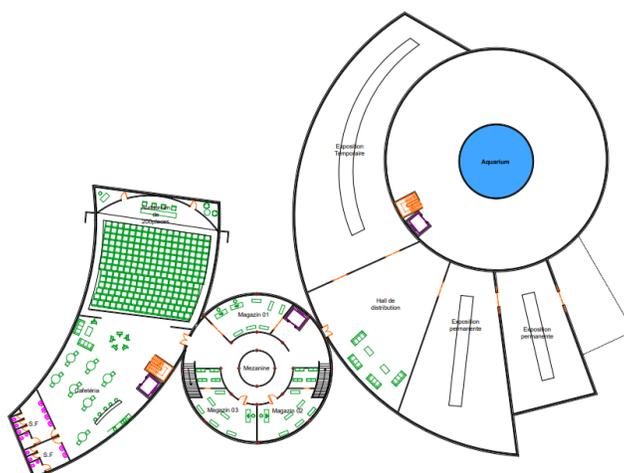


Figure 69 : plan 1er étage. (Source: auteur,2021)

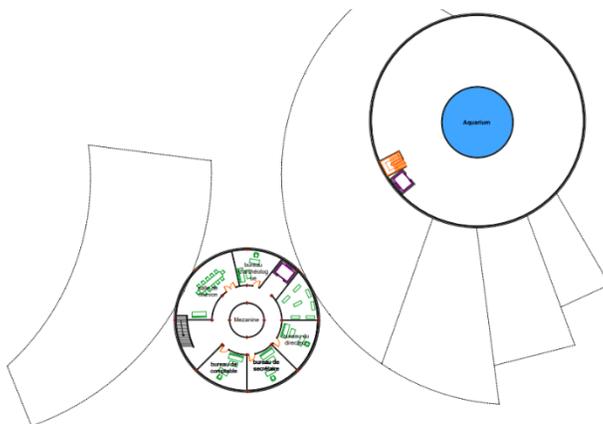


Figure 70 : plan 2eme étage. (Source: auteur,2021)

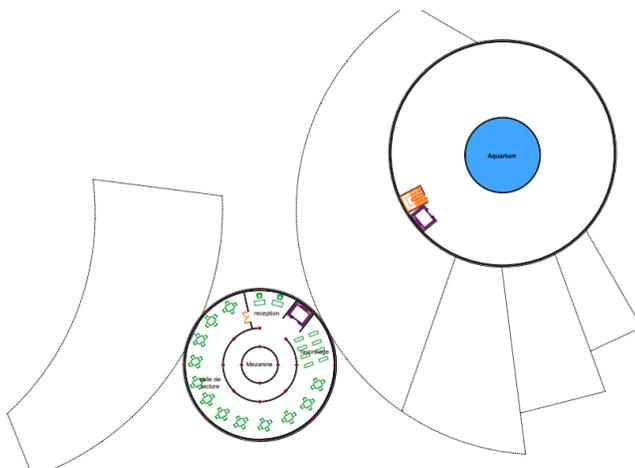


Figure 71 : plan 3 ème étage. (Source: auteur,2021)

Conclusion générale

Le travail de recherche effectués traite la problématique de la manière d'introduire la lumière naturelle dans les musées et la création de l'ambiance lumineuse dans les musées à travers les systèmes de protection solaire. L'objectif est de trouver des solutions aidant les concepteurs durant la phase esquisse d'intégrer la notion de la lumière naturelle dans leurs conception muséale, et si des problèmes se présentent ils feront recours aux protections solaires.

Nous avons en premier lieu nous avons traité les différentes notions théoriques en relation avec le thème de recherche. Deux chapitres détaillent l'analyse conceptuelle. Dans le premier chapitre nous avons traité les différentes notions sur la composition de la lumière naturelle, ces grandeurs et valeurs ainsi que leurs ressources. En deuxième partie, nous avons traité les différentes informations sur les protections solaires de leur fonctionnement à leurs types puis une dernière partie du chapitre sur l'ambiance lumineuse et ses différents types. Suivis d'un deuxième chapitre, traitant le thème du musée, les différents types et les notions de la muséologie et la muséographie puis présentant les différents parcours muséaux, ensuite on définit les différentes manières de transmission de la lumière dans un musée et l'impact de chaque types (zénithal ou latéral) sur la quantité et la qualité de lumière pénétrant un espace d'exposition.

Afin de répondre a la question de recherche nous avons élaboré un processus d'analyse de plusieurs type des méthode, d'une part a travaillé in situ et de l'autre a utilisée l'outil informatique (Dialux & SPSS).

La deuxième partie est consacré à la partie expérimentale, une méthode chargée d'analyser un cas d'étude local qui est le musée EL MOUDJAHID à Bejaia, choisit en raison de son emplacement avec aucune gêne extérieure ainsi que son mode d'éclairage naturel utilisée. Nous avons procédé de manière par la présentation de l'environnement de l'étude et son historique puis sa distribution des espaces et le pré-dimensionnement des ouvertures latérales. En deuxième partie vient les prises de mesure in situ, établissement d'une enquête in situ simulation de toutes les saisons, à la fin on a discuté et comparer les résultats afin de vérifier le degré de respect des normes et exigences traités dans les chapitres théoriques.

C'est ainsi que le travail de recherche s'achève avec une liste de recommandations et avec une vérification des solutions, on a pu conclure que la maîtrise de la pénétration de la lumière avec des protections solaires dans les musées est d'une immense importante afin de

crée une ambiance lumineuse conforme aux normes de confort et ne pas nuire aux objets exposés.

En dernier lieu, nous avons conclu par le processus de conception du musée océanographique et de présenter la manière d'appliquer les acquis et recommandations retenu auparavant.

Bibliographie

Livre

- Narboni, R. (2006). *Lumière et ambiances: concevoir des éclairages pour l'architecture et la ville: [analyses d'ambiances lumineuses moyens techniques problématiques de conception démarches environnementales exemples de réalisations]*. Le Moniteur.
- Cuttle, C. (2007). *Light for Art's Sake* (Elsevier Ltd (ed.); Elsevier L). Routledge.
- Baker, N. V, Fanchiotti, A., & Steemers, K. (2013). *Daylighting in architecture: a European reference book*. Routledge.
- CHATELET, A., FERNANDEZ, P., & LAVIGNE, P. (1998). Architecture climatique, une contribution au développement durable, tome2: concepts et dispositifs. *Edition de l'EDISUD. Aixen-Provence*, p79.
- Liébard, A., & De Herde, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Concevoir, Édifier et Aménager Avec Le Développement Durable. Éd. Le Moniteur P, 133.*
- Reiter, S., & De Herde, A. (2004). *L'éclairage naturel des bâtiments*. Presses univ. de Louvain.
- Mariani-Rousset, S. (2001). Espace public et publics d'expositions. Les parcours: une affaire à suivre. *Espace Urbain En Méthodes*, 29–44.

Ouvrage de référence

- Ferdi, S. (n.d.). *Musées d ' Algérie : perception ambiguë d ' un passé pluraliste*. 203–213.
- Belakehal, A. (2013). De la notion d'ambiance. *Courrier Du Savoir Scientifique et Technique*, 16, 49–54.
- Ezrati, J.-J. (2010). L'éclairage comme élément de la scénographie. *Culture & Musées*, 16(1), 252–256.
- Ezrati, J. (2012). des diodes électroluminescentes en éclairage muséographique. *Eclairage 3, Troyes 21-*.
- Augoyard, J. (1995). *L'environnement sensible et les ambiances architecturales*. 302–318.

Autre Contenu provenant d'un site Internet

- Lipinski, M., Lecerf, C., & Sommer, M. Le. (n.d.). L'éclairage naturel. *Les Guides Bio-Tech*.
- DAICH, S. (2011). *Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra*. Université Mohamed Khider Biskra.
- Gallas, M.-A. (2013). *De l'intention à la solution architecturale: proposition d'une méthode d'assistance à la prise en compte de la lumière naturelle durant les phases amont de conception*. Université de Lorraine.
- ADEME. (2003). *Fonctions des baies vitrées et de leurs protections solaires*.
- Mahdi, D. (2016). *Les impacts de la protection solaire sur le confort d'usage dans les salles de classes*. Université Oum el Bouaghi.

- Chaabouni, S. (2011). *Voir, savoir, concevoir: une méthode d'assistance à la conception d'ambiances lumineuses par l'utilisation d'images références*. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Lorraine, Ecole
- Dubois, C. (2006). *Confort et diversité des ambiances lumineuses en architecture: l'influence de l'éclairage naturel sur les occupants*.
- Khilil, M., Bouteraa, S., & Gherraz, H. (2016). *L'évaluation de L'éclairage naturel dans les musées*.
- Maschinen, B., Investition, A., Beschaffungen, G., Ersatzbeschaffungen, B., & Mittelherkunft, S. (n.d.). *Qu'Est Ce Qu'Un Musée*.
- Moyen, A. (2021). *Quelques repères sur l'histoire des musées*. Www.Cndp.Fr.
- Redjil, A., & Ben'Halilou, K. (2015). *Optimisation de l'éclairage naturel pour les besoins muséographiques et de durabilité*.
- Schaer, R. (n.d.). Role et fonction des musées. *Le Bal Des Debutants*, 1–3.
- SARAoui, S. (2012). *A la recherche d'une topologie lumineuse de l'espace architectural. Cas des musées*. Université Mohamed Khider-Biskra.
- Mambrini, T. (2014). *Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies*. Paris 11.
- Edwards, B., Dulaney, R., Reifer, A., & Bruce, T. (2015). *Managing Survey Costs: Using Mobile Technology Coupled with Performance Dashboards to Improve Field Operations*.
- Deloche, B. (2007). La nouvelle culture: la mutation des pratiques sociales ordinaires et l'avenir des institutions culturelles. *La Nouvelle Culture*, 1–292.
- Cantin, F. (2008). *ÉVALUATION DE LA QUALITÉ LUMINEUSE D'UN ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL ÉCLAIRÉ NATURELLEMENT*. UNIVERSITÉ LAVAL.
- Attar, S., Merah, L., Messaoudi, T., & Messali, M. (2015). *Etude de l'influence du type de parcours sur les pratiques d'exposition dans l'espace muséal*. Université Abderrahmane Mira-Bejaia.

Listes des Annexes :

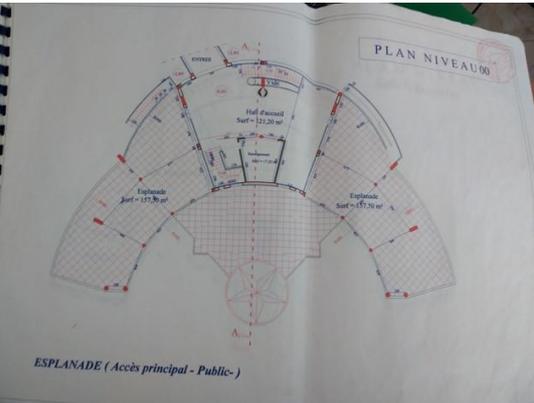
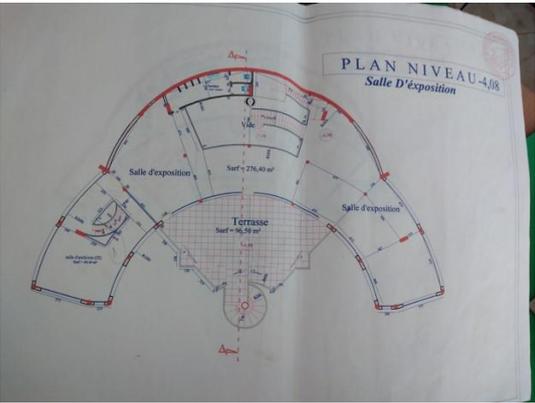
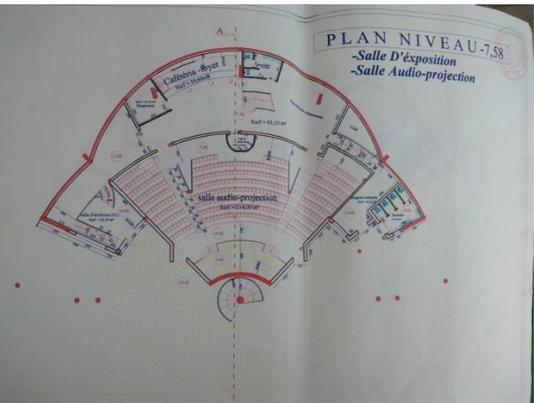
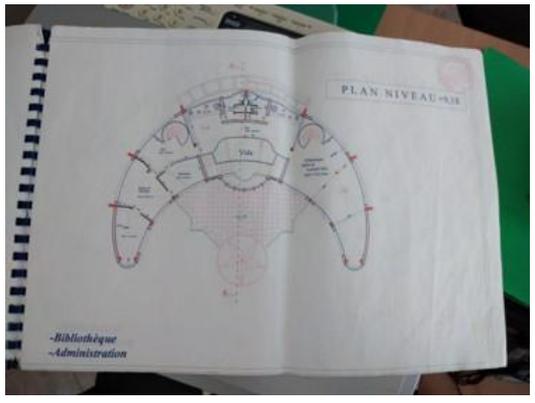
Annexe 1 : Formulaire de question élaboré pour la recherche :

Informations générales : Code : Genre : Homme <input type="checkbox"/> Femme <input type="checkbox"/> Quelle est le motif de votre visite ? Professionnel <input type="checkbox"/> Loisirs <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/>

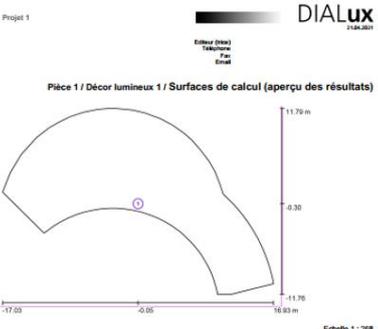
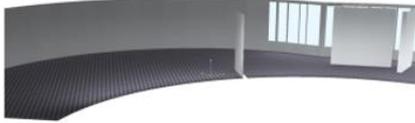
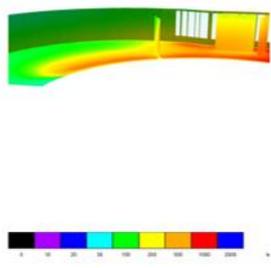
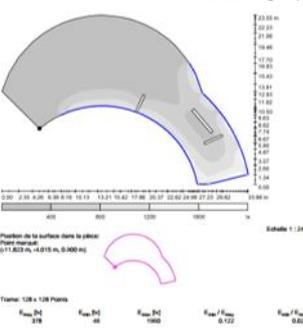
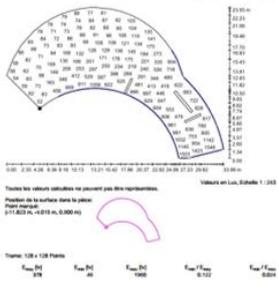
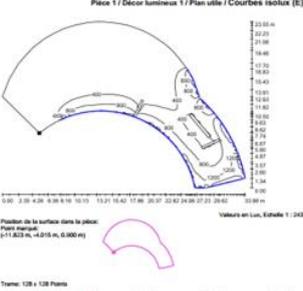
1. Combien de fois visitez-vous un musée durant l'année ?
Une fois Deux fois Plusieurs
2. La raison de votre visite est-elle la découverte ?
Le thème du musée L'architecture du musée Les Deux
3. Quelle est votre degré de satisfaction envers la visite du musée ?
Peu Satisfait Satisfait Très Satisfait
4. Durant votre visite, le choix de votre parcours était-il guidé par ?
La qualité d'espace La qualité des œuvres Les Deux
5. Dans l'ensemble, à quel point êtes-vous satisfaits du niveau de confort visuel dans ce musée ?
Peu Satisfait Satisfait Très Satisfait
6. Pensez-vous que l'espace est ?
Peu éclairé Bien éclairé Sur-éclairé
7. Trouvez-vous qu'il y a une insuffisance en matière de lumière naturel qui nécessite le recours à l'éclairage artificiel ?
Oui Non
8. Pensez-vous que le système d'éclairage mis en place a besoin d'être complété par des protections solaires ?
Oui Non
9. Si oui, préférez-vous se protéger des rayons solaires de manière ?
Totale Moyenne Partielle
10. Décrivez, en Un mot, l'ambiance générale dans cet espace ?.....

Merci pour votre aide très précieuse !

Annexe 2 : Les documents relatifs au cas d'étude « musée El-Moudjahid » :

 <p>REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE</p> <p><i>Press-book</i></p> <p><i>Musée du Moudjahid de la wilaya de bejaia</i></p>	 <p>Façade</p>
<p>Plan de masse</p>	<p>Façade</p>
 <p>PLAN NIVEAU 00</p> <p>ESPLANADE (Accès principal - Public -)</p>	 <p>PLAN NIVEAU -4,08</p> <p>Salle D'exposition</p> <p>Terrasse</p>
<p>Plan niveau 1</p>	<p>Plan niveau 2</p>
 <p>PLAN NIVEAU -7,58</p> <p>-Salle D'exposition</p> <p>-Salle Audio-projection</p>	 <p>PLAN NIVEAU -9,18</p> <p>-Bibliothèque</p> <p>-Administration</p>
<p>Plan niveau 3</p>	<p>Plan niveau 4</p>

Annexe 3 : Résultats de simulation via DIALux®

 <p>Liste des surfaces de calcul</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Désignation</th> <th>Type</th> <th>Trame</th> <th>E_{sup} [lx]</th> <th>E_{inf} [lx]</th> <th>E_{min} [lx]</th> <th>E_{sup} / E_{min}</th> <th>E_{inf} / E_{min}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Surface de calcul 2</td> <td>perpendiculaire</td> <td>128 x 128</td> <td>4283</td> <td>40</td> <td>7947</td> <td>0.009</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Désignation	Type	Trame	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}	1	Surface de calcul 2	perpendiculaire	128 x 128	4283	40	7947	0.009	0.005							
N°	Désignation	Type	Trame	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}																	
1	Surface de calcul 2	perpendiculaire	128 x 128	4283	40	7947	0.009	0.005																	
<p>Dimensionnement de l'espace</p>	<p>Vue 3D sur l'espace</p>																								
	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Trame: 128 x 128 Points</th> <th>E_{sup} [lx]</th> <th>E_{inf} [lx]</th> <th>E_{min} [lx]</th> <th>E_{sup} / E_{min}</th> <th>E_{inf} / E_{min}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>378</td> <td>40</td> <td>1980</td> <td>0.122</td> <td>0.021</td> </tr> </tbody> </table>	Trame: 128 x 128 Points	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}		378	40	1980	0.122	0.021												
Trame: 128 x 128 Points	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}																				
	378	40	1980	0.122	0.021																				
<p>Plan niveau 1</p>	<p>Plan niveau 2</p>																								
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Trame: 128 x 128 Points</th> <th>E_{sup} [lx]</th> <th>E_{inf} [lx]</th> <th>E_{min} [lx]</th> <th>E_{sup} / E_{min}</th> <th>E_{inf} / E_{min}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>378</td> <td>40</td> <td>1980</td> <td>0.122</td> <td>0.021</td> </tr> </tbody> </table>	Trame: 128 x 128 Points	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}		378	40	1980	0.122	0.021	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Trame: 128 x 128 Points</th> <th>E_{sup} [lx]</th> <th>E_{inf} [lx]</th> <th>E_{min} [lx]</th> <th>E_{sup} / E_{min}</th> <th>E_{inf} / E_{min}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>378</td> <td>40</td> <td>1980</td> <td>0.122</td> <td>0.021</td> </tr> </tbody> </table>	Trame: 128 x 128 Points	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}		378	40	1980	0.122	0.021
Trame: 128 x 128 Points	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}																				
	378	40	1980	0.122	0.021																				
Trame: 128 x 128 Points	E_{sup} [lx]	E_{inf} [lx]	E_{min} [lx]	E_{sup} / E_{min}	E_{inf} / E_{min}																				
	378	40	1980	0.122	0.021																				
<p>Plan niveau 3</p>	<p>Plan niveau 4</p>																								

Annexe 4 : Traitement des données via IBM-SPSS Statistics

	Colonne1	Colonne2	1	2	3
2	Genre ?		Homme	Femme	
3	motif	Quelle est le motif de votre visite ?	Professionnel	Loisirs	Autres
4	Q1	Combien de fois visitez-vous un musée durant l'année ?	Une fois	Deux fois	Plusieurs
5	Q2	La raison de votre visite est-elle la découverte ?	Le thème du musée	L'architecture du musée	Les deux
6	Q3	Quelle est votre degré de satisfaction envers la visite du musée ?	Peu Satisfait	Satisfait	Très Satisfait
7	Q4	Durant votre visite, le choix de votre parcours était-il guidé par ?	La qualité d'espace	La qualité des œuvres	Les Deux
8	Q5	Dans l'ensemble, à quel point êtes-vous satisfaits du niveau de confort visuel dans ce musée ?	Peu Satisfait	Satisfait	Très Satisfait
9	Q6	Pensez-vous que l'espace est ?	Peu-éclairé	Bien-éclairé	Sur-éclairé
10	Q7	Trouvez-vous qu'il y a une insuffisance en matière de lumière naturel qui nécessite le recours à l'éclairage artificiel ?	Oui	Non	
11	Q8	Pensez-vous que le système d'éclairage mis en place a besoin d'être complété par des protections solaires ?	Oui	Non	
12	Q9	Si oui, préférez-vous se protéger des rayons solaires de manière ?	Totale	Moeynne	Partielle
13	Q10	Décrivez, en Un mots, l'ambiance générale dans cet espace ?			

Organisation du formulaire sur Microsoft Office Excel.

	Genre	Motif	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	3	3	3	2	3	1	1	1	1	1	3	historique
2	3	3	3	2	3	2	2	1	2	1	2	satisfait
3	1	3	3	3	2	3	1	1	1	1	3	calme
4	1	1	3	3	3	3	2	1	1	1	2	satisfait
5	1	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	2
6	1	3	3	3	3	3	3	2	2	1	2	racine historique
7	2	3	3	1	3	3	2	2	2	1	2	intellectuel et éducatif
8	1	1	3	3	2	3	2	3	2	2	2	tranquille
9	1	2	3	3	3	3	3	2	2	1	3	émouvant
10	2	2	3	1	2	3	2	1	1	1	1	2
11	2	3	3	2	2	2	2	1	1	1	3	c'est cool
12	2	2	3	3	2	3	2	1	1	1	3	satisfait
13	1	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3	éducatif
14	1	2	1	3	2	2	1	1	1	1	1	Froide
15	1	3	3	3	2	3	1	1	1	1	3	historique
16	2	3	3	3	2	3	2	2	1	2	3	satisfait
17	1	3	3	3	2	3	1	1	1	1	3	calme
18	1	1	3	3	3	3	2	1	1	1	2	satisfait
19	1	1	3	3	3	3	3	2	2	1	2	calme
20	2	3	3	1	3	3	2	2	2	1	2	calme
21	1	1	3	3	2	3	2	3	2	2	2	historique
22	1	2	3	3	3	3	3	2	2	1	3	calme
23	2	2	3	1	2	3	2	1	1	1	2	calme
24	2	3	3	2	2	2	2	1	1	1	3	historique
25	2	2	3	3	2	3	2	1	1	1	3	satisfait
26	1	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3	calme
27	1	2	1	3	2	2	2	2	2	1	1	satisfait
28	1	1	3	3	3	3	2	1	1	1	2	calme
29	1	1	3	3	3	3	3	2	2	1	2	historique
30	2	3	3	1	3	3	2	2	2	1	2	éducatif

Organisation des résultats du questionnaire sur Microsoft Office Excel.

Annexe 5 : Détail descriptif du programme surfacique

Entité	Activité	Espace	Description
Accueil et information	Accueil	- Hall d'accueil - Accueil des groupes - Réception des officiels	Pour le public, l'accueil représente l'espace le plus important, c'est le premier contact du visiteur avec l'institut ou il sera informé et Orienté.
		Infirmierie	Faciliter les interventions de secours. Elle sera Localisée de façon à permettre une évacuation aisée des personnes malades ou accidentées.
		Vestiaire et consigne	Il est un espace couvert placés à l'entrée de l'édifice contenant de grand meuble destiné aux vêtements et autres.
		Sanitaire H/F	Des installations sanitaires : toilettes et endroits où recevoir les personnes prises de malaise.
	Détente	Cafeteria	Il est un espace de consommation et de restauration avec un peu de service de table ou pas de table
		Magasin	Les boutiques d'animation : sont ouverts au public ; des boutiques de Souvenirs et produits divers, boutiques de vente des aquariums et poisson.
Activité de base	Exposition	Exposition permanente	Des espaces importants du musée ou on met en scène les objets exposés durant la période de l'année suivant une manière d'exposition. Matériaux et technique de pêche. Les espèces végétales marines. Les géants de la mer. Les espèces animales maritimes

		Exposition temporaire :	Dont la durée varie de quelques semaines à quelques mois. Celle-ci se propose de présenter des sujets très variés.
		Auditorium	Il est lieu construit selon les normes acoustique afin de présenter des œuvres théâtrales
ADMINISTRATION		Bureau de directeur. -Bureau secrétaire. -Bureau comptable. -Bureau de gestion.	L'espace de bureau est un lieu de travail et d'organisation de l'édifice.
		Salle de réunion.	Il est espace de grande dimension réservée aux exposées et rencontre organisée de plusieurs personnes.
		Sanitaires	Des installations sanitaires : toilettes et endroits où recevoir les personnes prises de malaise.
LOGISTIQUE		Logistique muséographie	Il est un lieu qui comprend donc l'ensemble des activités destinées à assurer la bonne coordination entre la demande et l'offre. Elle gère aussi bien les flux de produits et de matières que les flux d'informations relatifs à une activité
		Aire de Chargement	Il est un espace ouvert destinée accueillir les œuvres ou autre produits
		Réception des œuvres	Il est un espace clos assurant la fonction d'accueillir les œuvres
		Archivage & consultations spécifiques Réserves	Il est un espace clos de petite dimension accueille des documents à classer et conserver
		Stockage	Il est un lieu clos permettant de conserver des produits en attente, en vrac ou en charge unitaire

	Logistique bâtiment	Il est un espace clos comprend l'ensemble des activités pour la bonne gestion du bâtiment
	Accès de service	Il est un espace permettant d'entrer au musée
	Locaux personnels	Il est un espace clos de petite ou de grande dimension destinée au rangement des affaires du personnelles
	Maintenance du bâtiment	Il est un espace clos de grande dimension destinés aux activités de transport de marchandise et de prestations logistique
	Stockage concessionnaire	Il est un lieu clos permettant de conserver des produits en attente de vente
	Locaux techniques	Il est un espace clos de grande dimension destiné aux activité technique
	Locaux entretien	Il est un espace clos de grande dimension destiné aux activités d'entretien
	Poste de sécurité	Il est espace clos de grande dimension permettant de garder en sécurité les œuvres du musée
	Aire de stationnement	Il est un lieu clos ou ouvert destinées à accueillir les véhicules des visiteurs